

**Міністерство освіти і науки України
Національний університет «Одеська морська академія»**



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

МАТЕРІАЛИ
науково-методичної конференції
"АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ СУДНОВОЇ ЕЛЕКТРОТЕХНІКИ І РАДІОТЕХНІКИ"
15.12. 2015 – 16.12. 2015



Одеса – 2016

У збірнику матеріалах конференції розміщено тези доповідей, які заслуховувались на пленарних та секційних засіданнях науково-методичної конференції "Актуальні питання суднової електротехніки і радіотехніки", що відбулась 15-16 грудня 2015 року в Національному університеті «Одеська морська академія».

Тематика конференції охоплювала наступні науково-методичні напрямки: електрозбереження в суднової енергетиці, 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", 15.12.2015 – 16.12.2015. – Одеса:НУ«ОМА», 2016. – 123 с.

Матеріали публікуються згідно рішенням вченої ради факультету електромеханіки та радіоелектроніки (протокол № 4 від 23.12.2015р.) та згідно з поданими авторами оригіналами, які є відповідальними за їх зміст.

Організатори:

Факультет електромеханіки та радіоелектроніки
Національного університету «Одеська морська академія»
Одеське відділення Інституту морської техніки, науки і технології
Великобританії (IMarEST)

© НУ «ОМА», 2016

ЗМІСТ

СУДНОВЕ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ, ЕЛЕКТРОННА АПАРАТУРА ТА СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ

<i>В.С. Луковцев, Д.М.Горбачев</i> Повышение эффективности комбинированной энергетической установки с электрической машиной, навешенной на один вал с главным двигателем...	7
<i>И.М. Гвоздева, В.А. Мяжков</i> Исследование динамических режимов при автоматическом повторном включении асинхронных приводов ответственных судовых механизмов.....	9
<i>І.М. Гвоздева, В.А. Щербінін, С.В. Кучмії</i> Експериментальні дослідження динамічних процесів в судновій електроенергетичній системі при короткому замиканні в її елементах	11
<i>В. С. Петрушин, О. В. Омелянченко</i> Моделювання регульованого електроприводу судового компресора	13
<i>В.С.Луковцев, Н.О.Кулиш</i> Повышение эффективности защиты судовых синхронных генераторов от перегрузки.....	14
<i>В.В. Бушер, С.А. Перерва</i> Разработка автоматизированной системы управления контейнерным перегружателем.....	16
<i>В.Г.Донской, Ю.Ю.Бельчев</i> Повышение надёжности работы рулевой установки в условиях неисправностей.....	18
<i>А.Ю.Картилов</i> Система управления и мониторинга ветродвижителями.....	22
<i>А.К. Сандлер, Ю.М.Цюпко</i> Волоконно-оптичний тунельний датчик струму.....	25
<i>В.Ф. Шапо</i> Построение кабельных систем судовых сетей передачи данных.....	29
<i>С.Ф. Самонов, М.В.Ковалёва</i> Исследование режимов работы электродвигателя якорно-швартового устройства с частотным регулированием балкера водоизмещением 20000 тонн.....	33

<i>В.С. Луковцев, Р.И. Куделькин</i> Выбор оптимальной конструкции и параметров тягового электродвигателя для электромобилей.....	35
<i>В.М.Захарченко, О.В.Глазева, Ю.В. Панин</i> Дослідження спектрального складу струмів статора для визначення ресурсу і пошкоджень асинхронного двигуна.....	37
<i>О.В.Глазева, С.Ф.Самонов, В.Б.Власов</i> Литий –ионные аккумуляторы в судовой энергетике.....	40
<i>А.О.Дранкова, І.І.Красовський</i> Способи підвищення якості електроенергії в автономних енергетичних системах.....	45
<i>М.Й.Муха, А.В.Рябошанко</i> Енергоефективне управління електроприводом підрулюючого пристрою самовивантажуючого балкера дедвейтом 72000 тон.....	48
<i>П.И.Полищук</i> Магнитная левитация в электроприводах переменного тока.....	51
<i>П.И.Полищук</i> Анализ электроприводов переменного тока.....	53
<i>В.В.Бушер, М.А. Старенков</i> Система согласованного управления электроприводами палубного крана....	55
<i>В.А. Шевченко, Б.О. Печевистый</i> Повышение эффективности работы судовой электроэнергетической установки.....	59
<i>С.Ф. Самонов, В.А. Муниця</i> Аналіз гармонічних складових струмів і напруг в системі споживання вантажного насоса танкера-газовоза водотоннажністю 27500 тон.....	60
<i>В.В. Будашко, В.В. Дерменжи</i> Дослідження дестабілізаційних процесів у дводвигуновому електроприводі вантажно-розвантажувальної системи рефрижераторного судна.....	62

РАДИОТЕХНІКА, РАДІОЕЛЕКТРОННІ АПАРАТИ ТА ЗВ'ЯЗОК

<i>С.А. Михайлов, В.В. Войцеховская</i> Виртуальные электронные знаки навигации.....	67
<i>С.А. Михайлов, А.А. Григус</i> Перспективы развития электронной картографии в морском судоходстве...	69
<i>С.А. Михайлов, Е.В. Карпенко</i> «Разумные» электронные навигационные знаки.....	71
<i>С.А. Михайлов, И.И. Котляр</i> Роль человеческого фактора в достижении эффективности телекоммуникации на море.....	73
<i>С.А. Михайлов, К.Э. Лукьяненко</i> Эффективная организация ходового мостика.....	75
<i>С.А. Михайлов, Д.В. Мельникова</i> Методы достижения кибербезопасности судовых компьютерных информационных систем.....	78
<i>С.А. Михайлов, Г.В. Оліярська</i> Цифрові системи автоматичного регулювання потужності передавачів для мобільного зв'язку з рухомими об'єктами.....	81
<i>С.А. Михайлов, Д.А. Салабутина</i> Электронные компьютерные «облачные» технологии в реализации концепции e-navigation.....	84
<i>С.А. Михайлов, Т.В. Шуляк</i> Десять правил достижения надежности информации морских радаров.....	88
<i>В.А. Завадський, О.Я. Пишний, К.В. Чебан</i> Розробка цифрового пристрою управління радіостанцій.....	90
<i>С.М. Дранчук, В.А. Завадський, А.О. Касьяненко</i> Розрахунок і аналіз характеристик лінійних радіотехнічних ланцюгів.....	92
<i>В.А. Завадський, Д.А. Захарченко, О.Я. Пишний</i> Алгоритм маршрутизации для системы связи с динамической топологией сети.....	94
<i>О.И. Дума, В.А. Завадський</i> Система автоматического распознавания речевых команд.....	95

<i>Р.Ю. Харченко</i> Идентификация объектов в системах адаптивного управления с помощью нейро-нечетких сетей.....	97
<i>Ю.С. Шевцов</i> Функції керування кібербезпекою на морському транспорті.....	101
<i>В.М. Кошевой, И.Я. Горшняя</i> Использование итерационного метода для оптимизации сигнала и фильтра..	105
<i>V.M. Koshevyu, N.Y. Bubnova</i> Research of efficiency of processing of discrete signals.....	106
<i>В.М.Кошевой, А.О.Касьяненко</i> Оптимизация фильтров для белого теплового шума.....	108
<i>В.М. Кошевий, С.В. Курочкін</i> Розробка та спрощення інтерфейсу ЕКНІС для активного адресного радіозв'язку та надійної суднової ідентифікації.....	109
<i>В.М. Кошевой, В.С. Попова</i> Анализ поведения функции неопределенности для дискретных сигналов при фазовой модуляции с учетом доплеровского сдвига.....	112
<i>В.М.Кошевой, Е.Л.Пашенко</i> Эффективность обработки составных многофазных сигналов с дополнительной амплитудной модуляцией.....	114
<i>В.М.Кошевой, И.И.Котляр</i> Оптимизация сигналов и фильтров для случая а-периодических и периодических сигналоподобных помех.....	116
<i>В.М.Кошевой, А.А.Шевченко</i> Расчет весовых коэффициентов пространственного фильтра при равномерной и неравномерной коррекции парциальной диаграммы направленности антенной решетки.....	118
<i>В.М.Кошевой, А.А.Григус</i> Оптимизация сигнала обеспечивающего максимум отношения сигнал/помеха при согласованной обработке.....	120
<i>В.М.Кошевой, К.Р.Штомпель</i> Оптимизация фильтра	121

СУДНОВЕ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ, ЕЛЕКТРОННА АПАРАТУРА ТА СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ

УДК 621.431.7

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОМБИНИРОВАННОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ С ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ МАШИНОЙ, НАВЕШЕННОЙ НА ОДИН ВАЛ С ГЛАВНЫМ ДВИГАТЕЛЕМ

В.С. Луковцев, к.т.н., доцент

Д.М. Горбачев, курсант

Национальный университет «Одесская морская академия»

Постановка проблемы

На сегодняшний день двигатели внутреннего сгорания (ДВС) являются самыми распространёнными и используемыми энергетическими установками в судовых пропульсивных комплексах, однако возрастающий рост цен на дизельное топливо приводит к осуществлению радикальных мер по созданию для них энергосберегающих технологий.

Также, большинством фирм производителей судового оборудования движет цель достижения максимальной эффективности в выработке электроэнергии, которую можно было бы использовать для обеспечения питанием судовых нужд.

Цель и основные задачи проекта

Задачей исследования является определение особенностей работы комбинированной СЭУ и разработка в будущем на основании законов его управления в динамических и статических режимах, а также на минимально устойчивых оборотах и на уровне предельно допустимых режимов выше заградительной характеристики дизеля. Такие режимы могут возникнуть при маневрировании судна в акватории порта, движении в битом льду, против встречного ветра или при сильном волнении.

Установившиеся режимы работы ГД чаще всего ограничиваются статическими характеристиками предельных физических возможностей дизеля, и характеризуются областями его возможных рабочих режимов. Например, при минимальных оборотах и довольно низкой выходной мощности, когда ГД практически работает в режиме холостого хода, есть большая вероятность его остановки, так как работа на этом режиме вызывает высокие трудности поддержания минимальных оборотов по причине малых цикловых подач топлива в цилиндры ГД, неудовлетворительного распыления. В результате незначительных отклонений частоты вращения коленчатого вала двигатель не может вернуться к равновесному состоянию. Если в этом режиме электрическую машину применить в качестве электродвигателя, то ход судна можно обеспечить от гребной электрической составляющей. В этом случае, электрическая машина обеспечивает расширение области допустимой работы ГД в зоне минимальных оборотов.

При работе ГД в номинальном режиме (точка «А» на рисунке) при незначительных изменениях нагрузки возможны значительные перегрузки, так как двигатель будет работать в пределах заградительной характеристики (ЗХ). В этом случае, за счет добавления крутящего момента от ЭМ можно снизить нагрузку на ГД и тем самым расширить область допустимых режимов ГД за счет зоны, находящейся выше ЗХ.

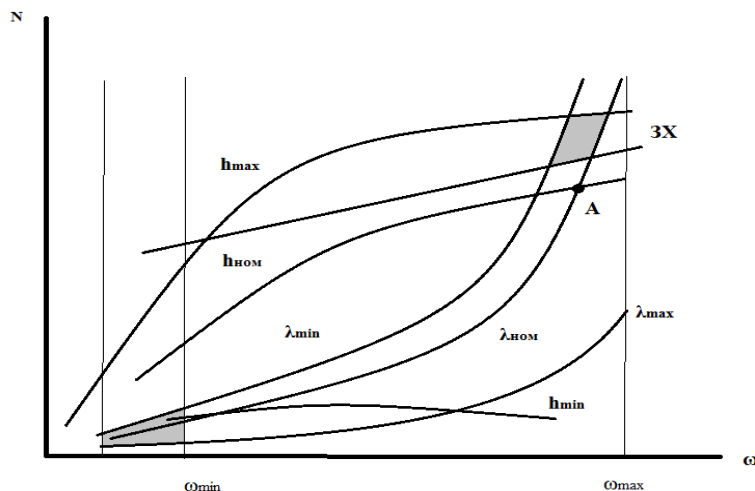


Рисунок 1 - Область допустимых режимов работы ГД;
 ЗХ – заградительная характеристика; А – зона устойчивой работы ГД;
 Затемненные участки показывают работу ГД с электрической машиной

Методы исследования

Для решения задачи повышения эффективности такой системы, предлагается использовать инвариантную систему, построенную на базе методов прогнозирующего управления с применением современных средств компьютерного моделирования.

Выводы

Применение ЭМ совместно с ГД позволяет:

- обеспечить расширение области возможных рабочих режимов работы ГД.
- экономить топливо и моторесурс ГД за счет уменьшения числа реверсов на маневрах.
- обеспечить возможность реализации помощи воздушной системе главного двигателя во время пуска;

ЛИТЕРАТУРА

1. Луковцев В.С., Щербинин В.А. Особенности работы комбинированного двигателя в составе судовой пропульсивной установки// Научно-технический сборник «Судовые энергетические установки».- Вып.№21.- Одесса: ОНМА, 2008.- С. 87-90.
2. Коллегаев М.А., Кульбацкий А.А. Материалы международной научной и научно-методической конференции «Современные проблемы судовой энергетики-2007».- Одесса: ОНМА, 2007.- С. 51-59.
3. Н. Schmid. The Success of the RT-flex Engine / Wartsila, Switzerland. Application Development. – Winterthur, March 2006

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ПРИ АВТОМАТИЧЕСКОМ ПОВТОРНОМ ВКЛЮЧЕНИИ АСИНХРОННЫХ ПРИВОДОВ ОТВЕТСТВЕННЫХ СУДОВЫХ МЕХАНИЗМОВ

И.М. Гвоздева, д.т.н., профессор

В.А. Мягков, курсант

Национальный университет «Одесская морская академия»

Введение. Особенностью современных судовых электроэнергетических систем (СЭЭС), которые относятся к классу автономных энергосистем, является динамичность и напряженность протекающих в них процессов. Ввиду увеличения количества судовых механизмов, а также повышения их мощности, нагрузка на судовую сеть в динамических режимах значительно возрастает, что приводит к кратковременному провалу напряжения при пуске мощных потребителей. Защита минимального напряжения мгновенного действия или имеющая небольшую выдержку времени производит отключение электроприводов, в том числе ответственных судовых механизмов. Такое отключение может привести к нарушению нормальной работы главной энергетической установки, в результате чего судно может потерять ход и маневренность [1,2]. Поэтому актуальной научно-прикладной задачей является усовершенствование алгоритмов работы средств судовой автоматики, обеспечивающих бесперебойность работы электроприводов ответственных судовых механизмов.

Основная часть. Одним из важнейших мероприятий, обеспечивающих повышение надежности и эффективности функционирования потребителей в наземных электроэнергетических системах при кратковременном провале напряжения, является применение самозапуска приводов ответственных механизмов и отключение асинхронных двигателей (АД), входящих в состав электроприводов менее ответственных потребителей.

В работах [1–4] рассматриваются динамические процессы в наземных электроэнергетических системах при самозапуске асинхронных электроприводов. Вопросам математического, компьютерного моделирования и экспериментальных исследований динамических процессов в автономных электроэнергетических системах, возникающих при групповом АПВ асинхронных приводов ответственных механизмов уделено недостаточно внимания.

Целью работы является исследование динамических режимов, возникающих в современных СЭЭС при автоматическом повторном включении асинхронных электроприводов ответственных судовых механизмов на основе проведения математического, компьютерного моделирования и экспериментальных исследований.

Процесс АПВ заключается в следующем: при глубоком кратковременном провале напряжения двигателя работающих ответственных машин не отключают от сети, и после восстановления напряжения в сети происходит одновременный разбег группы неотключенных электродвигателей, также сопровожда-

ющийся провалом напряжения на шинах в результате значительного падения напряжения в трансформаторах и других элементах СЭЭС от пусковых токов [1, 4]. АПВ считается обеспеченным, если после восстановления напряжения АД разогнался до номинальной угловой скорости и продолжает длительно работать с номинальной производительностью приводимого механизма [3].

Длительность процесса АПВ электродвигателей зависит от времени прерыва питания, параметров трансформаторов, суммарной мощности неотключенных двигателей и их нагрузки, а также механических характеристик рабочих машин и других факторов [1-4]. Для управления временем АПВ асинхронного двигателя в наземных электростанциях применяются реле самозапуска (РС) [5], представляющие собой современные микропроцессорные контроллеры, предназначенные для выполнения автоматического включения и повторного пуска электроустановок после их отключения из-за кратковременного снижения напряжения питающей сети.

АПВ отдельного АД выполняется с заданной выдержкой периода времени. Если же осуществляется АПВ большой группы двигателей (групповой самозапуск), то нельзя включать всю группу одновременно, так как накопленный суммарный пусковой ток данной группы приводит к такому снижению напряжения, при котором все пусковые моменты имеющихся двигателей окажутся ниже требуемого значения, обеспечивающего полноценный разгон двигателей до номинальной частоты вращения [5].

В связи с вышесказанным представляется важным с научной и практической точки зрения исследование динамических процессов в конкретной СЭЭС при АПВ группы приводов ответственных судовых механизмов, усовершенствование алгоритмов управления временем включения РС на основе математического и компьютерного моделирования. Проведение экспериментальных исследований в указанном направлении позволит определить допустимый нагрев обмоток статора и ротора АД, что, в свою очередь, даст представление о возможности использования процессов группового самозапуска АД в конкретных СЭЭС.

Выводы. Проведение математического, компьютерного моделирования и экспериментальных исследований динамических процессов в современных СЭЭС при АПВ асинхронных приводов ответственных судовых механизмов позволит найти способы повышения надежности и эффективности работы указанных систем в аварийных режимах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Васильев А.А. Электрическая часть станции и подстанции./ Васильев А.А. и др. – М. : Энергия, 2010. – 566 с.
2. Гвоздева И.М. Волошин А.А. Исследование динамических режимов при повторном включении асинхронных двигателей / Материалы научно – методической конференции “Актуальные вопросы судовой электротехники и радиотехники” (Одесса, 11-12 декабря 2013 г.). – Одесса, 2013. – С. 27.
3. Голоднов Ю.М. Самозапуск электродвигателей. М. : Энергоатомиздат, 1985. – 133 с.

4. Мещанинов П.А. Автоматизация судовых электроэнергетических систем. – Л.: Судостроение, 1970. – 368 с.

5. <http://ingsvd.ru/main/articles/767-naznachenie-i-obschee-primenenie-rele-samozapuska.html>

УДК 621.311

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ В СУДНОВІЙ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНІЙ СИСТЕМІ ПРИ КОРОТКИХ ЗАМИКАННЯХ В ЇЇ ЕЛЕМЕНТАХ

І.М. Гвоздева, д.т.н., професор,
В.А. Щербінін, старший викладач,
С.В. Кучмій, курсант

Національний університет «Одеська морська академія»

Актуальність теми. При експлуатації сучасних судових електроенергетичних систем (СЕЕС), які нині характеризуються впровадженням новітніх технологій та застосуванням мікропроцесорної техніки, виникають пошкодження та аварійні режими роботи. Найбільшу небезпеку для СЕЕС та її елементів становить коротке замикання (КЗ) в ланцюгах СЕЕС, що є одним із різновидів аварійного режиму. Наслідками такого режиму, як правило, є порушення опору ізоляції, накопичення струмопровідної рідини між провідними частинами електромеханічних пристроїв, замикання провідників протилежної полярності у зв'язку з механічним пошкодженням, тощо.

В результаті аварійного режиму роботи в СЕЕС, та його ліквідації засобами автоматики, виникають динамічні процеси, які протікають швидкоплинно, тривалість їх, зазвичай, складає частки секунди, тому потребує оперативного реагування. Дослідження таких динамічних процесів є дуже важливим, оскільки дозволяє встановити параметри деформації струмів та напруг за формою та амплітудою, виявити перевищення напруги на окремих ділянках системи, які можуть виявитися небезпечними. Дослідженню перехідних процесів в СЕЕС присвячено ряд літературних джерел [1,2], проте, із впровадженням сучасної елементної бази, науково-практичне завдання підвищення ефективності функціонування СЕЕС в умовах можливих КЗ за рахунок удосконалення алгоритмів роботи засобів захисту та автоматики на основі досліджень динамічних режимів в її ланках, залишається актуальним.

Основна частина. Аварійний режим, який виникає в СЕЕС при КЗ, повинен бути ліквідований засобами захисту та автоматики. У роботі [3] розглянутий максимально-струмовий захист, що має недостатні показники за швидкодією системи, її чутливістю, та селективністю. Диференційний струмовий захист позбавлений вказаних недоліків, але є більш складним. В поточний час набувають застосування засоби “мікропроцесорного захисту” електричних систем, які приходять на зміну електромеханічним і мікроелектронним реле [4]. Слід зазначити, що досвід використання ряду мікропроцесорних елементів в системі

захисту має, наряду з перевагами, певні недоліки, а саме: високу складність, що пов'язана з уніфікованістю захисних пристроїв, чутливість до якості напруги живлення і низьку ремонтпридатність в суднових умовах.

З метою дослідження напрямків підвищення ефективності функціонування СЕЕС і вдосконалення алгоритмів роботи засобів захисту та автоматики проведено серію експериментальних досліджень динамічних процесів, які виникають при короткому замиканні на шинах синхронного генератора. Такі експерименти проводилися з використанням лабораторного обладнання кафедри електрообладнання і автоматики суден ОНМА. Розроблено програму і методику проведення досліджень з урахуванням досвіду експлуатації СЕЕС. До складу створеної лабораторної установки входили: синхронний генератор типу АПТ-5-50, трансформатор струму типу ТК-20, осцилограф Tektronix TDS1001B, контактор, автотрансформатор типу РНТ-220-12 та інше допоміжне обладнання.

В результаті серії експериментів було отримано осцилограми струму при короткому замиканні на шинах синхронного генератора (рис. 1), які дозволили встановити основні залежності для зміни струмів та часових інтервалів та запропонувати напрямки удосконалення систем захисту СЕЕС.

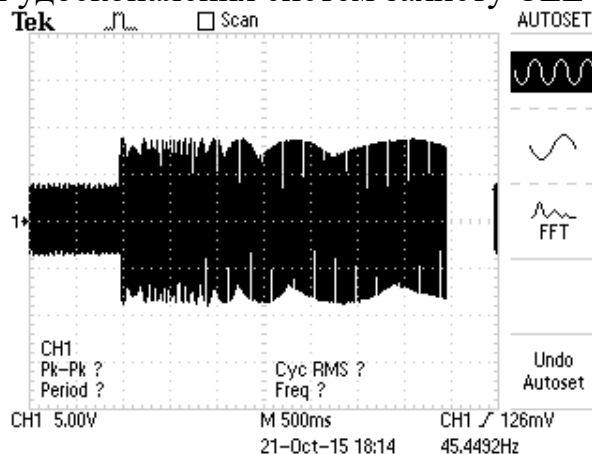


Рисунок 1 – Осцилограма струму при короткому замиканні

Висновки. Постійно зростаюча потужність СЕЕС і збільшення кількості електроустаткування вимагають від пристроїв захисту і автоматики найбільшої надійності. Усунення аварійних ситуацій в СЕЕС потребує удосконалення та розробки нових алгоритмів роботи пристроїв захисту і автоматики на основі дослідження динамічних процесів при КЗ .

ЛІТЕРАТУРА

1. Куликов Ю.А. Переходные процессы в электроэнергетических системах: учеб. пособие. – М. : Издательство «Омега - Л», 2013. – 384 с.
2. Крючков И.П. Переходные процессы в электроэнергетических системах / под. ред. И.П. Крюčkова. – 2-е изд., стереотип. – М.: Издательский дом МЭИ, 2009. – 416 с.
3. Баранов А.П. Судовые автоматизированные электроэнергетические системы: Учебник для вузов. М.: Транспорт. 1988. 328 с.
4. Федосеев. М. А. Релейная защита электроэнергетических систем: учеб. для вузов. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Энергоатомиздат, 1992. – 528 с.

МОДЕЛЮВАННЯ РЕГУЛЬОВАНОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДУ СУДНОВОГО КОМПРЕСОРА

В. С. Петрушин, д.т.н., професор
О. В. Омелянченко, курсант
Національний університет «Одеська морська академія»

Судновий компресор повітря для господарських потреб, що розглядається, призначений для забезпечення стисненим повітрям загальносуднових та спеціальних споживачів, пневматичного інструменту, продувки різного устаткування, зарядки аквалангів та інше.

Він характеризується наступними основними параметрами: продуктивність, кінцевий тиск, споживана потужності та потужність електродвигуна компресора, механічний коефіцієнт корисної дії, частота обертання валу.

Регулювання продуктивності компресора зміною частоти обертання валу приводного двигуна призводить до значної економії електроенергії порівняно з іншими способами регулювання (дроселювання, вмикання/вимикання та ін.). Механізм частотного перетворювача регулює тиск нагнітання з високою точністю і відразу відповідає на зміну тиску в системі. Цей метод регулювання є найбільш перспективним в наш час.

Для детального аналізу роботи регульованого електроприводу суднового компресора необхідно створити комплексну математичну модель, яка буде включати в себе моделі всіх складових. За допомогою моделювання зробити вибір схеми електропривода, двигуна, перетворювача та його налаштувань.

В результаті будуть отримані регульовальні характеристики для різних експлуатаційних режимів, що представляють залежності електричних, енергетичних, вібро-акустичних, теплових та механічних величин від частоти в заданому діапазоні регулювання. Проведенні досліді дадуть можливість дати оцінку технічним та економічним показникам різних видів регульованого електроприводу суднового компресора для господарських потреб, порівняти їх та зробити відповідні висновки.

ЛІТЕРАТУРА

1. Петрушин В.С. Асинхронные двигатели в регулируемом электроприводе: Учеб. пособие/ – О.: Наука и техника, 2006. – 320 с.
2. Поршневые компрессоры / Б. С. Фотин и др. – СПб. : Машиностроение, 1987. – 372 с.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАЩИТЫ СУДОВЫХ СИНХРОННЫХ ГЕНЕРАТОРОВ ОТ ПЕРЕГРУЗКИ

В.С. Луковцев, доцент, к.т.н.

Н.О.Кулиш, курсант

Национальный университет «Одесская морская академия»

Актуальность темы. На теплоходах «Унан Аветисян» и «Лубны» [1,2] в ходовом режиме произошло не санкционированное отключение от сети одного из двух работающих в параллель синхронных генераторов. При этом в обоих случаях возникали аварийные ситуации, которые сопровождались однотипными физическими процессами.

Вся нагрузка отключившегося генератора перекидывалась на, оставшийся в работе, дизель-генератор (ДГ), который начинал работать с нагрузкой свыше 110%, которая по истечении 2-4 с снижалась до уровня 100-105%. Защита от перегрузки не успевала сработать, в результате устанавливался режим при котором ДГ работал с частотой вращения 350 об/мин вместо 500 об/мин с максимальной топливоподачей и напряжением около 320 В. ДГ, оставшийся в работе, от перегрузки перегревался до температуры, при которой обгорала краска на цилиндрах и выгорало масло на крышках цилиндров. Резервный ДГ в обоих случаях запустился, но из-за большой разницы частот включиться в параллель штатными автоматическими и ручными средствами не мог.

На т/х «Унан Аветисян» аварийная ситуация была ликвидирована путем включения резервного ДГ на шины главного распределительного щита (ГРЩ) с помощью ручной точной синхронизации на частоте сети 35 Гц. На т/х «Лубны» ситуация вышла из-под контроля, что привело к более тяжелой аварии - столкновение судов.

После обеих аварий была проведена проверка исправности устройств защиты генераторов от перегрузки по активной мощности. Проверка показала их полную исправность. Таким образом, было установлено, что при внезапной перегрузке ДГ свыше 10 % исправная защита от перегрузки не обеспечивает разгрузку работающего генератора путем отключения второстепенных потребителей первой и второй ступени. Дополнительная защита судовых электроэнергетических систем (СЭЭС) от работы на пониженной частоте на судах, построенных под наблюдением Российского Регистра [3], не предусмотрена (табл. 1)

На морских судах, построенными под наблюдением зарубежных классификационных обществ [4], при снижении частоты ниже допустимой такая защита имеется (табл.1), Однако это ведет к отключению генераторов от сети и обесточиванию судна, что является нежелательным, особенно при плавании в стесненных условиях, где возможны столкновения судов.

Цель работы. Повысить эффективность защиты ДГ от перегрузки.

Задача исследования. В данной работе ставится задача исследования процессов, происходящих в СЭЭС, при пониженных частоте и напряжении, чтобы выявить причины не срабатывания защиты СЭЭС от перегрузки для дальнейшего повышения ее эффективности

Таблица 1 – Требования классификационных обществ к защите ДГ по напряжению и частоте

№ п/п	Контролируемый параметр	Русский морской регистр судоходства		Германский Лойд	
		Индикация АПС	Автоматическая защита	Индикация АПС	Автоматическая защита
1	Напряжение	снижение напряжения	отключение генератора	сигнализация напряжения	отключение генератора
2	Частота тока	снижение частоты тока	нет защиты	сигнализация частоты тока	отключение генератора

Методы, средства: Поставленную задачу предлагается решить следующими методами: метод моделирования с помощью уравнений Парка Горева; метод планирования эксперимента.

Гипотеза. В качестве рабочей гипотезы выдвинуто: обеспечить надежную работу защиты дизель-генератора от перегрузки, возможно дополнив имеющуюся систему защиты каналом частотной разгрузки.

Выводы

1. Имеющиеся на судах системы защиты от перегрузки по активной мощности не обеспечивают эффективную и надежную защиту СЭЭС.
2. Защита ДГ от перегрузки путем отключения от сети с помощью защиты от пониженной частоты имеет существенный недостаток – ведет к обесточиванию судна.
3. Повышение эффективности защиты от перегрузки возможно осуществить добавлением к имеющейся защите дополнительного канала частотной разгрузки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Луковцев В.С. Работа энергосистемы в асинхронном режиме/ Судоходство: Международный журнал» Вып. 9-10. – Одесса: ОНМА, 2004. – с.15

2. Луковцев В.С. Аварийное отклонение частоты в судовой электросети/ Судостроение: Международный журнал Вып. 4-6. – Одесса: ОНМА, 2004. – 25 с.
3. Германский Лойд. Правила постройки и классификации, Глава 3: Электрическое оборудование, 1998.- 238 с.
4. Русский морской регистр судоходства: Правила постройки и классификация морского регистра, Т2., Часть 15 , 2007.- 619 с.

УДК 004.4'2:627.352.2:621.869.88-523.8

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КОНТЕЙНЕРНЫМ ПЕРЕГРУЖАТЕЛЕМ

В.В. Бушер, д.т.н., профессор

С.А. Перерва, курсант

Национальный университет «Одесская морская академия»

Возрастание контейнерных грузоперевозок в мире и в Украине ведет к увеличению затрат времени участников процесса. Грузоподъемные краны являются неотъемлемой частью транспортно-перегрузочного потока (например, в контейнерных терминалах) и оказывают существенное влияние на производительность работ. Автоматизация идет в направлении создания систем, которые способны выполнять необходимые функции без участия человека, что позволяет повысить производительность труда, предоставив человеку решение задач подготовки исходных данных, выбора оптимального алгоритма (метода решения) и анализа полученных результатов. Большинство кранов представляет собой сложные электромеханические многомассовые системы. Наиболее широким классом являются краны с гибким подвесом груза. При большой длине каната эти механизмы характеризуются относительно продолжительными переходными процессами из-за колебаний груза, что приводит к снижению производительности [1]. В причальных и тыловых контейнерных перегружателях при длине подвеса 20...50 м механизмы горизонтального перемещения характеризуются относительно продолжительными переходными процессами из-за колебаний подвешенного на канате груза – на успокоение колебаний может затрачиваться 20...30 с. При регламентированной длительности цикла погрузки/разгрузки 2...2,5 мин операции перемещения занимают основную часть времени и поэтому определяют производительность работ.

Поэтому демпфирование колебаний груза является важной задачей. Успешное решение этой задачи требует применения таких законов управления, которые допускают одновременную работу нескольких механизмов (горизонтального перемещения и подъема груза), а также наименее чувствительны к ошибкам измерения параметров груза и воздействию случайных возмущений [2].

Причальные и тыловые перегружатели, которые входят в состав контейнерных терминалов, выполняют технологические операции линейного горизонтального перемещения по одной или двум ортогональным координатам соот-

ветственно. Одним из известных способов устранения колебаний при линейном движении является управление скоростью точки подвеса груза по определенному закону, что позволяет исключить влияние на поведение груза соотношения масс подвижной части крана и груза [3]. Этот способ основан на изменении угла α в течение трех временных интервалов по закону, описываемому непрерывной периодической функцией, характеризующейся нулевыми начальными и конечными условиями, включая и первую производную:

$$\alpha = \begin{cases} \alpha_m \left(1 - \cos \left(\frac{t}{T_G} \right) \right) \forall t \leq t_1, \\ 2\alpha_m \forall t_1 < t \leq t_1 + t_2, \\ \alpha_m \left(1 - \cos \left(\frac{t - t_2}{T_G} \right) \right) \forall t_1 + t_2 < t \leq 2t_1 + t_2, \end{cases} \quad (1)$$

где α_m – половина угла максимального отклонения каната от вертикали,

$T_G \geq \sqrt{\frac{Lm_1}{2g(m_1 + m_2)}}$ – постоянная времени, обратная заданной угловой частоте колебаний груза, $t_1 = \pi T_G$ – длительность первого и третьего интервалов,

$t_2 = \frac{V_E - V_0}{2a} - \pi T_G$ – длительность второго интервала, полученная, исходя из максимально допустимых усилий, развиваемых приводом перемещения F_{\max} ,

$a = \alpha_m g = \frac{F_{\max}}{2(m_1 + m_2)}$ – линейная составляющая ускорения на первом и третьем интервалах, m_1, m_2 – массы механизма и груза, V_E, V_0 – заданные конечная и начальная скорости механизма, L – длина подвеса.

Использование предложенного метода демпфирования колебаний подвешенного груза позволяет обеспечить позиционирование груза в заданной точке при совмещении всех технологических перемещений.

Путь, пройденный механизмом в течение переходных процессов пуска и торможения (рис. 1) вычисляется по формуле:

$$s = \begin{cases} V_E (2\pi T_G + t_3) = 2\pi T_G a (2\pi T_G + t_3) \forall t_2 = 0 \\ V_E \left(\frac{V_E}{2a} + \pi T_G + t_3 \right) \forall t_2 > 0, \end{cases} \quad (2)$$

где t_3 – длительность движения с установившейся скоростью V_E .

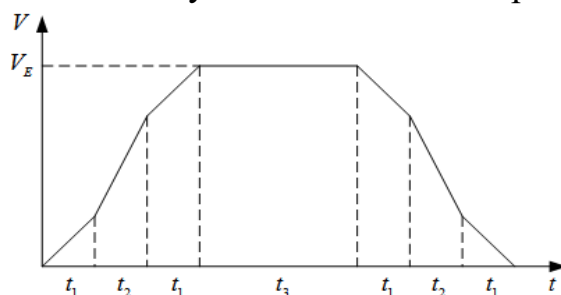


Рисунок 1 – Диаграмма линейных составляющих скоростей при позиционировании

Целью работы является разработка автоматизированной системы управления контейнерным перегружателем на базе SCADA Citect, в которой будут реализованы методы ручного и автоматического управления краном с применением метода согласованного управления механизмами горизонтального перемещения и подъема груза, обеспечивающего эффективное подавление колебаний, что позволит включать перегружатель в состав автоматизированных контейнерных терминалов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Герасимьяк Р. П. Электроприводы и системы управления крановых механизмов : уч. пособие. / Р. П. Герасимьяк, В. В. Бушер, А. Г. Калинин. – Одесса. Наука и Техника, 2014. – 202 с.
2. Бушер В. В. Анализ и сравнение различных способов демпфирования колебаний подвешенного на канате груза [Текст] / В. В. Бушер, Л. В. Мельникова // Проблемы создания новых машин и технологий. Научные труды КГПИ. – Кременчуг : КГПИ, 2000. – Вып. 1/2000 (8). – С. 236–240.
3. Бушер В. В. Оптимизация управления электроприводами контейнерного перегружателя при совместной работе механизмов / Бушер В. В., Мельникова Л. В., Шестака А. И. // Электротехнические и компьютерные системы. – Одесса : Наука и Техника, 2015. – №17(93). – С. 23–28.

УДК 629.5.061.1-192

ПОВЫШЕНИЕ НАДЁЖНОСТИ РАБОТЫ РУЛЕВОЙ УСТАНОВКИ В УСЛОВИЯХ НЕИСПРАВНОСТЕЙ

В.Г. Донской, к.т.н., доцент

Ю.Ю. Бельчев, курсант

Национальный университет «Одесская морская академия»

В последние десятилетия глобализация и рост мировой экономики обеспечивали транспорту ключевую роль в международных перевозках. При этом среди существующих видов транспорта важнейшая роль принадлежит морскому транспорту, на долю которого приходится около 90% грузовых перевозок [1].

По многим техно-экономическим показателям морской транспорт превосходит другие виды транспорта: самая большая единичная грузоподъемность, практически не ограниченная пропускная способность морских путей, сравнительно малые удельные капитальные вложения, небольшая затрата энергии на перевозку одной тонны груза, низкая себестоимость [2].

Если сравнивать морской с другими видами современного транспорта, то справедливо будет отметить, что судоходство 21-го века – один из самых безопасных видов коммерческого транспорта [3].

Согласно данным [4], структура мирового морского флота по основным типам судов в 2012 году имела вид:

- балкеры-532 039 тыс.т. (38% рынка);
- нефтеналивные танкеры-474 846 тыс.т. (34%);
- контейнеровозы-183 859 тыс.т. (13,2%);
- суда для генеральных грузов-108 971 тыс.т. (7,8%);
- суда для сжиженных газов-43 339 тыс.т. (3,1%);
- морские суда обеспечения-33 227 тыс.т. (2,4%);
- паромы и пассажирские суда-6 164 тыс.т. (0,4%);
- танкеры для химических продуктов-5 849 тыс.т. (0,4%);
- другие суда-7 450 тыс.т. (0,5%).

Согласно приведенной статистике более 97% судов используются для перевозки насыпных, наливных, контейнерных, генеральных и других грузов, а также техники и пассажиров, что определяет важность мирового морского флота в организации транспортного процесса.

Для обеспечения эффективности транспортного процесса требуются суда с улучшенными характеристиками, а также современные методы их технической эксплуатации [5].

Техническое состояние судовых технических средств во многом определяет безопасность мореплавания и предотвращение загрязнения окружающей среды.

Безопасность судоходства зависит от многих факторов [17], и одним из наиболее важных является надёжная работа судовых технических средств.

Статистика показывает [6,7,8,9], что большинство аварий на морском флоте связаны с отказами судовых технических средств и, прежде всего, с отказами главного двигателя, электрической станции и рулевой установки.

Особого внимания заслуживают отказы рулевой установки, о чем свидетельствуют примеры аварий судов с гидравлической рулевой машиной, которая наиболее распространена на современных судах [10].

Столкновение американского контейнеровоза «Sea Witch» с бельгийским танкером «Esoo Brusseles» (дедвейтом 40 800 т.). Авария произошла по причине отказа рулевой машины на контейнеровозе. Неисправность рулевой машины произошла из-за повреждения универсальной муфты сцепления, расположенной в механизме управления насосами. По этой же причине оказалось неэффективным и переключение насосов. В результате аварии танкер был серьёзно повреждён, а контейнеровоз сторел вместе с грузом.

Наиболее тяжёлая авария произошла с либерийским танкером «Амосо Cadiz» дедвейтом 228 500 т. Он совершал рейс из Персидского залива в Роттердам и в тяжёлых погодных условиях сел на мель с полным грузом сырой нефти у побережья Франции. По итогам расследования, основной причиной катастрофы был назван выход из строя гидравлической рулевой машины.

Рассмотренные аварии являются лишь немногими примерами тяжести последствий отказа рулевой установки.

Рассматривая рулевую установку в плоскости силовой части, можно отметить, что первым шагом по повышению требований надёжности работы ру-

левых машин стали «Поправки 1981 г. к Международной конвенции по охране человеческой жизни на море 1974 года» [11], в которых содержится требование - так называемый критерий (показатель) единичной неисправности. Согласно этому требованию, единичная неисправность (отказ) в гидравлической системе, силовых агрегатах (насосах) или системе управления рулевым приводом должна быть изолирована в течение не более 45 сек. при обеспечении работоспособности рулевой машины для поддержания управляемости судна [11].

Процесс определения и отключения некоторых неисправных частей рулевой машины до сих пор не автоматизирован, и занимает время, необходимое для локализации вручную.

Эффективность и надежность судовых рулевых установок регламентируется Требованиями к функциональности и отказоустойчивости как комплекса в целом, так и отдельных его подсистем. Эти Требования периодически пересматриваются нормативными документами Международной морской организации (ИМО).

Основным способом повышения надежности рулевых приводов является резервирование. Поэтому, главный рулевой привод должен иметь два или несколько силовых агрегатов и устроен так, чтобы отдельные повреждения в любом одном из его силовых компонентов не выводили из строя оставшуюся часть рулевого привода.

Проведение сбора информации и статистических данных об отказах рулевой установки позволило осуществить формализованную оценку безопасности [12,13]. В рамках исследования был проведён сбор данных по отказам основных типов судового оборудования, таких, как рулевая установка, главный двигатель, навигационное оборудование, другие механизмы. Тщательный анализ позволил построить матрицу рисков, которая используется для оценки частоты и степени риска отказов, потенциально влекущих за собой опасность [14,15,16]. В таблице 1 представлена матрица рисков с соотношением частоты нежелательных событий к степени тяжести последствий.

После проведения оценки риска можно сказать, что отказы рулевой установки являются весьма вероятными, как поломки главного двигателя, но с более тяжелыми последствиями.

К показателям надежности работы отнесём отказоустойчивость и восстанавливаемость, а к показателям эффективности – точность, быстродействие и способность приспосабливаться к изменению внешних и внутренних условий работы НРК.

Высокие риски при отказах рулевой установки подчеркивают актуальность проблемы, однако достоверная оценка риска может быть проведена лишь при детальной верификации структурных и функциональных особенностей установки.

Поэтому в качестве задач, относящихся к обеспечению надежности рулевых приводов, определим:

- разработка методики дистанционного контроля состояния ключевых узлов рулевого привода с использованием средств непосредственного измерения параметров или алгоритмов косвенных измерений;

- создание алгоритмов по частичной или полной компенсации наиболее распространенных отказов рулевых приводов с целью обеспечения его работоспособности и поддержания характеристик на заданном уровне.

Таблица 1 – Матрица анализа степени риска при отказах основных типов судовых механизмов и систем

Частые	Другие механизмы			
Весьма вероятные		Главный двигатель	Рулевая установка	
Мало-вероятные	Навигационное оборудование			
Крайне маловероятные				
Частота Последствия	Минимальные	Значительные	Тяжкие	Катастрофические

ЛИТЕРАТУРА

1. Стратегия позиционирования национального морского транспорта в глобальном транспортном рынке / [Миусов М. В., Примачев Н. Т., Винников В. В. и др.]. – Одесса : Автограф, 2006. – 234 с.
2. Обзор морского транспорта : (конференция организации объединенных наций по торговле и развитию) [Электронный ресурс] / ЮНКТАД, 2011. – Режим доступа к журн. : http://unctad.org/ru/docs/rmt2011_ru.pdf
3. Никитин А. М. Управление технической эксплуатацией судов: учебник / А. М. Никитин. – СПб.: Издательство СПГТУ, 2006. – 350 с.
4. Морской бюллетень. Морские катастрофы, пиратство, терроризм, 2012. – Режим доступа : www.odin.tc/disaster.
5. Lloyd's List Intelligence. Casualties, 2006-2009. – Режим доступа : www.lloydslistintelligence.com/lint/home-casualties/casualties-by-type.htm
6. Marine Accident Investigation Branch (MAIB). Annual report, 2006. – 43 p. – Режим доступа : http://www.maib.gov.uk/cms_resources.cfm?file=/MAIB%20Annual%20Report%202006.pdf
7. Marine Accident Investigation Branch (MAIB). Annual report, 2007. – 78 p. – Режим доступа : http://www.maib.gov.uk/cms_resources.cfm?file=/MAIB-Annual%20Report%202007.pdf
8. Marine Accident Investigation Branch (MAIB). Annual report, 2008. – 72 p. – Режим доступа : http://www.maib.gov.uk/cms_resources.cfm?file=/Annual%20Report%202008.pdf
9. Marine Accident Investigation Branch (MAIB). Annual report, 2009. – 76 p. – Режим доступа: http://www.maib.gov.uk/cms_resources.cfm?file=/MAIB%20Annual%20Report%202009.pdf
10. Харин В. М. Судовые гидравлические рулевые машины: учеб. пособие / В. М. Харин. – Одесса : Фенікс, 2005. – 280 с.

11. Consolidated text of the International Convention for the Safety of Life at Sea, 1974, and its Protocol of 1988: articles, annexes and certificates. – SOLAS Consolidated Edition, 2004. – 566 p.
12. Consolidated text of the Guidelines for Formal Safety Assessment (FSA) for use in the IMO Rule-making process (MSC/Circ. 1023 — MERC/Circ. 392). — IMO, 2007. — 28 p.
13. Емельянов М. Д. Оценка риска и критичные элементы морских судов / М. Д. Емельянов // Проблемы развития морского флота: Сб. научных трудов ЗАО «ЦНИИМФ». — СПб, 2009. — С. 20 – 41.
14. Решетов Н. А. Формализованная оценка безопасности и ее влияние на судоходную индустрию / Н. А. Решетов, А. А. Захаров // Научн.-техн. сб. Российского морского регистра судоходства. — Вып. 27. — 2004. — С. 7 – 13.
15. Захаров А. А. Обеспечение безопасности человеческой жизни на море / А. А. Захаров, С. С. Коший // Транспортная безопасность и технологии: Национальный журнал-каталог. — №3(4) — 2005.
16. Аполлонов Е. М. Проблемы повышения уровня безопасности судов и плавучих сооружений / Е. М. Аполлонов, Г. В. Бойцов, А. А. Захаров, О. Е. Литонов, А. Б. Нестеров // Научн.-техн. сб. Российского морского регистра судоходства. – 2001. – Вып. 24. — С. 30–47.
17. International Safety Management (ISM) Code: Resolution A.741(18).– IMO, 2002.– 26 p.

УДК 681.568.5

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ И МОНИТОРИНГА ВЕТРОДВИЖИТЕЛЯМИ

А.Ю. Карпилов

Национальный университет «Одесская морская академия»

В связи с ростом цен на топливо все актуальнее встает вопрос об энергосбережении и использовании на судах различных альтернативных источников энергии. Одним из таких источников являются установки, преобразующие энергию ветра. Сегодня существует достаточно много различных проектов судовых ветродвижителей (ВД) и ветродвигателей, как реализованных, так и находящихся на стадии разработок. Наиболее целесообразным вариантом является установка на морских и речных судах ВД как дополнения к основному механическому двигателю. Это даст 25–30 % экономии топлива и обеспечит судам вполне приемлемую скорость в 16 узлов.

Среди систем автоматического управления парусными ветродвижителями, как и в целом по системам управления, можно выделить три основных класса: специализированные, предназначенные для управления ВД конкретной конфигурации; объектно-ориентированные, предназначенные для управления ВД определенного класса; универсальные, предназначенные для управления ВД произвольной конфигурации [1].

Выбор конкретного типа САУ зависит от многочисленных факторов, в том числе: уровня автоматизации судна; типа ВД, их характеристик управления и доступности для автоматизации; отработанной конструкции и программ управления ВД; экономической эффективности автоматизации управления ВД. Анализ возможных вариантов исполнения САУ ВД показывает, что для выпол-

нения требований к системе управления целесообразно использование объектно-ориентированной

Известная функциональная схема многоуровневого управления ВД приведена на рис.1. Управление ВД осуществляется на трех иерархических уровнях: нижнем, среднем и верхнем.

На нижнем уровне осуществляется ручное управление ВД с пультов местного управления, которое используется, в основном, при выполнении ремонтно-наладочных работ. На среднем уровне осуществляется дистанционное управление и работа ВД в автоматическом режиме. Для работы САУ в автоматическом режиме необходима следующая входная информация: направление и скорость кажущегося ветра; крен и осадка судна. Оптимальный угол установки ВД может быть также задан с помощью задатчика, установленного на пульте дистанционного управления ВД, либо определен на верхнем уровне управления и передан по каналу связи в САУ для обработки. САУ обрабатывает входную информацию, контролирует текущее положение ВД и формирует команды управления ВД, которые усиливаются станцией силового управления.

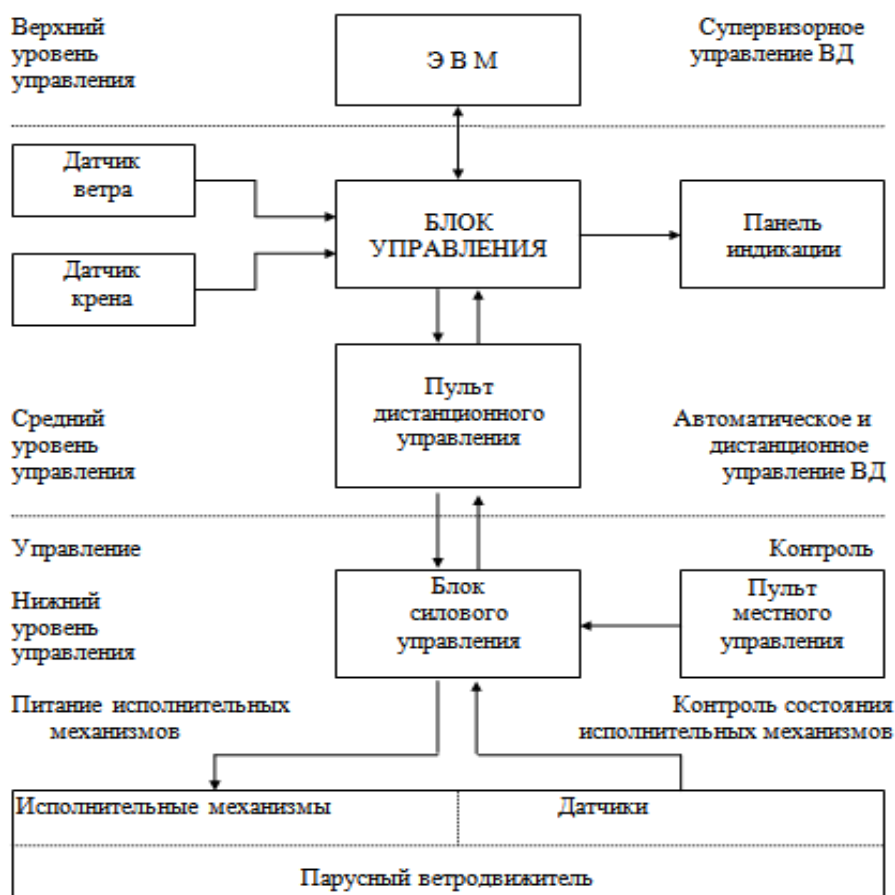


Рисунок 1 – Функциональная схема САУ парусным ветродвигателем

На верхнем уровне управления осуществляется супервизорное управление. В случае необходимости верхний уровень управления может взять на себя функции прямого управления ВД, что целесообразно в аварийных ситуациях и при проведении исследовательских работ.

На управляемость судна влияют многочисленные факторы, что усложняет управление им [2].

При загрузке судна меняются масса и подводная часть корпуса судна, что сказывается на его управляемости. В балласте и в грузу суда в общем случае обладают разной устойчивостью на курсе. Обычно при уменьшении осадки устойчивость судна на курсе снижается.

Волнение является одним из самых распространенных видов воздействий на судно в открытом море. Действие волн отражается на управляемости судна: теряется скорость, возрастает рыскание, ухудшается режим работы гребного винта и руля.

Скорость ветра вблизи поверхности моря за счет трения нижнего слоя воздуха о поверхность воды меньше, чем в более высоких слоях. Ветер, направленный под углом к диаметральной плоскости, является причиной дрейфа судна.

Эти и другие факторы учитывает предлагаемая САУ (рис.2).

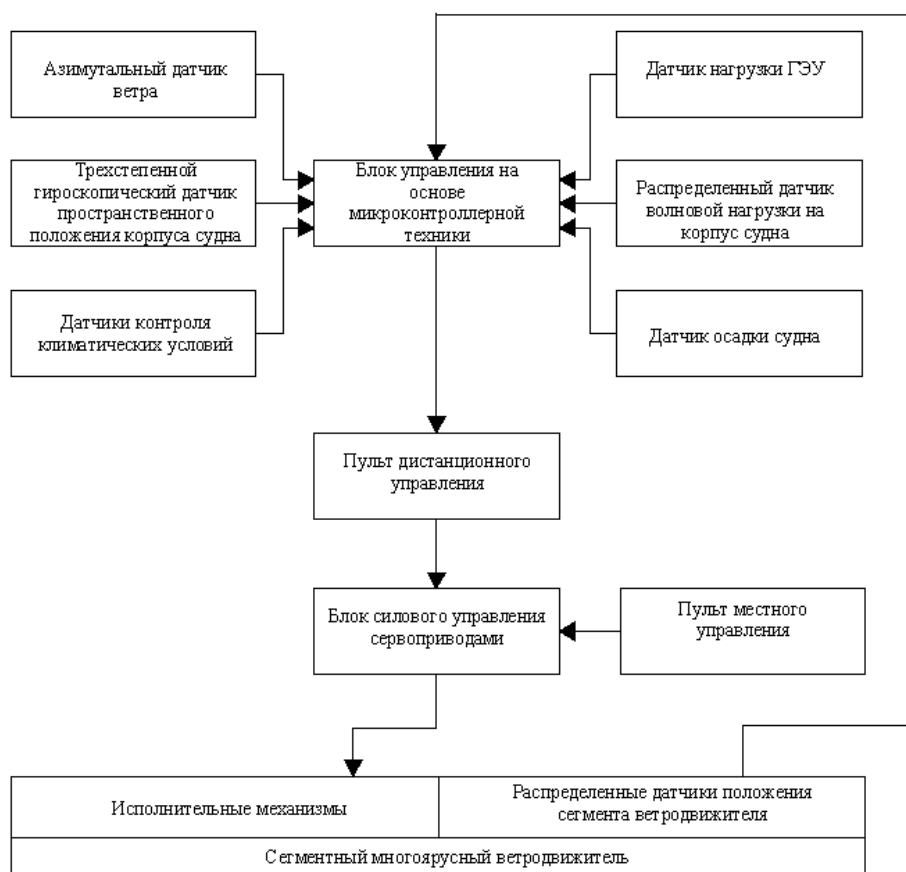


Рисунок 2 – Многоуровневая САУ ВД

Многоуровневая САУ ВД включает следующие блоки: блок управления на основе микроконтроллерной техники, азимутальный датчик ветра, трехстепенной гироскопический датчик пространственного положения корпуса судна, датчики контроля климатических условий, датчик нагрузки ГЭУ, распределенный датчик волновой нагрузки на корпус судна, датчик осадки судна, пульта дистанционного и местного управления, блок силового управления сервоприводами, сегментный многоярусный ВД с исполнительными элементами и дат-

чиками.

Блок управління виконує наступні функції:

- считывание сигнала с азимутальных датчиков ветра, считывающего скорость ветра как вблизи поверхности моря, так и по всей высоте мачты;
- считывание сигнала с трехстепенного гироскопического датчика пространственного положения корпуса судна, учитывающего как крен, так и дифферент судна; – датчики контроля климатических условий;
- считывание сигнала с распределенного датчика волновой нагрузки на корпус судна, учитывающий снос и рысканье судна;
- датчик осадки судна, влияющей на управляемость судна;
- обработку полученной информации, вычисление текущего, среднего и максимального значения направления и скорости кажущегося ветра;
- выдачу информации о контролируемых параметрах на панель индикации;
- сопряжение с пультом дистанционного управления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Миусов, М.В. Режимы работы и автоматизации пропульсивного комплекса теплохода с ветродвижителями. – Одесса: Одесская государственная морская академия; ОКФА, 1996. – 256 с.
2. Вагущенко, Л.Л., Цымбал, Н.Н. Системы автоматического управления движением судна. – 3-е изд., перераб. и доп.– Одесса: Феникс, 2007. – 328 с.

УДК 681.2.08

ВОЛОКОННО-ОПТИЧНИЙ ТУНЕЛЬНИЙ ДАТЧИК СТРУМУ

А.К.Сандлер, доцент
Ю.М.Цюпко, к.т.н, професор
Національний університет «Одеська морська академія»

Дослідженням і розробкам волоконно-оптичних датчиків (ВОД) магнітних полів та електричних струмів присвячено досить велику кількість робіт. Це обумовлено необхідністю розробки нових, більш досконалих методів вимірювання електричних струмів і магнітних полів в енергетиці та ядерній фізиці в колах електроживлення бортових систем, для вирішення завдань дистанційного вимірювання магнітних полів різної напруженості. У порівнянні з традиційними датчиками трансформаторного типу ВОД мають ряд відомих переваг, які викликають до них значний інтерес і вже забезпечують їх практичне застосування. Основними з цих переваг є: пасивність чутливих елементів (відсутність електричного живлення), перешкодозахищеність, мініатюрність, дистанційність вимірювань при високій чутливості і швидкодії [1, 2].

У той час, аналіз існуючих пристроїв контролю електроенергетичних величин показав наступне. Можливості більшості використовуваних датчиків не дозволяють реалізувати ефективний моніторинг рівня магнітних полів та елект-

ричних струмів. Спільними проблемами для всіх типів ВОД контролю електромагнітних параметрів є проблеми чутливості, швидкодії і стабільності чутливого елемента, що визначають чутливість датчика і точність вимірювань.

Для виявлення причин виниклого дисбалансу були розглянуті конструкції найбільш поширених ВОД цього класу. Для створення ВОД електромагнітного поля використовуються в основному три відомих фізичних ефекту: ефект Фарадея, ефект магнітострикції і ефект зсуву провідника зі струмом в магнітному полі під дією сили Лоренца [1].

Відомий ВОД контролю електроструму, який являє собою інтерферометр Маха-Цендера з двома оптичними розгалужувачами та двома оптичними плечима з волоконних світловодів, один з яких утворює котушку на поверхні циліндру з магнітострикційного матеріалу [3].

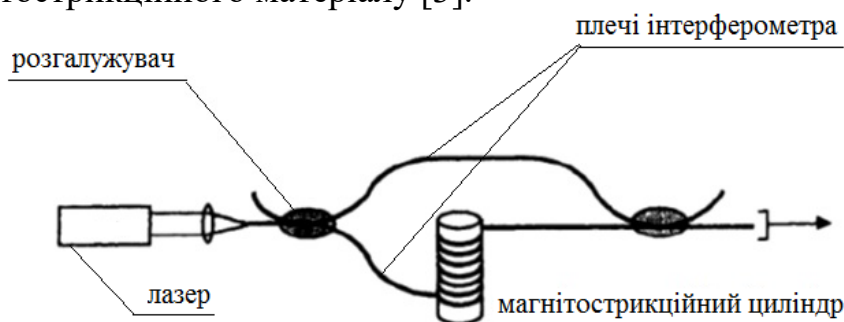


Рисунок 1 – Волоконно-оптичний датчик з магнітострикційним перетворювачем

Недоліки пристрою, які обумовлені використанням двох оптичних плечей з волоконних світловодів та циліндру з магнітострикційного матеріалу:

необхідність постійного корегування зміни оптичних властивостей світловода, що утворює котушку, та світловодів контрольного та вимірювального каналів в умовах впливу негативних неконтрольованих експлуатаційних факторів;

наявність елементів в сполукі «світловод-циліндр», виконаних з матеріалів з коефіцієнтами пружності та теплового поширення, що відрізняються один від одного;

необхідність обробки поверхні циліндру з прецезійною точністю та якістю для уникнення створення умов для появи паразитної модуляції інформаційного сигналу.

Найбільш близьким, за технічною сутністю до задач контролю суднових електричних мереж, є оптичний датчик який складається з елементу Фарадея на площини якого нанесені багат шарова плівка з властивостями чвертьхвильової пластини, світловодів, що підводять та відводять випромінювання, призматичних аналізатора та поляризатора (рис. 2) [4].

Недоліки пристрою, які обумовлені використанням елементу Фарадея та багат шарової плівки:

необхідність постійної корекції деградації оптичних властивостей елементу Фарадея в умовах впливу електроструму та негативних неконтрольованих експлуатаційних факторів;

необхідність постійної корекції геометрії розташування оптичних елементів датчика в умовах впливу негативних неконтрольованих експлуатаційних факторів;

застосування додаткових оптичних елементів для перетворення інформаційного сигналу.

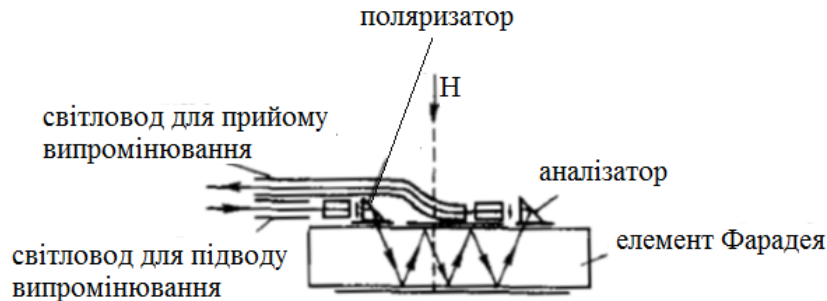


Рисунок 2 – Магніточутлива оптична частина датчика на основі елемента Фарадея

У сформованих реаліях представилася доцільною розробка нового схематичного рішення ВОД контролю струму. Конструкція датчика позиціонува-лась як така у якій застосовані деталі, виконані з матеріалів з близькими фізико-механічними характеристиками, відсутня необхідність корекційних дій з підтримки геометрії всіх елементів датчика, відсутня механічний вплив на світловодні елементи та одночасно збережені високий рівень чутливості та швидкодія пристроїв відомих типів.

Основною відмінною запропонованого приладу є те, що у конструкції відсутні механічні елементи, що створюють механічну напругу в оптичних елементах датчика та оптичні елементи не знаходяться під безпосереднім впливом електроструму.

Суть схематичного рішення ВОД електроструму пояснюється кресленням (рис. 3), де зображено сегмент зі сплаву $Fe - Ni$ (42 % Ni) 2 з обох боків до якого приварені сегменти зі сплаву платиніт ($Fe - Ni$, 48 % Ni) 1.

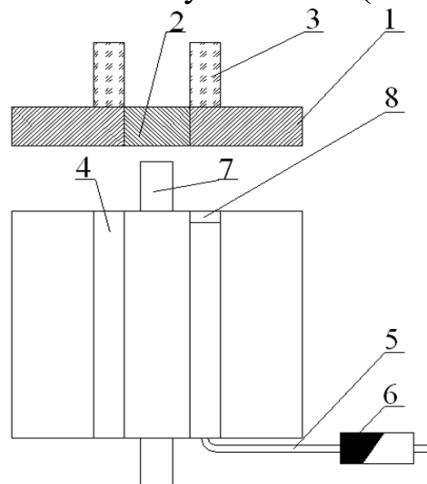


Рисунок 3 – Волоконно-оптичний тунельний датчик струму: 1 – сегмент з платиніту; 2 – сегмент зі сплаву $Fe - Ni$; 3 – первинний оптичний світловод; 4 – вторинний оптичний світловод; 5 – оптичне волокно для підводу/відводу випромінювання; 6 – мультиплексор/демультиплексор; 7 – циліндричний сегмент для сполучення з струмопроводом; 8 – віддзеркалюючий шар з сапфірового скла.

До сегментів 1 плазменою зваркою закріплені первинний 3 та вторинний 4 оптичні світловоди. Первинний світловод з одного кінця має віддзеркалюючий шар з сапфірового скла 8. З іншого кінця первинний світловод зварено з оптичним волокном 5 для підводу/відводу випромінювання, що надходить у прямому та зворотному напрямку крізь мультиплексор/демультиплексор 6. Для сполучення зі струмопроводом у сегменті 2 зроблені циліндричні сегменти 7.

У статичному режимі (відсутність електроструму), випромінювання у прямому напрямку надходить до розгалужувача та мультиплексора/ демультиплексора. У останньому відбувається розподіл випромінювання за довжинами хвиль, кожна з яких відповідає випромінюванню що прямуватиме у прямому та зворотному напрямку. Після надходження до первинного світловода, завдяки малої відстані до вторинного світловода, відбувається перекачування частки випромінювання до вторинного світловода. Решта випромінювання у первинному світловоді відбивається від віддзеркалюючого шару та повертається крізь оптичне волокно до мультиплексора/демультиплексора.

Також у відсутності тиску повітряного середовища, у чутливих елементах, мембрані та спіральному світловоді, відбувається зменшення інтенсивності оптичного випромінювання, що проходить скрізь них, яке обумовлене тільки впливом згасання.

В першому динамічному режимі, тобто появі електроструму при стандартних умовах навколишнього середовища, у сегменті 2, завдяки явищу магнітострикції, відбудеться зміна (збільшення) лінійних розмірів. Зміна лінійних розмірів викличе зміну відстані між первинним та вторинним світловодами, що обумовить порушення умов тунельного оптичного зв'язку між світловодами. Тобто, частина оптичного випромінювання, що перекачувалася до вторинного світловода буде змещуватися. Наслідком цих процесів є збільшення інтенсивності оптичного випромінювання, що проходить крізь первинний світловод, відбивається від віддзеркалюючого шару та повертається назад до мультиплексора/ демультиплексора [5, 6, 7, 8].

Величина сили електроструму буде пропорційною до інтенсивності частки оптичного випромінювання, яке відбилося від віддзеркалюючого шару та повернулося до мультиплексора/демультиплексора після процесу тунелювання до вторинного світловода.

Подальша обробка випромінювання, що надходить з демультиплексора, дозволить отримати електричний сигнал який буде пропорційний величині електричного струму.

В другому динамічному режимі, тобто появі електроструму при підвищеній температурі навколишнього середовища, у сегменті 2, завдяки явищу магнітострикції, відбудеться зміна (збільшення) лінійних розмірів. Така ж зміна, завдяки температурному поширенню, відбудеться й у сегментах з платиніту. Деформації геометрії сполуки не відбудеться за рахунок несуттєвої різниці у коефіцієнтах лінійного поширення. Крім того, коефіцієнти лінійного поширення скла світловодів та платиніту не відрізняються, то будуть виключені умови для виникнення паразитної модуляції інформаційного сигналу за рахунок виник-

нення додаткових термічних деформацій у склі. Подальша обробка інтенсивності отриманого випромінювання аналогічна до першого динамічного режиму.

Таким чином, в розробленому засобі контролю електроструму комбінація оптичних елементів забезпечить:

- більш адекватного перетворення параметрів електромагнітного поля у зміни інформаційного сигналу;
- компенсації впливу дестабілізуючих факторів на вимірювальний канал датчика;
- відсутність механічної системи деформації світловодного елементу датчика;
- відсутність необхідності постійного корегування геометрії елементів датчика;
- підвищення якості функціонування за рахунок використання матеріалів з близьким коефіцієнтом гнучкості та теплового поширення.

Використання пристрою, що пропонується, дозволить адекватно і достовірно оцінювати кількісний показник струму у суднових енергетичних мережах на належному рівні.

ЛІТЕРАТУРА

1. Потапов, В.Т., Потапов, Т.В., Кухта, А.В., Удалов, М.Е., Мамедов, А. М. Волоконно-оптические датчики магнитного поля и электрического тока на основе эффекта Фарадея в кристаллах $\text{VI}_{12}\text{GEO}_{20}$ и $\text{VI}_{12}\text{SIO}_{20}$.// Фотон-наука. – 2005. – №6. – С. 166 - 176.
2. Белов, К. П., Магнитострикционные явления и их технические приложения. – М.: Наука. 1987. – 160 с.
3. Гуляев, Ю.В., Меш, М.Я., Проклов, В.В. Модуляционные эффекты в волоконных световодах и их применение. – М.: Радио и связь, 1991. – 150 с.
4. Гавричев, В. Д., Дмитриев, А. Л. Волоконно-оптические датчики магнитного поля. – СПб: СПбНИУ ИТМО, 2013. – 83 с.
5. Гуляев, А.П. Металловедение. – М.: Metallurgy, 1986. – 544 с.
6. Снайдер А., Лав Д. Теория оптических волноводов. – М.: Радио и связь, 1987. – 656 с.
7. Удд, Э. Волоконно-оптические датчики. – М.: Техносфера, 2008. – 520 с.
8. Заявка щодо отримання деклараційного патенту на корисну модель № U 2015 083336 від 25.08.2015 р.

УДК 50.39.15

ПОСТРОЕНИЕ КАБЕЛЬНЫХ СИСТЕМ СУДОВЫХ СЕТЕЙ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

В.Ф. Шапо, к.т.н., доцент
Национальный университет «Одесская морская академия»

Повсеместная автоматизация производственных процессов, широкое использование программируемых контроллеров, электроники, компьютеров и промышленных сетей передачи данных привели к тому, что современные суда превратились в исключительно сложные автоматизированные комплексы. Многие тысячи или даже десятки тысяч устройств соединены сотнями километров кабелей и проводов различных типов, организованных в системы проводных и

кабельных трасс. На современных судах число измеряемых и анализируемых параметров в зависимости от типа и размера судна составляет от 10000 до 50000 [1]. Все эти разноплановые исполнительные и управляющие устройства на современных автоматизированных судах обмениваются данными с управляющими компьютерными системами, используя различные типы кабелей.

Витая пара (*twisted pair*) – одна или несколько пар изолированных проводников, скрученных между собой и покрытых пластиковой оболочкой. Свивание проводников производится для повышения степени связи между собой проводников одной пары (электромагнитные помехи одинаково влияют на оба провода пары) и уменьшения внешних электромагнитных помех, а также взаимных наводок при передаче дифференциальных сигналов. Для снижения связи отдельных пар кабеля (периодического сближения проводников различных пар) в кабелях UTP категории 5 и выше провода пары свиваются с различным шагом. Витая пара используется в телекоммуникациях и в компьютерных сетях в качестве физической среды передачи сигнала во многих сетевых технологиях. Благодаря дешевизне и лёгкости монтажа является самым распространённым решением для построения локальных сетей. Кабель подключается к сетевым устройствам разъёмом 8P8C (гораздо более популярно название RJ45).

Существует ряд разновидностей технологий защиты кабеля (электрической, химической, механической). Экранирование проволочными оплетками отдельных пар обозначается термином "Shielding". Общее экранирование кабеля обозначаются термином "Screening". Для продления срока работы и защиты медных проводников от окисления применяется алюминиевая фольга и алюминизированные пленки ("Foiled" – фольгированные). На электрические и механические свойства кабеля фольга почти не влияет. Могут применяться специальные защиты, например, от солнечного света (дополнительная оболочка из черного полиэтилена "Double Jacket"). Типы экранирования рассмотрены ниже.

1. Неэкранированная витая пара (UTP, Unshielded Twisted Pair) не имеет защитного экрана.

2. Фольгированная витая пара (FTP, Foiled Twisted Pair, или FUTP) имеет один общий внешний экран в виде фольги.

3. Экранированная витая пара (STP, Shielded Twisted Pair) имеет защитный экран для каждой пары и общий внешний экран в виде сетки.

4. Фольгированная экранированная витая пара (SFTP, Screened Foiled Twisted Pair) имеет внешний экран из медной оплетки и фольгированную оплетку каждой пары.

5. Незащищенная экранированная витая пара (USTP, Unshielded Screened Twisted Pair) не имеет внешнего экрана, но каждая пара имеет фольгированную оплетку.

6. Защищенная экранированная витая пара (SFUTP, Screened Foiled Unshielded Twisted Pair). Имеет двойной внешний экран из медной оплётки и фольги.

При проектировании и монтаже судовых сетей передачи данных используется витая пара категорий 5, 6 или 7 с различными типами экранов или без них; тонкий коаксиальный кабель (КК) RG-58 с разным исполнением централь-

ной жилы (RG-58/U – сплошная медная жила, RG-58A/U – многожильный, RG-58C/U – специальное (военное) исполнение кабеля RG-58A/U); толстый КК (thick coaxial cable) и волоконно-оптический кабель (fiber optic cable single mode (одномодовый) и multimode (многомодовый)). Номенклатура кабелей у многих производителей составляет сотни и даже тысячи наименований. Отличаются они помехозащищенностью, пропускной способностью, стоимостью и т.п.

В соответствии с правилами противопожарной безопасности кабели делят на две категории: общего применения (непленумные) и пленумные (разрешенные для прокладки в вентиляционных шахтах; пленум – пространство между стенами и между полами и потолками для вентиляции). Наиболее популярны при изготовлении кабелей пластики на базе поливинилхлорида (ПВХ; международное обозначение PVC – PolyVinylChloride). При горении они выделяют ядовитые газы. Поэтому PVC-кабели запрещены для прокладки в вентиляционных шахтах. В пленумных пространствах обычно применяются кабели с изоляцией на основе тефлона. Такой кабель не выделяет при горении токсичных газов, которые при попадании в воздух будут через пленум распространяться по всему судну. Пленумный кабель заключен в оболочку из огнеупорного материала (тефлона), которая при горении не выделяет токсичных газов.

Кабели типа «витая пара» должны иметь витые пары проводов, применение кабелей с несвитыми попарно проводами не допускается. При использовании экранированных кабелей на витой паре их сегменты рекомендуется заземлять только на одном конце. Основные физические характеристики кабеля «витая пара» представлены ниже.

1. Минимальный радиус изгиба – 5 см.

2. Температура при работе и хранении: -35...+60 С – для кабеля в поливинилхлоридной оболочке; -55...+200 С – для кабеля в тефлоновой оболочке.

3. Температура при монтаже: -20...+60 С – для кабеля в поливинилхлоридной оболочке; -35...+200 С – для кабеля в тефлоновой оболочке.

4. Относительная влажность: 0...+100% – для кабеля в поливинилхлоридной оболочке, допускается случайная конденсация; кабель в тефлоновой оболочке не реагирует на влажность, конденсацию и водяные брызги.

5. Применение на открытом воздухе: запрещено – для кабеля в поливинилхлоридной оболочке, разрешено – для кабеля в тефлоновой оболочке.

Запрещено применение тонкого КК для прокладки на открытом воздухе между двумя не связанными друг с другом зданиями (между зданиями, не имеющими общего контура заземления).

Кабель «витая пара» целесообразно применять в рабочих группах, горизонтальных и вертикальных подсистемах зданий, оптоволоконные кабели – для организации скоростной среды передачи данных вертикальной подсистемы, магистрали между коммутационными узлами и между зданиями (административная и базовая подсистемы), на высокоскоростных магистралях, для связи между удалёнными объектами. Тонкие КК применимы для организации низкоскоростных магистралей внутри монтажных шкафов, рабочих групп в помещениях с жесткой привязкой рабочих мест, низкоскоростных вертикальных кабельных подсистем. На длинных магистралях предпочтительно оптоволокно, обеспечи-

вающее наибольшую допустимую длину сегмента, высокую безопасность и помехозащищенность. Толстый КК применяется крайне редко: для организации низкоскоростных магистралей (до 500 м).

Стоимость самого кабеля сравнительно невелика по сравнению с его прокладыванием и заменой. При прокладывании кабеля внутри стен, под полом, над потолком может оказаться существенно дешевле использовать кабели с более высокими эксплуатационными характеристиками и разместить дополнительные, «на вырост», кабели, чтобы в дальнейшем не возвращаться к дорогостоящим монтажным работам.

После окончания монтажа кабельной системы необходимо провести ее сертификацию на соответствие требованиям минимум 5-й категории. Даже при использовании высококачественных компонентов факторы монтажа и окружающие условия могли вызвать ухудшение рабочих характеристик. Для тестирования применяются кабельные анализаторы компаний Fluke Networks, JDSU, Ideal Industries, GreenLee (Datacom), Keysight (Agilent), Acterna (Wavetek и TTC) и др.

Для тестирования оптоволоконных систем применяются универсальные измерительные платформы, например, VIAVI (ранее JDSU) MTS 8000. В устройстве установлены рефлектометр, оптический тестер, измеритель оптической мощности, локатор визуальных дефектов, оптический микроскоп, оптическая гарнитура, возможна одновременная установка большого количества сменных оптических модулей, благодаря чему возможно измерение всех необходимых характеристик в зависимости от типа работ. Встроенный процессор позволяет тестировать сеть по заранее предустановленным наборам тестов. Имеется внутренняя оперативная память, USB-порты, возможна установка жесткого диска.

Для подсистем на базе тонких КК тестирование характеристик не проводится, а минимизируется число рабочих мест. Проводка тонкого КК часто выполняется открыто, пользователи имеют к ней доступ и могут некорректно отключить кабель, разрушая целостность кабельного сегмента. При этом выходит из строя вся сеть, может нарушиться работа сетевого программного обеспечения. К этим же последствиям приводит снятие терминатора с конца кабельного сегмента, применение отрезков кабеля с другим волновым сопротивлением. Поэтому целесообразно применять тонкий КК только в защищенных от несанкционированного доступа местах. Шинная топология сетей на тонком КК затрудняет диагностирование, т.к. кабель является общим для множества узлов. Неисправность может быть вызвана любым узлом, отрезком кабеля или терминатором. Управление сетью наиболее удобно на топологиях, поддерживаемых кабелем «витая пара». Толстый КК применяется существенно реже, при этом в североамериканском регионе объемы продаж толстого КК и трансиверов к нему до сих пор довольно велики.

При монтаже кабельной подсистемы в связи с имеющейся высокой насыщенностью кабельными сетями телефонных сетей, систем пожарной и охранной сигнализации, компьютерных сетей, систем электрообеспечения приходится сталкиваться с рядом проблем:

ранее установленные сети независимы и обычно работают на граничных длинах кабельных коммуникаций;

изменения в архитектуре сети приводят к затратам на дополнительные материалы и на проведение изменений в действующей части;

заложенные при строительстве коммуникационные каналы полностью заняты, но освободить их от неиспользуемых кабелей невозможно без повреждения работающих сетей, а неиспользуемые кабели зачастую неработоспособны.

Решить эти проблемы в комплексе возможно лишь тогда, когда требуется длительный период времени работы кабельных систем с возможностью простого расширения. Но это возможно лишь при соответствующих капитальных затратах. В мире несколько фирм специализируются на производстве структурированных кабельных систем (СКС). Наиболее известны SYSTIMAX Solutions, AMP Netconnect, AESP, LAPP, Legrand, Panduit, Nexans, Molex, Hubbell, R&M и др., предлагающие множество решений. В состав СКС входят корпуса разного сечения для укладки кабеля, фурнитура крепления, розетки (компьютерные, телефонные, электропитания), монтажные шкафы, патч-панели и т.д.

При относительно высокой начальной стоимости, но длительном использовании, СКС имеют следующие преимущества.

1. Возможность одновременного использования разных протоколов и сред передачи данных.

2. Модульность и возможность внесения изменений без влияния на существующие сети с возможностью создания независимых участков сети.

3. Обеспечение быстрого доступа ко всем системам, проложенным в кабельных каналах.

4. Возможность использования ранее установленного оборудования и независимость от поставщика сетевого оборудования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Компания Høglund Marine Automation AS [Электронный ресурс]: <http://hoglund.no> (дата обращения: 14.11.2015).

УДК 629.546.2.028.7/064.5

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ЯКОРНО-ШВАРТОВОГО УСТРОЙСТВА С ЧАСТОТНЫМ РЕГУЛИРОВАНИЕМ БАЛКЕРА ВОДОИЗМЕЩЕНИЕМ 20000 ТОНН.

С.Ф. Самонов, к.т.н., доцент

М.В.Ковалёва, курсант

Национальный университет «Одесская морская академия»

Согласно результатам проведенного нами анализа предложений от ведущих производителей якорно-швартового оборудования, наиболее широко распространенной для судов различного назначения является комбинированное

устройство в виде автоматической швартовной лебедки (АШЛ) с брашпильной приставкой. В качестве силового элемента в якорно-швартовных устройствах (ЯШУ) применяется в зависимости от выбора потребителя: электрогидравлический привод или электропривод. По сравнению с гидроприводом, электропривод имеет ряд неоспоримых преимуществ, поэтому в качестве объекта исследований выбран электропривод с частотным управлением[5-7].

Согласно утверждениям специалистов и опыту судостроения, среди нескольких распространенных вариантов схем привода в качестве наиболее перспективной рассматривается система в виде односкоростного электродвигателя с пристроенным электромагнитным тормозом и частотного преобразователя[11]. При этом подчеркивают ее следующие преимущества:

- экономия энергоресурсов и снижение влияния на окружающую среду;
- сокращение времени на выполнение операций;
- повышение безопасности при выполнении операций;
- минимальное влияние на качество электроэнергии в судовой сети;
- автоматическое управление отдельными ЯШУ и дистанционное автоматизированное управление в комплексах из нескольких ЯШУ, например, в составе систем динамического позиционирования (ДП).

Современное судно рассматривается как комплекс взаимосвязанных подсистем, одной из которых является подсистема удержания судна в определенной позиции в порту у причала или в море, и состоящая из нескольких ЯШУ, а также других устройств[2]. Такая подсистема должна быть конструктивно выполнена так, чтобы предоставить возможность минимальному количеству операторов дистанционно управлять ею, и, по возможности, без непосредственного вмешательства в структуру и настройки отдельных устройств. Для дистанционного управления могут применяться специализированные радиопередающие устройства или кабельные каналы от системы ДП.

Процессы, происходящие в системе судно – ЯШУ – электропривод не поддаются точному математическому описанию из-за необходимости учета влияния внешних факторов (совместное воздействие на судно ветра, течения, волнения; характеристики грунта) и конструктивных особенностей[8].

В результате анализа применяемых методов расчёта нагрузочной диаграммы, использующих ряд допущений, показано, что в их математическом описании необходим учет колебательного характера момента сопротивления на валу электропривода[9]. Это подтверждается рекомендациями изготовителей ЯШУ по настройке ПЧ. Поэтому для расчета нагрузочной диаграммы рассматриваемого ЯШУ следует ввести гармонические составляющие момента сопротивления[3].

Выполненные вариантные расчеты показывают, что суммарное время, в течение которого момент сопротивления оказывается выше критического и электродвигатель ЯШУ останавливается под током, может превышать нормативное время, обусловленное конструктивными требованиями. Для снижения нагрузки ЭП ЯШУ в этом случае применяют пропульсивную установку. При этом продолжительность операции съёмки судна с якоря возрастает.

Для подтверждения соответствия установленным нормативным ограничениям рассматриваемого ЭП, выбрана модель описывающая электромеханические процессы в приводе с векторным управлением[12, 13].

Моделирование процессов ЭП в режимах снятия с якоря, спуска якоря током, выбирания швартового конца под нагрузкой позволяет обосновать рекомендации по уточнению настроек ПЧ для ЯШУ[5].

ЛИТЕРАТУРА

1. Локарев В.И. Судовые автоматизированные электроприводы: Учеб. Пособие. – Николаев: УГМТУ, 2002. – 160 с.
2. Судовые машины, установки, устройства и системы [Текст] : учеб.для высш. мор. учеб. заведений / В. М. Харин [и др.] ; ред. В. М. Харин ; М-во образования и науки Украины, Одес. нац. мор. акад. - Одесса : Фенікс ; М. : ТрансЛит, 2010.
3. Фрейдзон И.Р. Судовые автоматизированные электроприводы и системы. -Л.: Судолстроение, 1988.- 472с.
4. Будашко В.В. Судовые автоматизированные электроприводы: Конспект лекций. – Одесса: ОНМА, 2007. – 220 с.
5. <http://vlt-drives.danfoss.com/industries/marine/>
6. <http://new.abb.com/drives/segments/winches>.
7. <http://www.rolls-royce.com/marine/deck-machinery-brochure.pdf>.
8. Рудаков В.В., Столяров И.М., В.А. Дартау В.А.. Асинхронные электроприводы с векторным управлением. - Л.: Энергоатомиздат, Ленингр. отд-ние, 1987. - 136 с.
9. Копылов И.П. Математическое моделирование электрических машин. – М.: Высш.шк., 2001. – 327с.
10. Радимов С.Н. Частотно-регулируемый асинхронный электропривод. – Одесса, уч.пос.,2007. – 31с.
11. Горбань Р. Н., Янукович А. Т. Современный частотно-регулируемый электропривод. – Санкт – Петербургская Электротехническая Компания, 2002. — 94 с.
12. Усольцев А.А. Векторное управление асинхронными двигателями. - СПб: СПбГУ ИТМО, 2002. – 43 с.
13. Терехин В.В. Моделирование систем электропривода в SIMULINK. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010.- 292с.

УДК 621.313.1:629.33.021

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ И ПАРАМЕТРОВ ТЯГОВОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ДЛЯ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ

В.С. Луковцев, к.т.н., доцент
Р.И. Куделькин, аспирант
Национальный университет «Одесская морская академия»

В наше время, основной тип автомобильного двигателя – двигатели внутреннего сгорания (ДВС). Это направление на транспорте, интенсивно развивалось последние 100 лет. Они и поныне являются лидерами в своей области, но, с каждым годом, все большее внимание обращают на себя электромобили. Это

напрямую связано с постоянно растущими ценами на топливо, а также, с бурным развитием полупроводниковой техники и совершенствованием технологических процессов производства аккумуляторов и электродвигателей.

Для электромобилей, длительное время, применялся почти исключительно, тяговый электропривод с двигателем постоянного тока.

Наравне с электродвигателями постоянного тока (ДПТ) последовательного возбуждения, применялись двигатели с параллельным возбуждением, которые позволяли несложными средствами, реализовать режим рекуперации энергии при торможении [1, с.4].

Дальнейшее изучение методов снижения потерь энергии в двигателе и тяговой системе в целом показало, что более выгодным является применение электродвигателя постоянного тока с независимым регулируемым возбуждением. Наряду с совершенствованием полупроводниковых регуляторов тока, предназначенных для питания независимых обмоток возбуждения, это привело к замене двигателей постоянного тока последовательного возбуждения (ДПВ) электродвигателями со смешанным, а затем и с независимым возбуждением.

На рис.1 представлено сравнение тяговых характеристик двигателей постоянного тока.

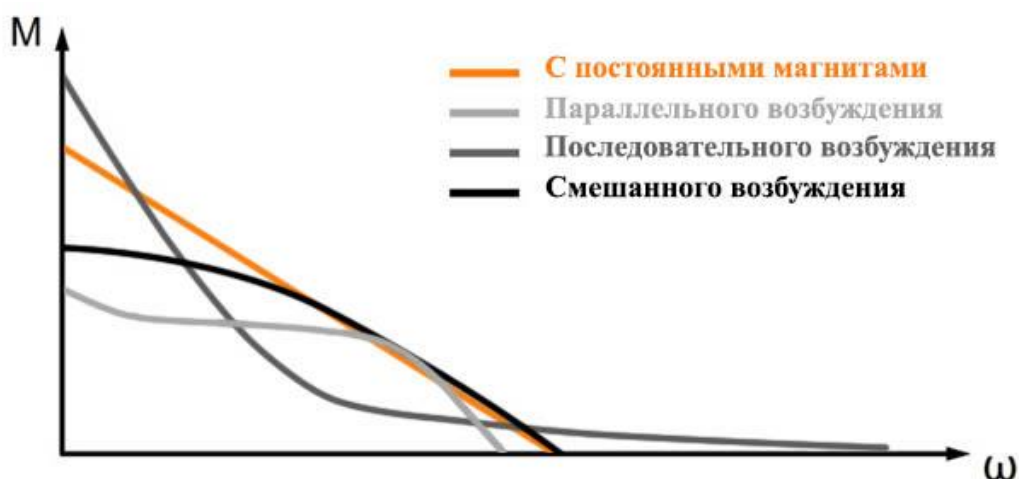


Рисунок 1 – Сравнение тяговых характеристик двигателей постоянного тока

Работы по повышению функциональных и энергетических характеристик тяговых электроприводов постоянного тока, ведутся рядом фирм, в направлении замены тиристорных силовых преобразователей транзисторными. Такого рода преобразователи, применялись на опытных образцах электромобилей фирм: «Фиат», «Рагоно» (Ragono), «Дженерал электрик—Крайслер» [2, с.32].

Ряд бесспорных преимуществ электродвигателей переменного тока, побуждает вести интенсивные исследовательские работы по созданию тяговых систем электромобилей с такими двигателями. Из них наибольшее внимание уделяется асинхронному двигателю.

Управляемый от контроллера асинхронный двигатель, может обеспечивать максимальный вращающий момент в диапазоне частот вращения от 0 до максимальных критических оборотов. Максимальные критические обороты зависят от максимального напряжения батареи. Если батарея не позволяет больше увеличивать напряжение на двигателе – момент начинает снижаться с ро-

стом оборотов. Таким образом, у управляемого асинхронного двигателя, формируется "экскаваторная" механическая характеристика с КПД равным номинальному.

Но, сложность, недостаточная надежность, низкие массогабаритные показатели и высокая начальная стоимость таких преобразователей, существенно ухудшают, в настоящее время, конкурентоспособность тяговых систем переменного тока.

По результатам анализа первоисточников можно сделать следующие выводы:

1. В настоящее время, более предпочтительным является использование двигателей постоянного тока, управляемых дешевыми и надежными контроллерами с широтно-импульсной модуляцией, с использованием естественных тяговых характеристик ДПТ.

2. Перспективным следует признать применение асинхронных двигателей с управлением частотными контроллерами с векторным управлением, которые позволяют получить необходимые характеристики привода в целом, обеспечиваемые использованием необходимых алгоритмов и законов управления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Брызгалова Д.А., Королев В.В., Филатов А.А. Система электроснабжения электромотоцикла. – Москва, МГТУ «МАМИ», 2010.
2. W.M. Carriere, W.F. Hamilton, and L.M. Morecraft. The Future Potential of Electric and Hybrid Vehicles, 1982.
3. Чиликин М.Г., Соколов М.М., Терехов В.М., Шинянский А.В. Основы автоматизированного электропривода. - М.: Энергия, 1974.

УДК 313.33.043.2.095.21

ДОСЛІДЖЕННЯ СПЕКТРАЛЬНОГО СОСТАВУ СТРУМІВ СТАТОРА ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ РЕСУРСУ І ПОШКОДЖЕНЬ АСИНХРОННОГО ДВИГУНА

В.М. Захарченко, д.т.н., професор
О.В. Глазсва, к.т.н., доцент
Ю.В. Панин, магістрант
Національний університет «Одеська морська академія»

Основним типом електродвигуна, який використовується в сучасних судових системах електроприводів є асинхронний двигун (АД) з короткозамкненим ротором.

Технологічні похибки при виготовленні двигуна, неправильні режими експлуатації або знос під час експлуатації АД призводять до відхилення їх експлуатаційних параметрів від номінальних значень.

Експлуатація електродвигунів, що перебувають у незадовільному технічному стані, призводить до:

- прямих фінансових втрат, які пов'язані з непрогнозованим виходом з ладу устаткування й викликаним цим порушеннями технологічного процесу;
- до значних непродуктивних витрат електроенергії, які обумовлені підвищеним електроспоживанням при тій же корисній потужності.

Статистичні дані показують, що найбільш поширеними видами ушкоджень АД є: – ушкодження обмотки статора, які в залежності від потужності і напруги АД складають від 60 до 71% від усіх ушкоджень АД; – ушкодження підшипникових вузлів від 15 до 20 %; – ушкодження обмотки ротора, що складає близько 5% від усіх ушкоджень АД.

Отже, ушкодження обмоток статора є такими, що найбільш частіше зустрічаються та важко піддаються виявленню. В умовах постійної роботи їхнє виникнення створює небезпеку вигорання фазних обмоток і зачіпання ротора за статор з дуже важкими наслідками для машини.

Таким чином, виникає необхідність діагностування стану двигунів в реальному часі, оскільки це дозволяє виявити несправності і визначити режим роботи двигуна під час його з експлуатації.

На разі використовують наступні методи діагностики АД [2], які засновано на:

1. аналізі вібрацій окремих елементів агрегату;
2. аналізі акустичних коливань, що створюються працюючою машиною;
3. вимірі та аналізі магнітного потоку у зазорі двигуна;
4. аналізі вторинних електромагнітних полів машини;
5. діагностиці стану ізоляції;
6. аналізі електричних параметрів машини;
7. вимірі і аналізі температури окремих елементів машини;
8. аналізі вмісту заліза в маслі при діагностуванні механічних вузлів.

Найбільш поширеними з них є методи, які засновано на вібродіагностиці та спектральному аналізі споживаних струмів статора [7]. Останній має перевагу з точки зору віддаленого моніторингу.

Аналіз споживаного струму надає можливість виявлені наступні ушкодження [11]:

- ушкодження електричної частини ротора: обриви і електрична асиметрія обмотки ротора;
- ушкодження електричної частини статора: обриви і електрична асиметрія силової обмотки;
- зміна форми повітряного зазору, включаючи статичні та динамічні ексцентриситети, з можливістю ідентифікації випадків;
- недопустимий знос підшипників;
- несправності джерел живлення, які викривлюють форму напруги живлення.

Об'єктом дослідження даної роботи є електромагнітні процеси в асинхронних двигунах при повнофазних та неповнофазних режимах роботи.

Предметом дослідження є спектральні характеристики струмів статора при різних режимах роботи АД.

В роботі поставлена задача з обґрунтування можливості використання осцилограм струмів статора та спектральних складових струму, як діагностичну ознаку при експериментальному дослідженні повнофазних та неповнофазних режимів роботи АД.

Фізичний принцип, який буде покладено в основу досліджень дипломної роботи полягає в тому, що будь-які обурення в електричній частині двигуна наводять до змін магнітного потоку в зазорі електричної машини і до модуляції споживаного електродвигуном струму.

Спектр-струмовий аналіз, при якому впродовж заданого інтервалу часу проводять реєстрацію у фазах струмів, споживаних електродвигуном, перетворюють отримані сигнали струмів з аналогової форми в цифрову, здійснюють їх статистичну обробку і порівнюють значення амплітуд спектрів на характерних частотах з рівнем сигналу на частоті живлячої мережі, має ряд переваг і найбільшою мірою відповідає критеріям точності, ефективності і простоти інструменту діагностики стану електродвигуна [6].

Таким чином, наявність в спектрі струму двигуна складових з характерними частотами певної величини свідчить про можливі ушкодження електричної частини електродвигуна.

У разі відсутності дефектів модель сигналу струму фази АД представляється у вигляді:

$$I = I_0 \cdot \sin \omega t .$$

При наявності дефектів змінюється амплітуда сигналу струму, що викликає його модуляцію:

$$I = I_0 \cdot (1 + f_m(t)) \sin \omega t ,$$

де $f_m(t)$ - моделююча функція, яка характеризує вклад дефекту в сигнал струму. В разі відсутності дефекту $f_m(t) = 0$.

Для вирішення поставленої задачі у роботі будуть використані методи натурального експерименту, проведено математичне моделювання у пакеті MATLAB для АД, який досліджується в повнофазному та в неповнофазному режимах роботи. Використовуючи методи розрахунку параметрів машин змінного струму, та фундаментальні положення теоретичних основ електротехніки, буде виконано розрахунок неповнофазних режимів роботи АД.

Враховуючи, що всі механічні дефекти та електричні характеристики обмоток впливають на форму сигналу струму статора і можуть бути зафіксовані шляхом зняття осцилограм струму, можна за допомогою їх спектрального аналізу визначити характерні частоти, які відповідають певним видам пошкоджень.

ЛІТЕРАТУРА

1. Цыганов И.А., Зиборов С.Р. Диагностика электродвигателей на основе спектрального анализа тока / 9-я Международная молодёжная научно-техническая конференция «Современные проблемы радиотехники и телекоммуникаций РТ-2013», Севастополь, 22 – 26 апреля 2013 г. – С.270.

2. Петухов В.С. Диагностика состояния электродвигателей на основе спектрального анализа потребляемого тока / В.С. Петухов, В.А. Соколов // Новости Электротехники. – 2005. – № 1 (31). – С. 23.

3. Вайнреб К. Диагностика неисправностей ротора асинхронного двигателя методом спектрального анализа токов статора / Вайнреб К. // Электричество. – 2012. – № 7. – С. 51–57.

4. Вольдек А.И. Электрические машины / А.И. Вольдек. – Л.: Энергия, 1978. – 832 с.

5. Ткаченко А.А., Науменко А.В. Исследование зависимости параметров тока потребления электродвигателя от его технического состояния /Материалы региональной научно-практической конференции «Наука, образование, бизнес», Омск – 2011.

6. Сидельников Л.Г., Афанасьев Д.О. Обзор методов контроля технического состояния асинхронных двигателей в процессе эксплуатации // Вестник ПНИПУ, Геология. Нефтегазовое и горное дело. 2013, № 7.

7. Федоров М.М., Ткаченко А.А. К вопросу построения систем диагностики неисправностей асинхронных электродвигателей // Электротехніка і електромеханіка, 2006, №2. – С.59 – 61.

УДК 629.5.064.5:621.355

ЛИТИЙ-ИОННЫЕ АККУМУЛЯТОРЫ В СУДОВОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ

О.В.Глазева, к.т.н., доцент

С.Ф.Самонов, к.т.н., доцент

В.Б. Власов, старший преподаватель

Национальный университет «Одесская морская академия»

Литий - ионные аккумуляторы, предложенные к производству еще в 1912 году прошли несколько ступеней внедрения в индустрии источников питания:

- мобильные телефоны, фотокамеры, ноутбуки в конце прошлого столетия;
- накопители энергии в гибридных автомобилях;
- военная, космическая и авиационная индустрия.

Ужесточение требований по охране окружающей среды: предстоящий переход на более дорогие сорта топлива с низким содержанием серы, уменьшение вредных выбросов в атмосферу, снижение шумовых характеристик судов в определенных районах плавания, выделение отдельных районов судоходства и портов, где исключается работа судовых дизелей, вызвало к необходимости поиска альтернативных источников энергии, отвечающих возросшим требованиям морского и экологического законодательства.

Это заставило критически переосмыслить опыт использования литий-ионных аккумуляторов и батарей в других отраслях индустрии, убедиться в безопасности их эксплуатации и совершенствовании технологии их изготовления и получить одобрения ведущих Классификационных обществ. Таким образом, литий-ионные аккумуляторные батареи все более широко внедряются в судовую энергетику в качестве накопителей энергии.

Важной особенностью современных батарейных систем является их возможность подзаряжаться от систем отбора тепла, регенерации от судовых кра-

нов в режимах торможения, от гребного вала, а также от возобновляемых источников энергии. Батарейные системы являются также необходимым компонентом в системах водородных топливных элементов.

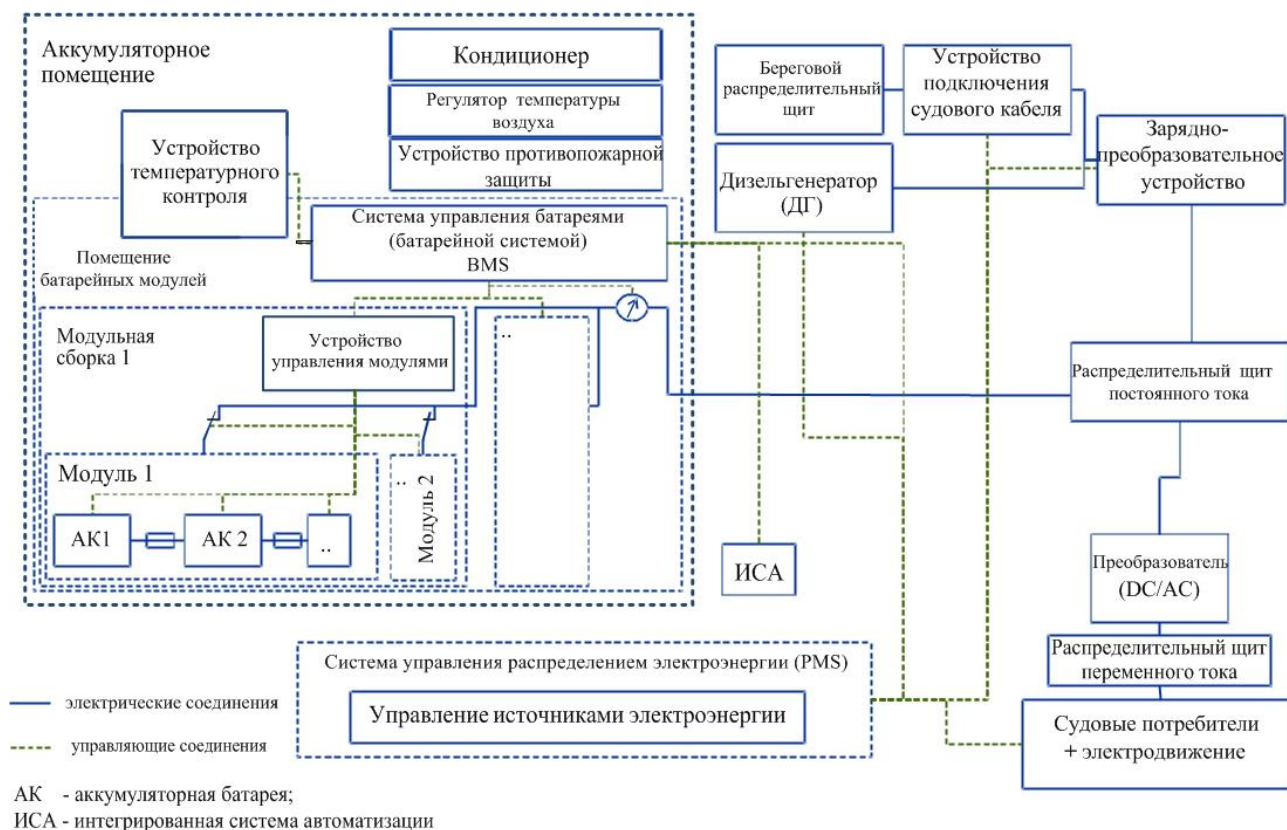


Рисунок 1 – Блок-диаграмма современных батарейных систем

Вариант современной литий-ионной батарейной системы, одобренный классификационным обществом DNV, применяемый в промышленности, проиллюстрирован на блок-диаграмме (рис.1). Здесь представлены также главные и вспомогательные компоненты современной судовой гибридной электропульсивной установки.

Рассмотрим основные компоненты батарейной системы.

Таблица 1 – Перечень основных компонентов и подсистем для судового батарейного питания.

Общие компоненты батарейных систем	Судно оборудованное только батарейным питанием	Судно с гибридной системой питания
<ul style="list-style-type: none"> Система управления батареями (BMS) Электрические соединения внутри батарейной системы Система управления распределением электроэнергии (PMS). Силовая электроника (зарядные устройства, преобразователи) Электрическая система распределения на судне. Распределитель 	<ul style="list-style-type: none"> Подключение к береговому питанию Подключение к береговой системе распределения Зарядно – преобразовательное устройство 	<ul style="list-style-type: none"> Дизельгенератор Подключение к береговому питанию Подключение к береговой системе распределения Зарядное устройство

льный щит. <ul style="list-style-type: none"> • Системы управления температурой • Помещение батарейных модулей • Система вентиляции батарейных помещений • Системы противопожарной защиты и пожаротушения в батарейных помещениях • Система электродвижения 		
---	--	--

Эксплуатационные режимы как судовой пропульсивной установки, так и батарейных систем различны (таблица 2). Примером типовых эксплуатационных нагрузок пропульсивной установки являются: динамическое позиционирование, проход с малой скоростью узкостей или мелководий, швартовные операции с резко отличающимися друг от друга нагрузками на силовую установку, ходовой режим, буксировка и др.

Таблица 2 – Эксплуатационные нагрузки батарейной системы и судна в целом.

Батарейная система	Система (ы) судна
<ul style="list-style-type: none"> • Контакторы отключено/включено в режиме проверки • Проверка отключения, мониторинг и ввод в действие (пуск) • Отключение, мониторинг, балансировка • Батарея в ждущем режиме • Заряд батареи • Разряд батареи 	<ul style="list-style-type: none"> • Ввод в действие (оживление судна) • Полное управление в режиме электрохода • Гибридное управление • Отключение систем для регламентного обслуживания • Пришвартовка - разряд • Пришвартовка - заряд • Режим ожидания • Перестой: межэксплуатационная стоянка судна

Для оценки характеристик батарейных систем можно выделить следующие ключевые параметры (таблица 3).

Прорыв в аккумуляторных технологиях дает все основания ожидать значительного сдвига во внедрении надежных чисто электрических и гибридных электрических системах морского применения. Наиболее привлекательным и целесообразным является использование таких систем на паромах, офшорных судах, танкерах-шаттлах, судах, на которых уже имеются штатные генераторы для электродвижения, буксирах, судах прибрежного плавания с большим диапазоном изменения нагрузок на силовую установку.

Рассмотрим структуры чисто электрических и гибридных пропульсивных систем. Основной принцип чисто электрической пропульсивной системы с аккумуляторной батареей (АБ) крайне прост: гребной электродвигатель приводится в действие от АБ, которая может подзаряжаться от береговой сети (при стоянке судна) или от судового возобновляемого источника электроэнергии (солнечных элементов или ветряных турбин) (рис.2).

Таблица 3 – Параметры для оценки характеристик батарейных систем

Общие параметры системы	Режим электрохода	Гибридная система: батарея / двигатель внутреннего сгорания
<ul style="list-style-type: none"> • Степень заряда • Диапазон напряжения • Тип электролита • Диапазон температур • Требования к мощности • Энергоемкость • Напряжение на распределительном щите постоянного тока • Рекомендуемые максимальные режимы заряда и разряда • Предполагаемый срок эксплуатации • Размер и вес батарейных систем • Система управления температурой: тип и емкость • Применение систем диагностики и параметры подлежащие диагностике. 	<ul style="list-style-type: none"> • Характеристики берегового питания • Ударный ток короткого замыкания автоматического выключателя 	<ul style="list-style-type: none"> • Характеристики берегового питания • Ударный ток короткого замыкания автоматического выключателя при полной нагрузке батареи • Типоразмер дизеля

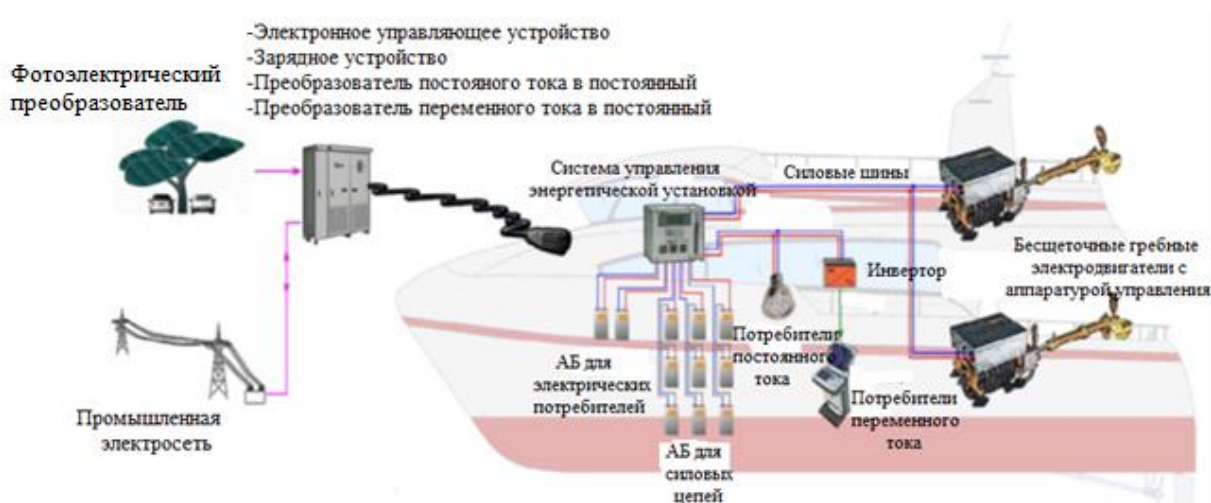


Рисунок 2 – Блок схема электрического пропульсивного комплекса, отвечающего современным экономическим стандартам

Электропропульсивные системы гибридного типа включают в себя двигатель внутреннего сгорания (ДВС), генератор, устройство накопления электрической энергии и гребной электродвигатель (ГЭД).

При значительных нагрузках движение судна обеспечивает ДВС, работающий при этом и на подзаряд батарейной системы, которая может обеспечивать электроснабжение на менее напряженных режимах нагрузки: электродвижение на малых скоростях, электрическое освещение, питание электронных устройств и других «отельных» потребителей.

Ниже приведены различные конфигурации гибридных систем.

Последовательная морская гибридная система (рис.3а): привод на винт обеспечивается ДВС в режимах его наибольших КПД. При остановленном по каким либо причинам ДВС привод на винт обеспечивается от АБ.

В последовательной гибридной системе электрический двигатель работает прямо на винт, получая электрическую энергию или от АБ или от генератора, приводимого в действие ДВС. Это позволяет обеспечить движение судна, даже если АБ разряжена.

Параллельная морская гибридная система (рис.3б) добавляет или отбирает мощность от гребного вала, обеспечивая работу ДВС с наибольшим КПД. При остановленном ДВС привод винта может осуществляться от АБ. Привод гребного винта может обеспечиваться как от ДВС, так и от ГЭД. Мотор/генератор может и приводить в движение гребной винт от АБ или используется для заряда АБ.

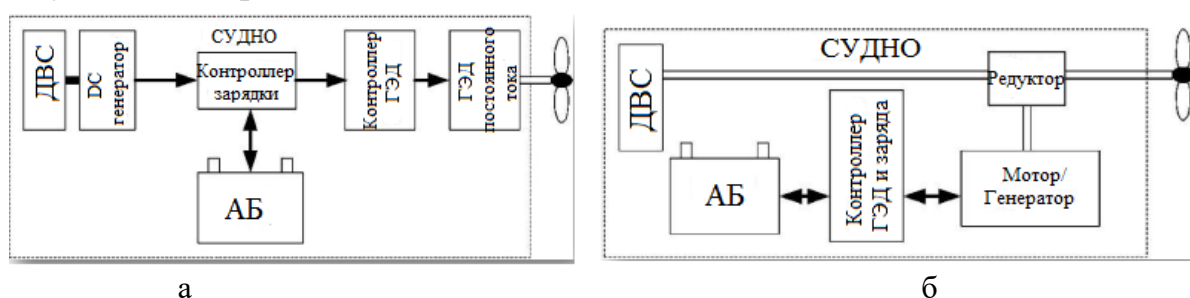


Рисунок 3 – Последовательная (а) и параллельная (б) гибридные системы

Применяется также третий вид системы – это комбинация последовательной и параллельных систем.

Обычно, при малых нагрузках, ДВС останавливают и судно обеспечивается электрической энергией от АБ, в том числе для привода гребного винта. АБ могут быть заряжены от берегового источника, возобновляемых источников энергии или от ДВС, вращающего гребной винт на ходу судна.

Таким образом, литий-ионные накопители электрической энергии уверенно становятся эффективной альтернативой традиционным источникам питания судовых энергетических систем. Успехи в батарейных инновациях приведут к дальнейшему внедрению электропропульсивных систем на морских судах.

ЛИТЕРАТУРА

1. DNV GL – 10/03/2014 No. 2013-1632, Rev. V1.0 – www.dnvgl.com.
2. Reprinted with Permission from the August 2015 edition of Maritime Reporter - www.marinelink.com.
3. Nova Scotia Boatbuilders Association Review of All-Electric and Hybrid-Electric Propulsion Technology for Small Vessels March 2015.
4. www.corvus-energy.com
5. Fundamental and application of Li-ion Batteries in Electric Drive, 2015.
6. Nanomaterials for Lithium-Ion Batteries: Fundamentals and Applications copyright © 2014, под редакцией Rachid Yazami.
7. Материалы международного специализированного журнала SAFT INTERNATIONAL MAGAZINE №№ 22,23.

СПОСОБИ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ В АВТОНОМНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМАХ

А.О.Дранкова, к.т.н., доцент

І.І.Красовський, магістр

Національний університет «Одеська морська академія»

Автономна енергетична система - це система, в якій потужність джерел електричної енергії близька до потужності споживачів електричної енергії, за відсутності підключення зовнішніх джерел електричної енергії [1]. Основною відмінною рисою автономних систем електропостачання є кінцева потужність джерела електричної енергії. При проектуванні потужність джерела зазвичай близька до сумарної потужності споживачів, яких воно живить. У зв'язку з цим, споживачі в саме таких системах мають істотний вплив на джерело електричної енергії та на інших споживачів електричної енергії, підключених до загальних шин. Джерелами електричної енергії в автономних енергетичних системах можуть бути: дизель-генератори, паро-турбогенератори, установки на паливних елементах, сонячні батареї, вітряні генератори та інше. Кожне з джерел має ряд характерних особливостей.

В роботі розглядається автономна енергетична система самовивантажуючого балкера дедвейтом 71900 тон. В якості джерела електричної енергії балкера виступає судновий дизель-генератор (ДГ). Конструктивно ДГ являє собою установку, що складається з дизельного двигуна і генератора. Дизель-електричні агрегати використовуються в складі суднової електростанції, яка крім дизель-генераторів містить щит розподілу енергії, пристрої автоматики та пульт управління. Суднова електростанція балкера складається з двох ДГ потужністю 1250 кВт і одного ДГ потужністю 938 кВт, а також вало-генератора потужністю 874 кВт і аварійного ДГ потужністю 175 кВт. Параметри напруги станції мають наступні номінали: напруга - 3300В, 440В, 220В, частота - 60 Гц.

В якості навантаження суднової електростанції використовується підрулюючий пристрій (ПП) потужністю 1500 кВт. Для пуску та нормальної роботи ПП, за функцією «Power Request» Power Management System, на шини ГРЩ потрібно підключення двох ДГ потужністю 1250 кВт. Для запобігання сплеску пускових токів система управління ПП виконана на базі високовольтного перетворювача частоти Altivar 1200 фірми Schneider Electric, якій має діапазон потужностей 315-16200 кВт [2].

Мета роботи полягає в підвищенні якості електричної енергії суднової електростанції самовивантажуючого балкера і забезпеченні електро-магнітної сумісності частотно-регульованого приводу підрулюючого пристрою та суднової електромережі.

Основні завдання дослідження полягають у наступному:

1. Огляд методів фільтрації в системі «Автономне джерело – частотний перетворювач – АД – навантаження»;
2. Побудова моделі автономного джерела електричної енергії балкера;
3. Побудова та дослідження моделі системи «Автономне джерело – частотний перетворювач – АД – навантаження»;
4. Розрахунок і підбір вхідних фільтрів;
5. Розрахунок і підбір вихідних фільтрів;
6. Розробка рекомендацій по синтезу активних фільтрів.

Для проведення досліджень пропонується наступна функціональна схема автономної енергетичної системи «Автономне джерело – частотний перетворювач – АД – навантаження», яка містить: ДГ - дизель-генератор, ГРЩ - головний розподільний щит, МД - мережевий дросель, ЕМС - фільтр електромагнітного спотворення, ПЧ - перетворювач частоти, ЗФ - згладжуючий фільтр, СФ - синусний фільтр, dU/dt - комутаційний фільтр, ВЧФ - високочастотний фільтр, АД - асинхронний двигун, М - механізм (рис.1).

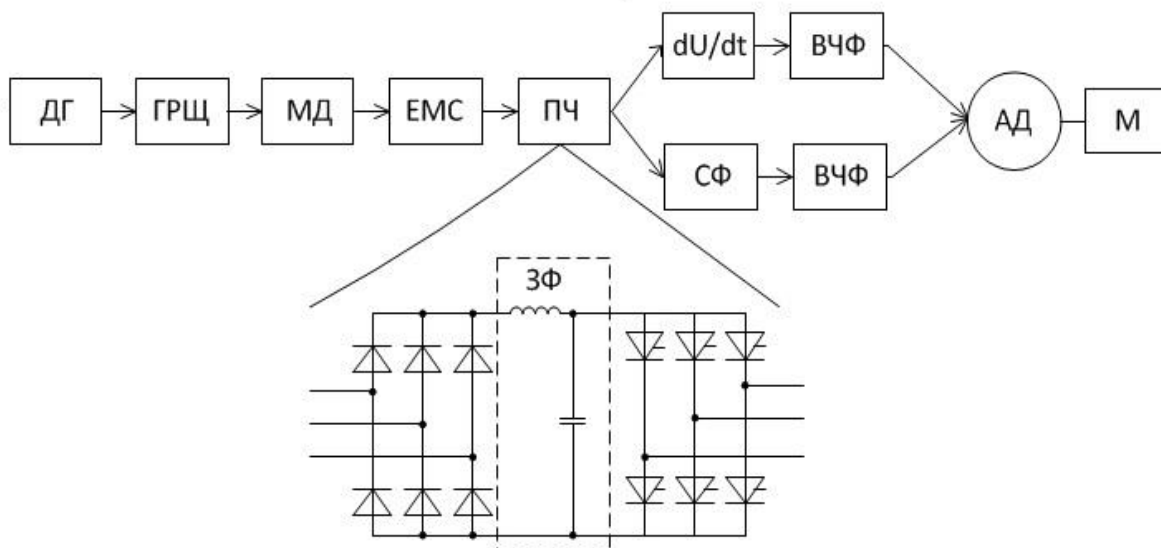


Рисунок 1 – Функціональна схема автономної енергетичної системи «Автономне джерело – частотний перетворювач – АД – навантаження»

Аналіз літературних джерел [3,4] показав, що через особливості конструкції ПЧ, його вихідна напруга і струм мають змінену, несинусоїдальну форму з великою кількістю гармонійних складових (перешкод). Некерований випрямляч ПЧ споживає нелінійний струм, що забруднює мережу електропостачання вищими гармоніками (5,7,11 гармоніка та далі). ШІМ-інвертор ПЧ генерує широкий спектр вищих гармонік з частотою 150кГц-30МГц. Живлення обмоток двигуна таким спотвореним несинусоїдальний струмом призводить до появи теплового і електричного пробую ізоляції обмоток двигуна, збільшення швидкості старіння ізоляції, збільшення рівня акустичних шумів працюючого двигуна, ерозії підшипників.

Для ослаблення негативного впливу гармонійних спотворень, що генеруються ПЧ в процесі роботи, на електричну мережу, електродвигун і власне сам перетворювач частоти застосовують різноманітні фільтри [5,6]. Фільтри можна

умовно розділити на вхідні і вихідні. Вхідні фільтри служать для придушення негативного впливу випрямляча і ШІМ-інвертора, а вихідні – для боротьби з перешкодами, створюваними ШІМ-інвертором ПЧ і зовнішніми джерелами перешкод. До вхідних фільтрів відносяться мережеві дроселі та фільтри ЕМС, до вихідних – фільтри dU/dt , синус фільтри, фільтри високочастотних синфазних перешкод.

Згідно з класифікацією групи фахівців фірми Schneider Electric [7], які займаються розробкою фільтрів вищих гармонік, є три типи фільтрів:

- резонансний шунт;
- демпфіруючий фільтр;
- активний фільтр.

На теперішній час, розрахунок та проектування резонансних шунтів та демпфіруючих фільтрів є практичною задачею, яка має інженерне рішення. Застосуванням та розробкою активних фільтрів займається група фахівців фірми Schneider Electric з 1970 року. Сумісне використання пасивних фільтрів та активного фільтра вищих гармонік, в літературних джерелах визначено, як гібридні фільтри [8,9]. Приклад застосування гібридного фільтра наведено на рис.2 .

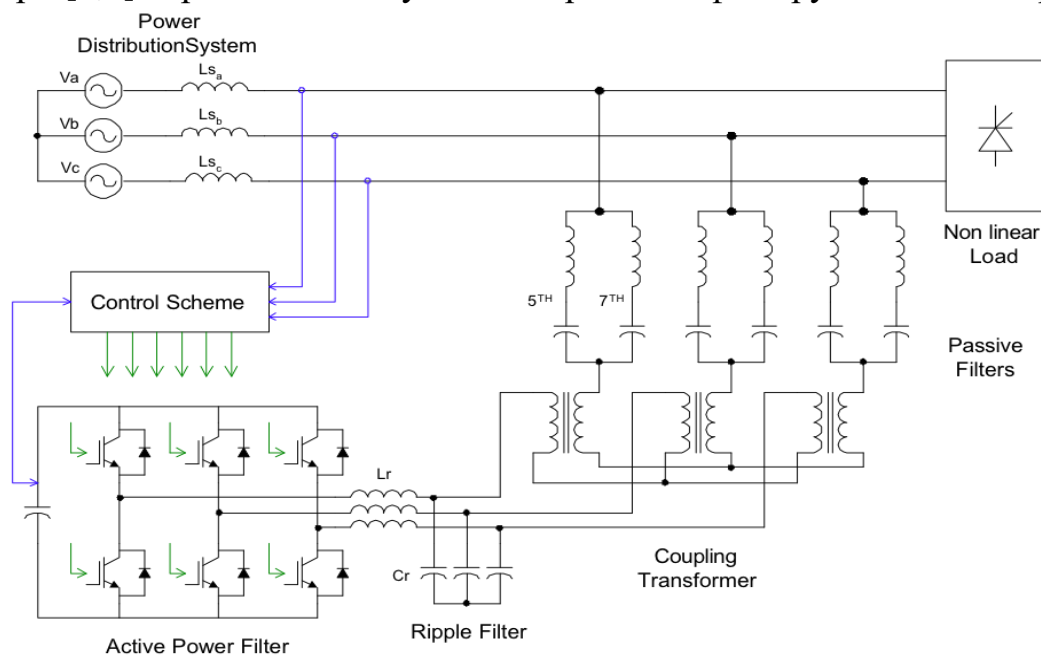


Рисунок 2 – Гібридний фільтр вищих гармонік

Сучасна елементна база фірми Schneider Electric дозволяє належним чином укомплектувати автономну енергетичну систему «Автономне джерело – частотний перетворювач – АД – навантаження» фільтруючими пристроями для забезпечення високих показників якості електричної енергії. Наукове завдання полягає в удосконаленні системи управління активними фільтрами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абрамович, Б.Н. Электроснабжение нефтегазовых предприятий: Учебное пособие /Б.Н. Абрамович, Ю.А. Сычев, Д.А. Устинов // Санкт-Петербургский государственный горный институт. СПб. – 2008. – 81с.

2. Преобразователь частоты Altivar 1200: Каталог/ Schneider Electric. – 2015. – 56с.
3. Терехов В. М. Системы управления электроприводов: учебник для студ. Высш. учеб. заведений / В. М. Терехов, О. И. Осипов; под ред. В. М. Терехова. – 3-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 304 с.
4. Ключев В.И. Теория электропривода Учеб. Для вузов. 2-е изд. Перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат. – 2001. – 560 с.
5. Арриллага Дж.и др. Гармоники в электрических системах: Пер. с англ./ Дж. Арриллага, Д. Брэдли, П.Боджер. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 320 с.: ил.
6. Engin Özdemir, Member, IEEE, Murat Kale, Şule Özdemir “Active Power Filter for Power Compensation Under Non-Ideal Mains Voltages // Kocaeli University Research Fund. – 2001. – P.1– 6.
7. К. Колломбет, Ж. М. Люпен, Ж. Шонек. Гармонические искажения в электрических сетях и их снижение: ил. Библиотека электрика (публикации компании “Шнейдер Электрик”), выпуск 10. – Киев, 2009. – 37 с.
8. Akagi,H., Kanazawa,Y., and Nabae,A., “Instantaneous reactive power compensators comprising switching devices without energy storage components.//IEEE Transactions on Industrial Applications. – 1984. – Vol.20. – pp. 625-630.
9. Singh, B., Haddad K., Chandra, A., “A New Control Approach to Three- Phase Active Filter for Harmonics and Reactive Power Compensation //IEEE Trans. on Power Systems – 1998. – Vol.13. – No.1. – pp. 133-138.

УДК 629.546.064.5 – 052

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНЕ УПРАВЛІННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ ПІДРУЛЮЮЧОГО ПРИСТРОЮ САМОВИВАНТАЖУЮЧОГО БАЛКЕРА ДЕДВЕЙТОМ 72000 ТОН

М.Й. Муха, к.т.н., доцент
А.В.Рябошапко, магістр
Національний університет «Одеська морська академія»

Енергозбереження, в останній час, є одним з основних напрямків технічної політики в усіх розвинених країнах світу, поряд з інформатизацією і комп'ютеризацією виробництва в різноманітних галузях. Це пов'язано, по-перше, з обмеженістю та не відновлюваністю всіх основних енергоресурсів, по-друге, з безупинно зростаючою складністю їх видобутку, і відповідно, вартістю, по-третє, з глобальними екологічними проблемами. Аналіз структури енерготрат у сфері виробництва, розподілу та споживання електроенергії показує, що визначальна частка (до 90%), припадає на сферу енергоспоживання, тоді як втрати на передачу електроенергії становлять лише 9 ... 10% (у США – 7 ... 8%, у Японії - 4 ... 5 %) [1].

Як відомо, основним споживачем електроенергії є потужний електропривод (більше 60%), і саме на удосконалення його проектування та експлуатації звернена головна увага світових технічних фахівців, що працюють у сфері енергозбереження. Ціна електроенергії, споживаної щорічно середнім двигуном в промисловості, в 5 разів перевершує ціну двигуна. Очевидно, що за час служби

двигуна, а це приблизно 10 ... 20 років, енергетична складова в десятки разів перевищить складову, пов'язану з капітальними витратами, у зв'язку з чим питання підвищення енергоефективності електроприводів є особливо важливим та актуальним.

Мета роботи полягає в реалізації функції енергозбереження електроприводу підрулюючого пристрою методами частотного управління.

Основні завдання дослідження полягають в наступному:

1. Огляд методів та засобів енергозбереження засобами автоматизованого електропривода;
2. Розробка математичної моделі об'єкта управління для дослідження режимів роботи підрулюючого пристрою і визначення його динамічних властивостей;
3. Розробка критерію енергоефективності електроприводу підрулюючого пристрою;
4. Синтез системи управління електроприводу з урахуванням обраного критерію.
5. Аналіз законів управління електроприводу підрулюючого пристрою.

Технічним об'єктом для дослідження в даній роботі вибрано підрулюючий пристрій на базі асинхронного двигуна (АД) з частотним управлінням, який розташований у носовій частині судна. Структурна схема ГРЩ балкера «CSL TECUMSEN» дедвейтом 72000 тон наведена на рис. 1.

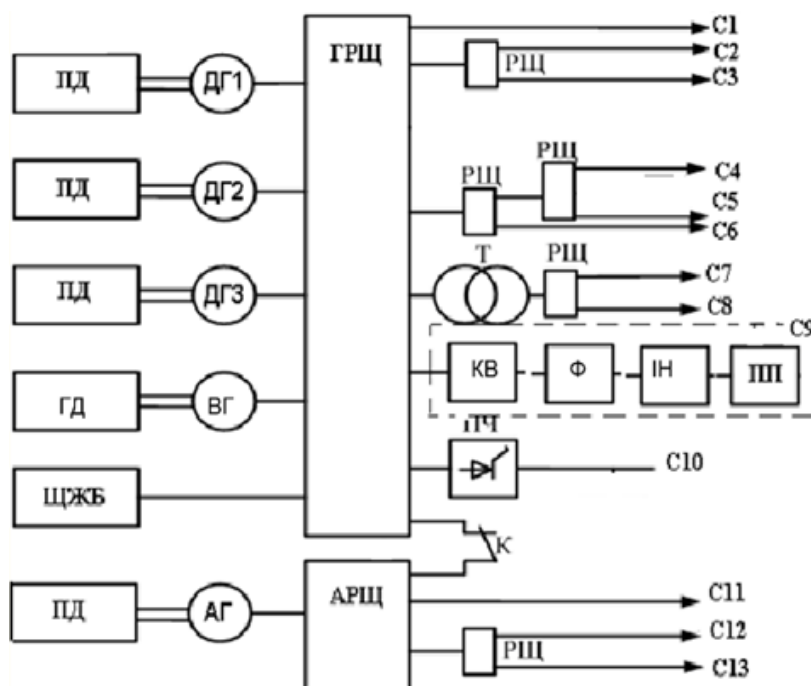


Рисунок 1 – Структурна схема ГРЩ балкера дедвейтом 72000

ДГ1-ДГ3–дизель-генератори; ЩЖБ–щит живлення з берега; ГД–головний двигун; ПД–приводний двигун; К–силовий контактор; АГ–аварійний генератор; ВГ–валогенератор; КВ–керований випрямляч; Ф–фільтр; ІН–інвертор напруги; ПП–підрулюючий пристрій; ПЧ–перетворювач частоти; С1-С13–споживачі.

Експлуатація електроприводів змінного струму, як малої так і великої потужностей, супроводжується споживанням реактивної енергії і характеризу-

ється коефіцієнтом потужності. Циркуляція реактивної потужності між системою електропостачання і електроприводом супроводжується втратами потужності. У зв'язку з цим ефективна компенсація реактивної потужності визначає одну з можливостей енергозбереження [1]. Значний ефект енергозбереження дає використання високовольтного перетворювача частоти, наприклад фірми Schneider Electric ALTIVAR 1200, який реалізує метод прямого керування моментом [2]. За інформацією фірми виробника [3], привід відпрацьовує 100% стрибок завдання моменту за 1-2мс, а також забезпечує точність підтримки швидкості на рівні 10% ковзання АД без використання датчика швидкості і 0,01% - з використанням датчика швидкості.

В роботі пропонується побудова механічної характеристики потужного АД (1500 кВт) з гвинтовим навантаженням з урахуванням експлуатаційних характеристик судна. На рис.2 показана різниця механічних характеристик АД різної потужності [4].

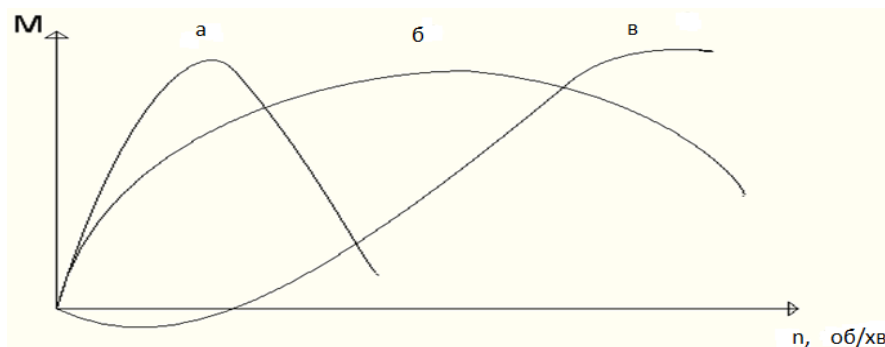


Рисунок 2 – Механічні характеристики АД: а) – слабо потужного; б) – потужного; в) – потужного з гвинтовим навантаженням.

Алгоритм розрахунку механічної характеристики потужного АД з гвинтовим навантаженням полягає у наступному:

1. Задаємося параметрами гвинта: числом обертів - n , діаметром - D , кроком - H та швидкістю судна v .

2. Знаходимо крокове відношення: $\frac{H}{D}$ і відносне зміщення $\lambda = \frac{v}{D \cdot n}$.

3. Використовуємо криві Папмелю для розрахунку коефіцієнтів:

$K_1 = f(H/D, \lambda)$ – коефіцієнт упору гвинта;

$K_2 = f(H/D, \lambda)$ – коефіцієнт моменту.

4. Знаходимо упор гвинта:

$$P = K_1 \cdot \rho \cdot n^2 \cdot D^4.$$

5. Знаходимо момент опору гвинта:

$$M_p = K_2 \cdot \rho \cdot n^2 \cdot D^5,$$

де ρ - щільність води.

6. Будуємо залежності: $K_1, K_2 = f(\lambda)$.

Побудова механічної характеристики для судна конкретного типу та урахування району його плавання дасть змогу уточнення математичної моделі системи управління електроприводу підрулюючого пристрою, що в свою чергу дозволяє оптимізувати процеси компенсації реактивної потужності.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ильинский Н.Ф., Москаленко В.В. Электропривод энерго- и ресурсосбережение электропитания // учеб. Пособие для студ. Высш. Учеб. заведений – М.: Издательский центр "Академия". – 2008. – 208с.
2. Ключев В.И. Теория электропривода Учеб. Для вузов. 2-е изд. Перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат. – 2001. – 560 с.
3. Преобразователь частоты Altivar 1200: Каталог/ Schneider Electric. – 2015. – 56с.
4. Козярук А.Е., Рудаков В.В. Современное и перспективное алгоритмическое обеспечение частотно-регулируемых электроприводов – М.: Санкт-Петербургская Электротехническая компания. – 2004. – 127с.

УДК 621.3.013/025/067

МАГНИТНАЯ ЛЕВИТАЦИЯ В ЭЛЕКТРОПРИВОДАХ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА.

П.И. Полищук, к.т.н., доцент
Национальный университет «Одесская морская академия»

Одно из активно разрабатываемых исследований учёных, является бесконтактное преодоление силы притяжения, то есть левитации. Проведение и изучение исследований магнитной левитации открывает новые и широко использованные перспективы для развития технологий. Большой прогресс в исследовании и применении магнитной левитации получен компаниями Эмсланд (Германия), М-Bahn в Берлине (Германия), Бирмингем (Великобритания), СССР, Шанхай (Китай), Япония, Южная Корея.

Магнитная левитация – технология, метод подъёма объекта с помощью одного только магнитного поля.

Магнитное поле способно притягивать или отталкивать магнитные материалы и системы друг от друга с силой, зависящей от магнитного поля и поверхности магнита. Из этого следует сделать вывод о возникновении магнитного давления.

Магнитное давление магнитного поля подсчитывается по формуле:

$$P_{mag} = \frac{B^2}{2\mu_0} :$$

где P_{mag} - сила на единицу площади (в Паскалях Па);

B - магнитное поле над сверхпроводником (в Теслах Т);

$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ N} \cdot \text{A}^{-2}$ - магнитная проницаемость вакуума.

Имеется два основных типа магнитной левитации. К первому типу относятся электромагнитные системы (EMS), ко второму – электродинамические системы (EDS).

В электромагнитных системах сила притяжения генерируется между нормальным электромагнитом и ферромагнитным проводником, а в электро-

динамических системах левитация основана на возникновении в проводящих материалах вихревых токов.

В электроприводах переменного тока магнитная левитация – это способ транспортировки, который подвешивает, направляет и приводит в движение систему электропривода.

Элементы опоры осей, валов и других деталей, работающих на принципе магнитной левитации называются магнитными подшипниками. В результате, опора является механически бесконтактной.

Магнитные подшипники работают без смазки и с очень низким уровнем трения на данном этапе являются и магнитной подвеской.

На данный момент существует три основных технологии магнитного подвеса электропривода:

1. На сверхпроводящих магнитах (электродинамическая подвеска, EDS);
2. На электромагнитах (электромагнитная подвеска, EMS);
3. На постоянных магнитах.

На рисунке 1 приведён электромагнитный подвес электропривода и показаны основные технологии.

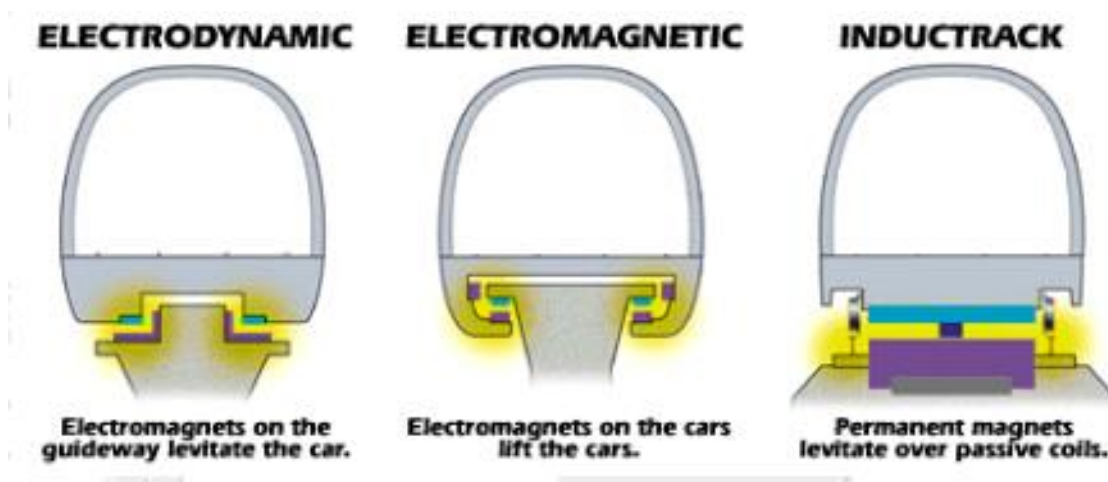


Рисунок 1 – Электромагнитный подвес электропривода

Электродвигатель (линейный двигатель) у которого один из элементов магнитной системы разомкнут и имеет развёрнутую обмотку, создающую бегущее магнитное поле, а другой выполнен в виде направляющей, обеспечивающей линейное перемещение подвижной части двигателя.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ebbing p., Ford J. Magnetic semiconductor wafers with handling apparatus and method. US Pat. No 5, 224, 581 (1993).
2. Milltr K. C. Wafep transport devise US Pat. No 5, 417, 537 (1995).

АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА.

П. И. Полищук, к.т.н., доцент
Национальный университет «Одесская морская академия»

В Украине за последние пять лет общее потребление электрической энергии выросло примерно на 10%, в том числе в промышленном секторе – на 14,5%.

В тоже время производство электроэнергии в стране за это время выросло лишь на 7% .

Такое «недопроизводство» электрической энергии в функции потребляемых объемов, неминуемо повлечет за собой проявление слагаемых элементов энергетического кризиса как по стране, в общем, так и в промышленности в частности.

Недопущение или упреждение факта наступления выше описанной ситуации и, таким образом, разрешение архиважной для страны проблемы возможно следующим:

- наращиванием источников производства электрической энергии, что весьма проблематично и имеет субъективно ограниченные возможности;
- снижением непроизводительных потерь электрической энергии в процессе ее потребления.

Важность и необходимость разрешения данной ситуации отражена в ряде государственных актов и других законодательных документах.

Так, энергетическая стратегия Украины предполагает снижение одной из самых высоких на сегодня в мире энергоемкости ВВП страны к 2030 году в 2,2 раза за счет структурного и технологического энергосбережения.

Ведущая роль в этом отводится созданию и внедрению в практику работы предприятий и организаций всех отраслей промышленности, транспорта, городского и сельского хозяйства, электрооборудования оснащенного силовой электроникой, что является одним из важнейших и перспективнейших направлений современной электротехники и, что решает практически все аспекты проблемы целенаправленного производства, преобразования, транспортирования и потребления электрической энергии, путем создания комплексности энергосберегающих технологий.

В настоящее время в электроприводах с АД в качестве регулируемого источника питания массово используются инверторы напряжения по причине их большой технологичности.

Принципиальная схема входной части необратимой системы преобразования электропривода приведена на рис.1. а, б, в упрощенном виде.

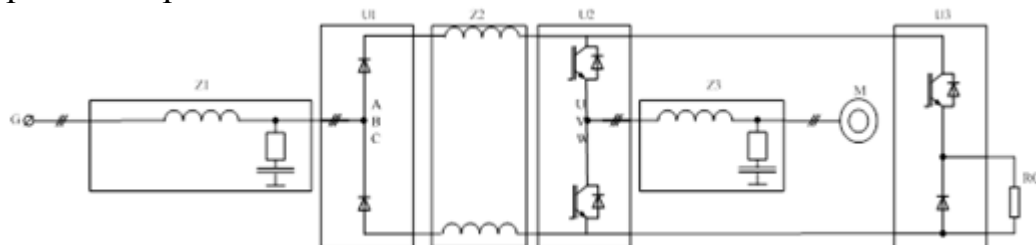
Входной фильтр ZI может быть выполнен по Г-образной или Т-образной схеме, в любом случае в каждой фазе подразумевается индуктивность L_I , включающая также в себя индуктивность выведенную из цепи постоянного тока. При этом:

$$L_{\Sigma} = L_G + L_I .$$

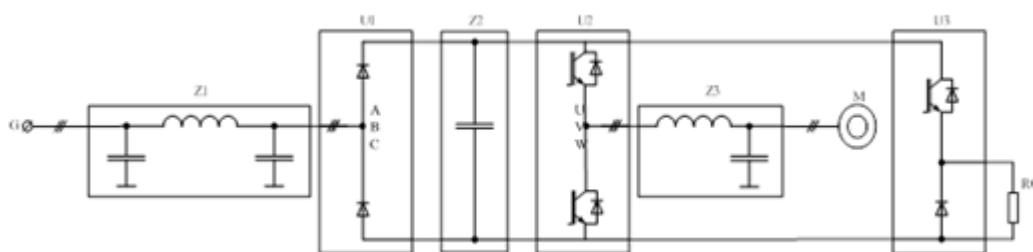
Промежуточный фильтр представлен чисто емкостным, причем емкость C_1 включает в себя емкость фильтра $Z1$ выведенную в цепь постоянного тока.

Особенностью рассматриваемой схемы и коммутационных процессов в ней, отличающей ее от общепринятой схемы с большой индуктивностью сглаживающего дросселя на выходе выпрямителя, является наличие чисто емкостного фильтра в промежуточной цепи постоянного тока преобразователя.

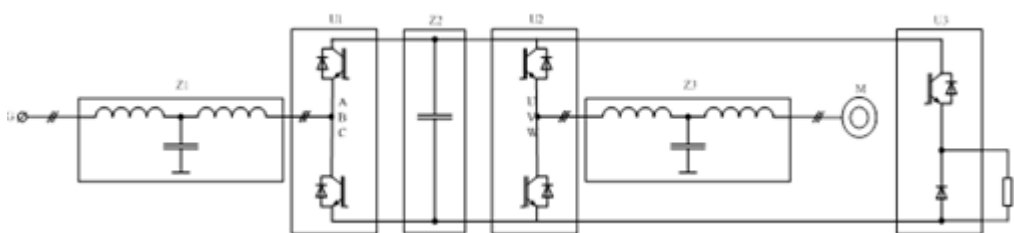
На рисунке 1. в, приведена симметрированная структура обратимого электропривода переменного тока.



а) традиционная структура ЭП фирмы (EATEL).



б) несимметрированная структура ЭП.



в) симметрированная структура ЭП.

Рисунок 1 – Архитектуры системы преобразования электрической энергии в электроприводах переменного тока.

Анализируемая структура ЭП базируется на обратимом IGB-транзисторном выпрямителе и IGB-транзисторном инверторе, которые образуют собственно преобразователь частоты, тормозном чоппере $U2$, электрических фильтрах Z и асинхронном двигателе M .

Выходное напряжение преобразователя формируется путем ШИМ питающего напряжения, осуществляемой IGB-транзисторами инвертора по синусоидальному закону.

ЭП позволяет реализовать двигательный и генераторный режимы асинхронной машины M . Генераторный режим используют для ускоренного торможения рабочего механизма. Данная электромеханическая система может реализовать любой вид торможения: резисторное, рекуперативное, динамическое и смешенное.

ЛИТЕРАТУРА

1. Барский В.А. и др. Создание серии IGBT преобразователей частоты для регулируемых асинхронных электроприводов // Электротехника. – 1999. – №7. с. 38-41.
2. Герман – Галкин С.Г. Широтно-импульсные преобразователи. – Л.: Энергия, 1979. – 96с.
3. Перельмуттер В.М. Прямое управление моментом и током двигателей переменного тока. Х.: Основа, 2004. – 210с.

УДК 629.5.065

СИСТЕМА СОГЛАСОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДАМИ ПАЛУБНОГО КРАНА

В.В.Бушер, д-р техн. наук,
М.А.Старенков, студент

Национальный университет «Одесская морская академия»

Значительную часть погрузочно-разгрузочных работ на судне выполняют палубные краны, включающие в себя механизм поворота стрелы, механизм изменения радиуса за счет передвижения тележки или подъема стрелы и механизм подъема груза. При большой длине каната с подвешенным грузом эти механизмы характеризуются относительно продолжительными переходными процессами из-за колебаний груза [1-3]. Учитывая, что операции перемещения занимают значительную часть времени перегрузки, то демпфирование колебаний груза является важной задачей. Успешное решение этой задачи требует применения таких законов управления, которые допускают одновременную работу нескольких механизмов (горизонтального перемещения и подъема груза), а также наименее чувствительны к ошибкам измерения параметров груза и воздействию случайных возмущений [4,5].

Одним из известных способов устранения колебаний при линейном движении является управление скоростью точки подвеса груза по определенному закону, что позволяет исключить влияние на поведение груза соотношения масс подвижной части крана и груза [6-9]. Этот способ основан на изменении угла α в течение трех временных интервалов по закону, описываемому непрерывной периодической функцией, характеризующейся нулевыми начальными и конечными условиями, включая и первую производную:

$$\alpha = \begin{cases} \alpha_m \left(1 - \cos \left(\frac{t}{T_G} \right) \right) \forall t \leq t_1, \\ 2\alpha_m \forall t_1 < t \leq t_1 + t_2, \\ \alpha_m \left(1 - \cos \left(\frac{t-t_2}{T_G} \right) \right) \forall t_1 + t_2 < t \leq 2t_1 + t_2, \end{cases} \quad (3)$$

$$\frac{d(\alpha)}{dt} = \begin{cases} \frac{1}{T_G} \sin\left(\frac{t}{T_G}\right) \forall t \leq t_1, \\ 0 \forall t_1 < t \leq t_1 + t_2, \\ \frac{1}{T_G} \sin\left(\frac{t-t_2}{T_G}\right) \forall t_1 + t_2 < t \leq 2t_1 + t_2, \end{cases} \quad (4)$$

где α_m – половина угла максимального отклонения каната от вертикали, $T_G \geq \sqrt{\frac{Lm_1}{2g(m_1 + m_2)}}$ – постоянная времени, обратная заданной угловой частоте колебаний груза, $t_1 = \pi T_G$ – длительность первого и третьего интервалов, $t_2 = \frac{V_E - V_0}{2a} - \pi T_G$ – длительность второго интервала, полученная, исходя из максимально допустимых усилий, развиваемых приводом перемещения F_{\max} , $a = \alpha_m g = \frac{F_{\max}}{2(m_1 + m_2)}$ – линейная составляющая ускорения на первом и третьем интервалах, m_1, m_2 – массы механизма и груза, V_E, V_0 – заданные конечная и начальная скорости механизма, L – длина подвеса.

Тогда ускорение груза при малых углах отклонения ($\sin \alpha \approx \alpha, \cos \alpha \approx 1$) составит $a_2 = g \sin \alpha \approx g \alpha$, скорость груза от начального значения V_0 к конечному V_E будет изменяться по закону:

$$V_2 = \begin{cases} V_0 + at - aT_G \sin\left(\frac{t}{T_G}\right) \forall t \leq t_1, \\ V_0 - at_1 + 2at \forall t_1 < t \leq t_1 + t_2, \\ V_0 + a(t + t_2) - aT_G \sin\left(\frac{t-t_2}{T_G}\right) \forall t_1 + t_2 < t \leq 2t_1 + t_2. \end{cases} \quad (5)$$

Учитывая, что $\alpha = \frac{s_1 - s_2}{l}$, для получения требуемого закона изменения $\alpha(t)$ скорость точки подвеса в общем случае должна удовлетворять условию:

$$V_1 = \frac{ds_1}{dt} = \frac{ds_2}{dt} + \frac{d(\alpha L)}{dt} = V_2 + \alpha \frac{d(L)}{dt} + \frac{d(\alpha)}{dt} L, \quad (6)$$

где $\frac{d(L)}{dt} = v_L$ – скорость подъема/спуска груза.

Этот закон управления скоростью точки подвеса обладает возможностью совмещения операций горизонтального перемещения и подъема груза, не требует точного измерения массы груза, величина T_G может быть выбрана, исходя из некоторых предельных (паспортных) значений.

Цель исследования – разработка метода управления электроприводами всех технологических механизмов палубного крана, обеспечивающего демпфирование колебаний подвешенного груза при совмещении операций поворота, изменения радиуса и подъема груза.

Во вращающейся системе координат на груз действует центробежная сила, создающая дополнительное ускорение:

$$a_{2yc} = \omega_2^2 R_2. \quad (7)$$

А при одновременном движении груза в радиальном направлении и вращении возникает кориолисово ускорение:

$$a_{2xc} = 2\omega_2 v_{2y}. \quad (8)$$

В итоге модель поведения подвешенного груза описывается системой дифференциальных и алгебраических уравнений:

$$\begin{aligned} \frac{d\varphi_1}{dt} &= \omega_1(t), \\ \varepsilon_2 &= \frac{g \sin(\alpha_x) + a_{2xc} + a_{2Fx}}{R_2}, \quad \frac{d\omega_2}{dt} = \varepsilon_2, \quad \frac{d\varphi_2}{dt} = \omega_2, \\ \alpha_x &= \frac{\omega_1 - \omega_2}{L} R_2, \quad \Delta v_x = (\omega_1 - \omega_2) R_2, \quad \Delta x = (\varphi_1 - \varphi_2) R_2, \\ \frac{dR_1}{dt} &= v_{1y}(t), \\ a_{2y} &= g \sin(\alpha_y) + a_{2yc} + a_{2Fy}, \quad \frac{dv_{2y}}{dt} = a_{2y}, \quad \frac{dR_2}{dt} = v_{2y}, \\ \alpha_y &= \frac{R_1 - R_2}{L}, \quad \Delta v_y = v_{1y} - v_{2y}, \quad \Delta y = R_1 - R_2. \end{aligned} \quad (9)$$

Использование этой модели позволяет модифицировать метод демпфирования колебаний подвешенного груза так, что становится возможным одновременное перемещение груза по трем координатам – поворот стрелы, изменение радиуса и спуск/подъем груза. На рис. 1 в 3D проекции показан пример поведения башенного крана при одновременном повороте стрелы против часовой стрелки, уменьшении радиуса и спуске груза. На рис. 2 показаны соответствующие этому случаю законы изменения скоростей механизмов и отклонения груза от вертикали. В результате отклонение груза от вертикали по окончании переходных процессов отсутствует.

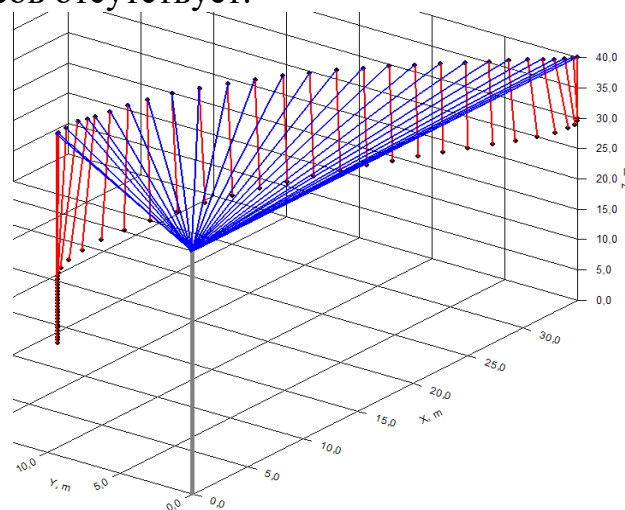


Рисунок 1 – 3D проекция перемещения точки подвеса и груза палубного крана при одновременном повороте, уменьшении радиуса и спуске груза

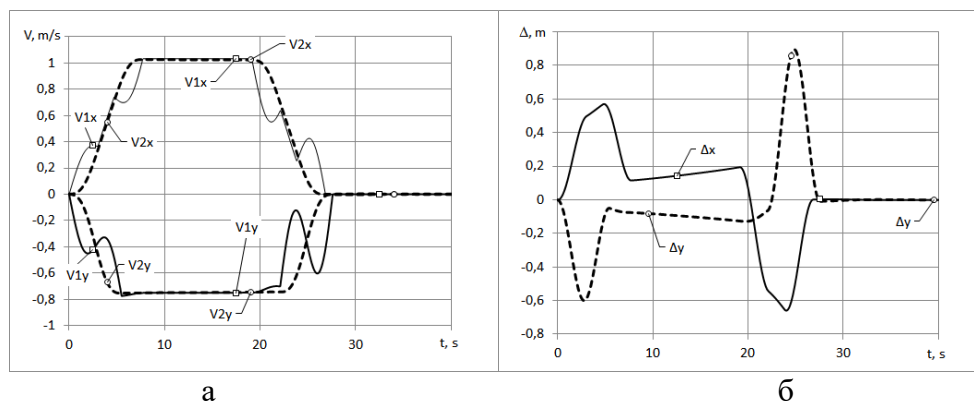


Рисунок 2 – Графики переходных процессов при повороте стрелы, уменьшении радиуса поворота и спуске груза: а) графики изменения линейных скоростей груза и точки подвеса; б) графики отклонения груза от положения равновесия

Видно, что по окончании переходного процесса колебания груза отсутствуют, координаты груза соответствуют заданным. Важно отметить, что скорости всех механизмов изменяются по непрерывным функциям и не выходят за технологически допустимые рамки.

Выводы:

1. Разработана динамическая модель палубного крана с учетом взаимодействия механизмов поворота стрелы, изменения радиуса поворота и подъема груза.
2. Сочетание предложенной модели и метода демпфирования колебаний подвешенного груза, основанного на управлении скоростью точки подвеса и формировании угла отклонения каната от вертикали, позволяет устранить раскачивание груза и обеспечить позиционирование груза в заданной точке при совмещении всех технологических перемещений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Герасимьяк Р. П. Электроприводы и системы управления крановых механизмов : уч. пособие. / Р. П. Герасимьяк, В. В. Бушер, А. Г. Калинин. – Одесса. Наука и Техника, 2014. – 202 с.
2. Ilharfi A. Control Design of an Overhead crane System from the Perspective of Stabilizing Undesired Oscillations, (2011), *IMA Journal of Mathematical Control and Information Publ.*, 28, – pp. 267 – 278.
3. Recktenwald A. Aktiver Schwingungsdämpfer für Krane (2011), *19. Internationale Kranfachtagung* – Mageburg, Germany, pp. 142 – 146.
4. Герасимьяк Р. П. Математическая модель электромеханической системы механизма передвижения крана с подвешенным грузом при оптимальном управлении / Р. П. Герасимьяк, В. В. Бушер, Л. В. Мельникова // Вестник Херсонского государственного технического университета. – Херсон : ХГТУ.– 2000. — Вып. 2(8).– С. 74 – 76.
5. Gerasymiak R. P, and Melnikova L. V., Shestaka A. I., (2005), Optimal Control of Electric Drive Rotational Mechanisms Accounting for the Mechanical Components, *5-th Conf. on Technology and Automation 2005*, Thessaloniki, pp. 264 – 266.
6. Герасимьяк Р. П. Анализ и синтез крановых электромеханических систем / Р. П. Герасимьяк, В. А. Лещев. – Одесса : СМІЛ, 2008. – 192 с.
7. Бушер В. В. Анализ и сравнение различных способов демпфирования колебаний подвешенного на канате груза [Текст] / В. В. Бушер, Л. В. Мельникова // Проблемы создания

новых машин и технологий. Научные труды КГПИ. – Кременчуг : – 2000. – КГПИ. – Вып. 1 / 2000 (8). – С. 236 – 240.

8. Kurt Reinschke, (2005), *Lineare Regelungs- und Steuerungstheorie*, Dresden, Springer, 450 p.

9. Thomsen S., Fuchs F.W., (2009), *Speed Control of Tensional Drive Systems with Backlash*, *13th European conference on power electronics and application*, pp. 1 – 10.

УДК 629.5.064.5-048.34

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ СУДОВОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ

В.А. Шевченко к.т.н

Б.О.Печевистый, курсант

Национальный университет «Одесская морская академия»

На современных специализированных и пассажирских судах с целью обеспечения надежности электрического снабжения и по критериям экономичности используются многоагрегатные электрические станции. Так, например, на пассажирских судах с электродвижением электрическая станция состоит не менее, чем из шести генераторных агрегатов (ГА). Поэтому решение задач, связанных с управлением судовыми электрическими станциями при изменении нагрузки и технического состояния агрегатов, является важным .

Надежность работы судовой электрической станции (СЭС) определяется надежностью работы ее силовой части и системы управления. В свою очередь, надежность работы системы управления СЭС определяется надежностью аппаратной части и программного обеспечения. Совершенствование и той и другой части требует от разработчиков постоянного внимания . Современные технологии обеспечивают высокую надежность аппаратной части, выпускаемой в виде контроллеров, предназначенных для работы в различных условиях окружающей среды и устойчивых к влиянию вредных технологических процессов. Кроме того, аппаратная часть является «видимой» и доступной, как для разработчиков, так и для эксплуатационников, в то время как программная остается «невидимой» и, в большинстве случаев, недоступной в силу ее защищенности конкретными производителями. В этой связи разработку программного обеспечения для каждого отдельного объекта, ввиду отсутствия программного аналога, приходится начинать при «нулевых условиях», с поиском эффективных методов верификации задач и синтеза функциональных алгоритмов.

Задачей данной работы является разработка способа верификации функциональных алгоритмов системы управления многоагрегатной судовой электрической станцией с целью обеспечения бесперебойного электроснабжения и повышения экономичности ее работы. Верификация состоит из трех этапов: построение графа состояний; описание при помощи переключательных функций

состояний системы и условий переходов между ними; синтез логических схем алгоритмов работы системы управления СЭС.

Сочетание графа-автомата и ЛСА является функционально полным набором верификации для программиста, достаточный для разработки программного обеспечения с учетом спецификации аппаратной части.

ЛИТЕРАТУРА

1. Головки С. В. Моделирование автоматической системы управления судовой электростанции с учетом состояния оборудования / С. В. Головки // Вестник Астраханского государственного технического университета: научн. журнал. – Вып. 3 – Астрахань, 2014. – С. 58 – 63.

2. Пипченко А. Н., Толстов А. А. Проблемы оптимизации судовых электростанций. – Л.: Судостроение, 1985, №6.

3. Пипченко А. Н., Пономаренко В. В. О некоторых методологических аспектах построения рациональных структур микропроцессорных систем в судовой энергетике. – Электрооборудование и автоматизация установок и систем. Сб. науч. тр. Николаев, НКИ, 1988.

УДК 629.543.064.5/065

АНАЛІЗ ГАРМОНІЧНИХ СКЛАДОВИХ СТРУМІВ І НАПРУГ В СИСТЕМІ СПОЖИВАННЯ ВАНТАЖНОГО НАСОСА ТАНКЕРА-ГАЗОВОЗА ВОДОТОННАЖНІСТЮ 27500 ТОН

С.Ф. Самонов, к.т.н., доцент

В.А. Муниця, магістрант

Національний університет «Одеська морська академія»

Зростаюча тенденція впровадження в різні галузі промисловості потрібних і корисних приладів – перетворювачів частоти, які є для електромережі нелінійними споживачами, змушує вирішувати проблеми, зв'язані з гармонічними спотвореннями напруги живлення.

Інтенсивність спотворення залежить від деяких факторів, таких як:

- співвідношення потужності трансформатора живлення і сумарної потужності нелінійних споживачів,
- довжина та переріз лінії живлення від трансформатора живлення до споживача.

В якості дій щодо зниження гармонічних спотворень в електричній мережі, є впровадження пасивних (резонансних) фільтрів гармонік. В наступній роботі буде використано саме цей підхід.

Об'єктом дослідження прийнято: вантажний компресор фірми Wartsila Oil & Gas systems потужністю 500 кВт з пристроєм плавного пуску танкера-газовоза водотоннажністю 27500 тон. В якості основних джерел електроенергії судно оснащено двома дизель-генераторами потужністю по 1080 кВт і двома валогенераторами потужністю по 1800 кВт при напрузі 3х440 В, 60 Гц.

Головна проблема, що планується до вирішення є аналіз гармонічних складових струмів та напруг в електричній мережі судна під час пуску потужного споживача - вантажного компресора, а також аналіз параметрів існуючого фільтра гармонік і визначення ефективності його застосування. Пошук шляхів вдосконалення даної системи за допомогою розрахунку та побудови комп'ютерної моделі.

Нижче наведена принципова схема даного компресору, а також схема резонансного фільтра який використовується в системі. Пуск асинхронного двигуна передбачено через пристрій плавного пуску.

Даний спосіб пуску (рисунок – 1) володіє наступними перевагами: безударний пуск електродвигуна, плавне гальмування, динамічне гальмування; регулювання моменту, зменшення пускового струму; зменшення перевантаження та перегріву двигуна, зменшення електричних втрат в електродвигуні; усунення ривків в механічній частині обладнання; усунення гідравлічних ударів в трубах і запірній арматурі в момент пуску та зупинки насосів, компресорів, вентиляторів.

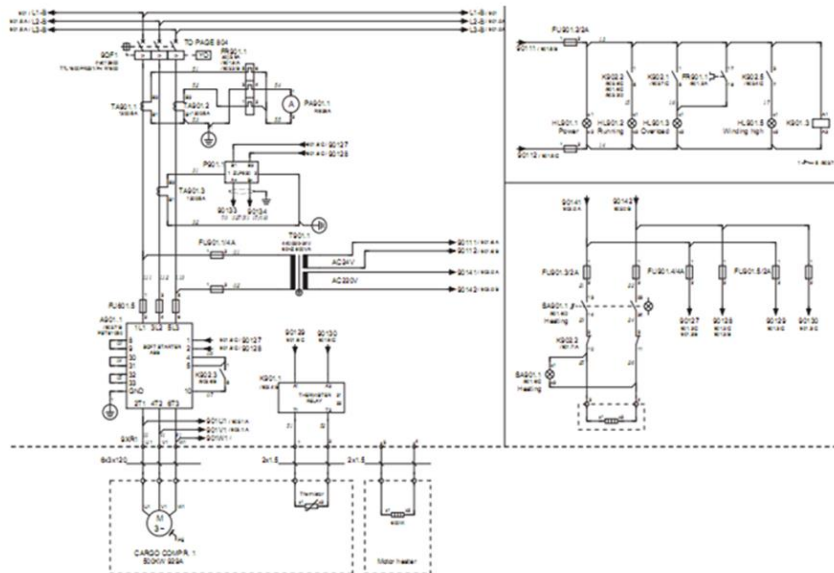


Рисунок 1 – Принципова схема компресора

Для зменшення гармонічних спотворень струмів та напруг в системі використано резонансний фільтр (схема фільтра вказана на рисунку – 2).

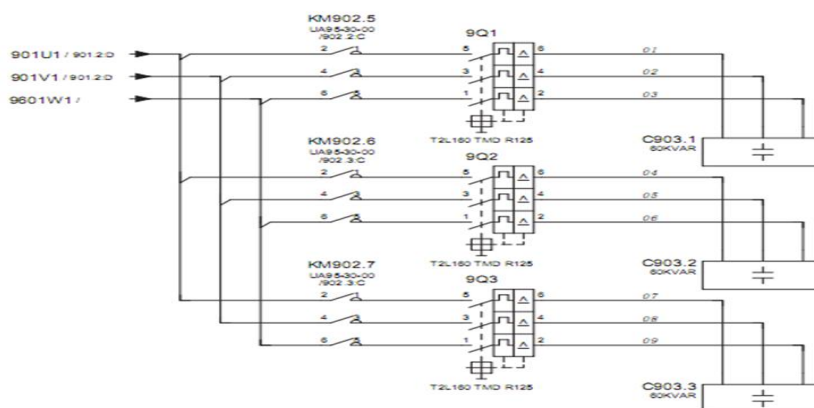


Рисунок 2 – Принципова схема фільтра

Включення в схему фільтра ,який має низький повний опір на частоті несприятливої гармоніки , понижує напругу, яка генерується за рахунок нелінійного навантаження. Застосування таких фільтрів у випадку систем безперервного енергопостачання найбільш вигідно для компенсації ефекту незбалансованих навантажень , які мають тенденцію генерувати високі рівні гармонік. Фільтри можуть бути встановлені як і всередині джерела безперервного живлення, так і на вихідному кінці кабелю (тобто на стороні навантаження).

ЛІТЕРАТУРА

- 1.ГОСТ 13109-97 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.
- 2.Григорьев О., Петухов В., Красилов И. Высшие гармоники в сетях электроснабжения 0,4 кВ // Новости электротехники-2002.-№6.
3. Климов В.П., Москалев А.Д. Способы подавления гармоник тока в системах электропитания.-Режим доступа : www.tensy.ru.
4. Климов В., Карпиленко Ю., Смирнов В. Компенсаторы реактивной мощности искажения в системах гарантированного электропитания промышленного назначения//Силовая электроника.-2008.-№3.
- 5.Активный фильтр гармоник электросети.Компания «Матик-электро», г.Москва www.matic.ru.

УДК 629.542.4.064.5/065

ДОСЛІДЖЕННЯ ДЕСТАБІЛІЗАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ У ДВОДВИГУНОВОМУ ЕЛЕКТРОПРИВОДІ ВАНТАЖНО-РОЗВАНТАЖУВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ РЕФРИЖЕРАТОРНОГО СУДНА

В.В. Будашко, к.т.н., доцент
В.В. Дерменжи, курсант
Національний університет «Одеська морська академія»

Вступ. Для суднових вантажно-підйомних механізмів (ВПМ) особливим експлуатаційним режимом є такий, в якому є потреба зміни принципу управління продовж процесу підйому вантажу, що пов'язано, насамперед, із постійним впливом на об'єкт автоматичного керування (ОАК) довілля. При чому, під ОАК будемо розуміти підсистему, сформовану на виконання таких умов: сигнал управління дозволяє цілеспрямовано змінювати значення керованих величин за кінцевий час; цілеспрямовану зміну керованих величин можна оцінювати за допомогою вимірів в реальному масштабі часу.

Нормальне функціонування різних технологічних, виробничих і транспортних процесів може бути забезпечено лише тоді, коли ті чи інші суттєві для цих процесів фізичні величини змінюються певним чином. Завдання дотримання позиції полягає в забезпеченні практичної зміни керованої величини відповідно до заданої дії при впливі збурення на процес управління. Узагальнено будь-яку

систему автоматичного керування (САК) можна побудувати з двох таких функціонально-закінчених підсистем: об'єкта автоматичного керування (ОАК) і пристрою автоматичного керування (ПАК), з'єднаних між собою відповідно до використовуваного принципу управління.

Існує ряд судових підйомно-транспортних машин (ПТМ) (рис.1), на яких встановлюються тиристорні електроприводи постійного або змінного струму: потужні мостові крани, перевантажувачі, високопродуктивні баштові крани.

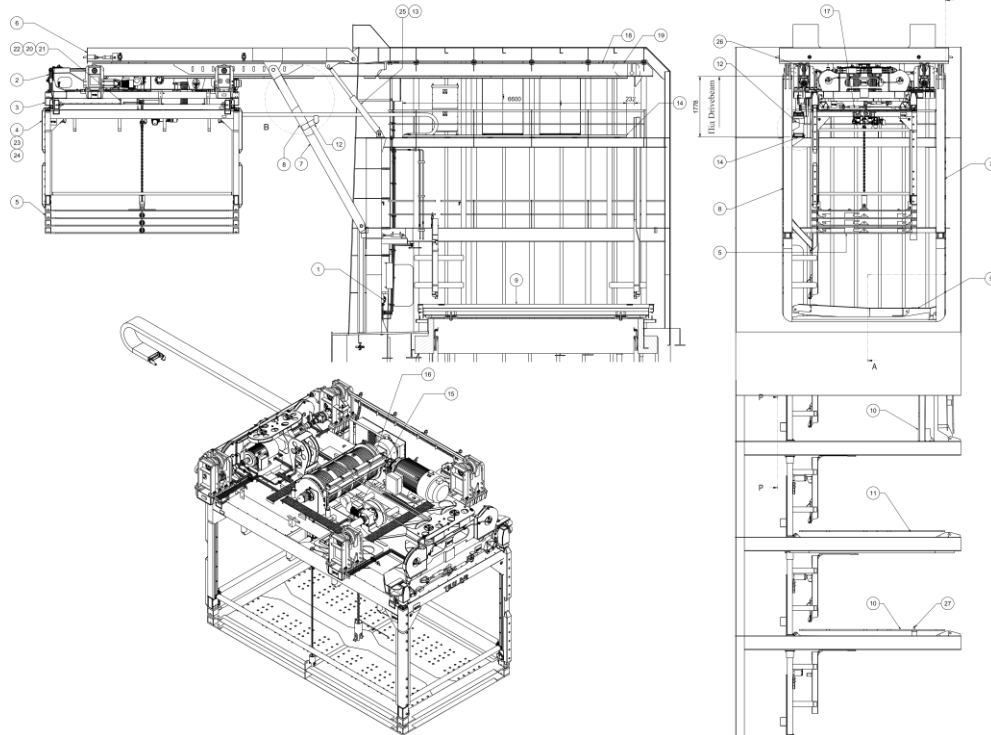


Рисунок 1 – Вантажно-розвантажувальна система палетів рефрижераторного судна: 1 – установка гідравлічна; 2 – металева змонтована конструкція візка; 3 – металева змонтована конструкція розподільника; 4 – клітка; 5 – додаткова нижня пластина; 6-8 – бокові двері; 9 – кришка люка верхньої палуби; 10 – кришка люка другої/четвертої палуби; 11 – кришка люка третьої палуби; 12 – кабель мережі підтримки лівосторонньої збірки; 13 – кронштейн циліндра на палубі; 14 – лоток для кабельного ланцюга; 15, 16 – трос; 17 – фаркоп; 18, 19 – лівий та правий привід візка, відповідно; 20 – живлячий кабель; 21 – кронштейн кріплення кабелю; 22 – кабельні хомути; 23 – надпотужний роз'єм; 24 – кабельний ввід; 25 – гідравлічний циліндр; 26 – упор для датчика; 27 – вісь; 28 – пластина блокування внутрішньої позиції візка; 29-31 – шайба кріплення приводу Drivebeam; 32 – шайба; 33 – шестигранна самоконтр. гайка; 34 – гвинт головки блоку циліндрів.

Для таких механізмів завдання мінімізації розгойдування вантажу можна ефективно вирішувати шляхом формування спеціальних законів керування електроприводом. В даний час існує ряд рішень, що дозволяють знизити механічні коливання вантажу [1]. Ці рішення спрямовані на обмеження прискорення в перехідному процесі та отримання плавної зміни швидкості. До таких рішень можна віднести використання задатчика інтенсивності, застосування фільтра на виході регулятора швидкості, введення зворотного зв'язку по похідній струму, зміна коефіцієнта передачі регулятора швидкості, обмеження часу пуску [2]. При використанні перерахованих способів значне обмеження розгойдування вантажу досягається шляхом істотного збільшення часу перехідних процесів

переміщення вантажу, що призводить до зменшення продуктивності механізмів. Існує необхідність розробки такої системи керування електроприводом ПТМ, використання якої дозволить найбільш ефективно обмежувати коливання вантажу при високій продуктивності машини і можливості гнучкого управління механізмом.

Дослідження проводяться в рамках науково-дослідної держбюджетної роботи «Концепції, технології та напрямки удосконалення суднових енергетичних установок комбінованих пропульсивних комплексів» (СЕУ КПК) Національного університету «Одеська морська академія» [3].

Ціль роботи. Дослідження дестабілізаційних процесів у дводвигуновому електроприводі вантажно-розвантажувальної системи рефрижераторного судна, що дозволить ефективно зменшувати час загасання коливань вантажу.

Матеріали та результати дослідження. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- виконати аналіз існуючих досліджень в напрямку усунення коливань вантажу, закріпленого на гнучкому підвісі;
- визначити закони управління рухом механізму підйому, при яких коливання усуваються;
- розробити методику проведення експериментів і дослідити основні характеристики руху моделі механізму підйому з підвішеним на ньому вантажем;
- на основі проведених досліджень запропонувати функціональну схему управління рухом механізму підйому;
- показати позитивні сторони від використання системи управління приводним механізмом.

Методи дослідження. Для реалізації поставлених завдань при проведенні досліджень будуть використовуватися методи математичного моделювання динамічних процесів на ЕОМ, структурні методи теорії автоматичного управління, експериментальні дослідження на лабораторній установці.

Виконуючи першу і другу задачі на базі рівняння руху твердого тіла було складено систему рівнянь для визначення відносного вертикального переміщення підвішеної рамки утримувача палети вантажно-розвантажувальної системи рефрижераторного судна (рис. 2):

$$\left\{ \begin{array}{l} \ddot{x}_{1,4} = \frac{1}{m_1} (-T_{1,4} \times \sin(\theta, \beta) + F_T - W); \\ \ddot{y}_1 = 0; \\ \ddot{x}_{2,5} = \frac{1}{m_2} (T_{1,4} \times \sin(\theta, \beta) - T_{2,3} \times \cos(\alpha_A, \alpha_C) + T_{3,2} \times \cos(\alpha_B, \alpha_D)); \\ \ddot{y}_2 = \frac{1}{m_2} (T_{1,4} \times \cos(\theta, \beta) - T_{2,3} \times \sin(\alpha_A, \alpha_C) - T_{3,2} \times \sin(\alpha_B, \alpha_D) - G_2); \\ \ddot{x}_{3,6} = \frac{1}{m_3} (T_{2,3} \times \cos(\alpha_A, \alpha_C) - T_{3,4} \times \cos(\alpha_B, \alpha_D) - W_{II}); \\ \ddot{y}_3 = \frac{1}{m_3} (T_{2,3} \times \sin(\alpha_A, \alpha_C) + T_{3,2} \times \sin(\alpha_B, \alpha_D) - G_3); \\ \varphi_{1,2} = \frac{1}{m_3} (T_{2,3} \times a_{1,2} \times \cos(\alpha_A, \alpha_C - \gamma_{1,2}) - T_{3,4} \times a_{1,2} \times \cos(\alpha_B, \alpha_D - \gamma_{1,2})); \end{array} \right. \quad (1)$$

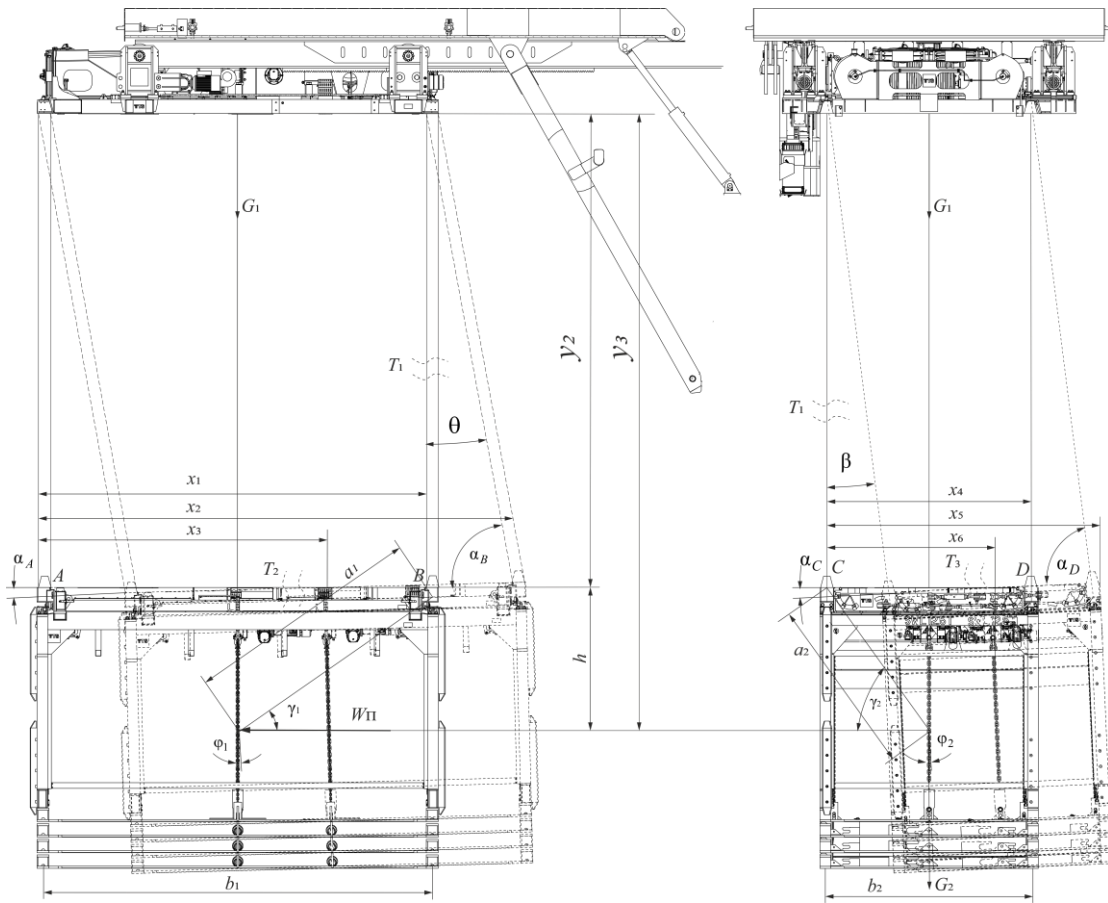


Рисунок 2 – Розрахункова динамічна схема руху вантажопідійомного механізму: m_1 – маса вантажопідійомної рамки; F_T – сумарне тягове зусилля; W_{Π} – сила опору руху рамки; T_1 – сила натягу периметральних тросів; T_2, T_3 – сили натягу поперечних тросів; G_1 – сила тяжіння вантажопідійомної рамки; G_2 – сила тяжіння утримувача вантажу (палети); G_3 – сила тяжіння вантажу (палети); $\varphi_{1,2}$ – кут повороту рамки; $\alpha_{A,C}, \alpha_{B,D}$ – кути між вантажем і тросами; θ, β – кути відхилення відповідних тросів від початкового положення; h – відстань по вертикалі між центром ваги вантажу і місцем закріплення тросів; $b_{1,2}$ – відстані між місцями закріплення тросів; $a_{1,2}$ – відстані між центром ваги вантажу і місцем закріплення тросів.

де: $T_1 = k \times \Delta l_1 + \beta \times \Delta \dot{l}_1$ – сила натягу периметральних тросів; $k = \frac{E \times S}{l_1}$ – коефіцієнт жорсткості тросу; E – модуль пружності матеріалу тросу; $S = \frac{\pi \times d^2}{4} \times c$ – площа перерізу тросу; d – діаметр тросу; c – коефіцієнт заповнення перерізу тросу; $\Delta l_1 = l_1 - l_{10}$ – подовження периметральних тросів; l_1 – довжина периметральних тросів під час руху; l_{10} – довжина периметральних тросів в положенні рівноваги; $\Delta \dot{l}_1$ – швидкість подовження периметральних тросів; β – коефіцієнт розсіювання енергії; $T_2, T_3 = k \times \Delta l_2, \Delta l_3 + \beta \times \Delta \dot{l}_2, \Delta \dot{l}_3$ – сила натягу поперечних тросів; $\Delta l_2, \Delta l_3, \Delta l_5, \Delta l_6 = l_2, l_3, l_5, l_6 - l_{20}, l_{30}, l_{50}, l_{60}$ – подовження поперечних тросів; $l_2, l_3, l_5, l_6 = \sqrt{(x_{2,5} - x_{A,C}, x_{B,D})^2 + (y_2 - y_{A,C}, y_{B,D})^2}$ – довжина поперечних тросів під час руху; $l_{20}, l_{30}, l_{50}, l_{60}$ – довжина поперечних тросів в положенні рівноваги; $\Delta \dot{l}_2, \Delta \dot{l}_3, \Delta \dot{l}_5, \Delta \dot{l}_6 = \frac{(2 \times (x_{2,5} - x_{A,C}, x_{B,D}) \times (\dot{x}_{2,5} - \dot{x}_{A,C}, \dot{x}_{B,D}) + (2 \times (y_2 - y_{A,C}, y_{B,D}) \times (\dot{y}_2 - \dot{y}_{A,C}, \dot{y}_{B,D})))}{2 \times \sqrt{(x_{2,5} - x_{A,C}, x_{B,D})^2 + (y_2 - y_{A,C}, y_{B,D})^2}}$

швидкість подовження поперечних тросів; G_1 – сила тяжіння рамки утримувача палети; G_2 – сила тяжіння траверси; m_3 – маса палети; $\theta, \beta = \arctan\left(\frac{x_{1,4} - \dot{x}_{1,4}}{x_{2,5} - \dot{x}_{2,5}}\right)$ – кут відхилення периметральних тросів від початкового положення; $\alpha_A, \alpha_C = \arcsin\left(\frac{(x_{2,4} - x_{A,C})(y_{B,D} - y_{A,C}) - (x_{A,C} - x_{B,D})(y_2 - y_{A,C})}{b \times l_2}\right)$ – кут між вантажем і траверсою; $\alpha_B, \alpha_D = \arcsin\left(\frac{(x_{2,4} - x_{B,C})(y_{A,C} - y_{B,D}) - (x_{B,D} - x_{A,C})(y_2 - y_{B,D})}{b \times l_3}\right)$ – кут між вантажем і діа- метральною площиною судна; $a_{1,2} = \sqrt{h^2 + \left(\frac{b_{1,2}}{2}\right)^2}$ – відстань між центром ваги вантажу і місцями його закріплення у рамці; h – відстань по вертикалі між центром ваги вантажу і місцем його закріплення у рамці; $b_{1,2}$ – відстані між місцями закріплення вантажу; $W_{\Pi} = 1000 \times \frac{1}{2} \times \rho \times \dot{x}_{3,6} \times c_A \times n \times b_{1,2} \times h$ – сила опору повітря при русі вантажу; ρ – щільність повітря; c_A – коефіцієнт аеродинамічної сили; n – перевантажувальна спроможність.

Виводи. Відповідно до зазначеної мети та отриманих рівнянь в роботі планується провести наступні етапи:

- синтезувати модель електромеханічної системи (ЕМС) механізму підйому, що дозволить досліджувати способи мінімізації розгойдування вантажу;
- розробити методику зменшення часу загасання коливань вантажу для електроприводів механізмів підйому ПТМ;
- отримати спосіб непрямого визначення сигналу, пропорційного величині відхилення вантажу від його положення рівноваги;
- розробити та дослідити спосіб адаптації параметрів моделі механічної системи у функції розгойдування вантажу;
- визначити структуру та алгоритм роботи адаптивної системи керування електроприводом механізму підйому, що дозволить ефективно зменшувати час загасання коливань вантажу.

ЛІТЕРАТУРА

1. С.В. Емельянов, С.К. Коровин, Л.В. Левантовский. Новый класс алгоритмов скольжения второго порядка. Математическое моделирование, М.: Наука, 2007, том 19, №1, стр. 89-100.
2. Волянский Р.С., Садовой А.В. Система управления следящим электроприводом со скользящим режимом 2-го порядка, Вісник Кременчуцького державного університету імені Михайла Остроградського. – Кременчук: КДУ, 2010. – Вип. 4/2010 (63) частина 3. – С.11-14.
3. Будашко В. В., Онищенко О. А., Юшков Е. А. Физическое моделирование многофункционального пропульсивного комплекса // Збірник наукових праць Військової академії (м. Одеса). Технічні науки. – 2014. – №. 2. – С. 88-92.
4. Режим доступа: http://zbirnyk.vaodessa.org.ua/images/zbirnyk_2/13.PDF (дата обращения: 21.12.2015).

УДК 621.391.6

ВИРТУАЛЬНЫЕ ЭЛЕКТРОННЫЕ ЗНАКИ НАВИГАЦИИ

С.А. Михайлов, д.т.н., профессор
В.В. Войцеховская, курсант
Национальный университет «Одесская морская академия»

Виртуальные знаки навигации предназначены для замены реальных физических маяков и буйев. Они могут использоваться для того, чтобы отмечать опасность, которую физически невозможно отметить. Знаки передаются с использованием автоматических идентификационных систем (АИС). При этом, соответственно, судоводители и соответствующий береговой персонал должны быть ознакомлены с работой и навигационными средствами АИС.

Виртуальные навигационные знаки информируют судоводителей об опасностях и о безопасности водных путей, а также о районах с повышенными мерами безопасности. Виртуальные средства навигации могут использоваться в следующих ситуациях:

1. Для немедленной отметки места аварии, крушения или новой опасности, сразу после их совершения;
2. В районах, в которых невозможно или затруднено использовать физические знаки навигации;
3. В местах, где буйи сезонно всплывают из-под льда;
4. Когда физический буй не виден, например, из-за природной катастрофы;
5. В местах мореплавания, в которых физические знаки могут не соответствовать навигационным требованиям, а навигационные в свою очередь вполне отвечают требованиям судоводителя.

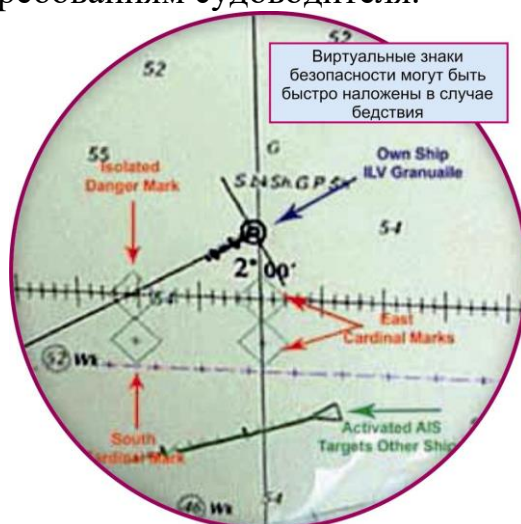


Рисунок 1 – Пример оперативного нанесения виртуального навигационного знака на месте аварии

Навигационные знаки, передающиеся с использованием АИС, реализованы следующим образом (рис. 2):

1. Физический АИС – аппаратура АИС установлена на судне в качестве навигационного средства;
2. Искусственный АИС – передает позиции физического знака навигации, но сигнал исходит от передатчика, находящегося в другом месте. Используется там, где невозможно хранить блок АИС;
3. Виртуальный АИС – в этом случае нет никакого физического знака навигации. Передатчик находится в другом месте для записи новой опасности.













<p>Не определено</p>  <p>Пунктирная линия с переданной позицией</p>	<p>Виртуальная ручная марка</p>  <p>Пунктирная линия с переданной позицией и треугольником, находящийся в верхней части пунктира</p>	<p>Обозначение порта</p>  <p>Пунктирная линия с переданной позицией и прямоугольником, находящийся в верхней части пунктира</p>	<p>Обозначение севера</p>  <p>Пунктирная линия с переданной позицией и два треугольника, находящиеся в верхней части пунктира</p>	<p>Обозначение востока</p>  <p>Пунктирная линия с переданной позицией и два треугольника, обращенных друг к другу, находящиеся в верхней части пунктира</p>	<p>Обозначение юга</p>  <p>Пунктирная линия с переданной позицией и два треугольника, обращенных вниз, находящиеся в верхней части пунктира</p>
<p>Обозначение запада</p>  <p>Пунктирная линия с переданной позицией и два треугольника, обращенных вверх друг к другу, находящимися в верхней части пунктира</p>	<p>Обозначение изолированной опасной зоны</p>  <p>Пунктирная линия с переданной позицией и двумя кругам, находящимися в верхней части пунктира</p>	<p>Обозначение безопасных водных путей</p>  <p>Пунктирная линия с переданной позицией и кругом, находящимся в верхней части пунктира</p>	<p>Обозначение специальных марок</p>  <p>Пунктирная линия с переданной позицией и знаком «X», находящимся в верхней части пунктира</p>	<p>Обозначение места крушения</p>  <p>Пунктирная линия с переданной позицией и знаком «+», находящимся в верхней части пунктира</p>	<p>Специальные виртуальные знаки навигации должны быть обозначены следующим образом:</p>  <p>Фигура указывает на навигационную цель. Все части символа пурпурного цвета. Позиции обозначаются маленьким пурпурным идентификационным кругом с центральной точкой, окруженной кругом, обозначающим радио передачу. Надпись «V-AIS» рядом с символом</p>

Рисунок 2 – Виртуальные навигационные знаки, передающиеся с использованием АИС

Виртуальные буи могут быть весьма полезны в морской практике, потому что они:

1. Дают наиболее ранее предупреждение о месте аварии и крушения;
2. Помогают преодолеть и облегчить языковой барьер, обеспечив ясную информацию в текстовом виде на дисплее АИС и указать местоположение на экранах электронных картографических навигационных систем (ЭКНИС) и на экранах радиолокационных станций, там, где это доступно;
3. Облегчают уход, покидание места аварии и крушения.

Использование виртуальных знаков навигации даёт некоторые преимущества, одно из которых – ясность и однозначная определенность информации и немедленная идентификация. Они сразу предлагают информацию о затонувшем

корабле в том или другом месте или об иной опасности, в отличии от физических навигационных знаков, что также дает более раннее предупреждение об опасности. Восприятие виртуальных навигационных средств не зависит от погодных условий, они всегда будут отображаться на мониторах и дисплеях электронных карт ЭКНИС.

Но кроме преимуществ также присутствуют и недостатки. Например, не все суда оснащены АИС. Наличие АИС определяется комплектацией конкретного судна аппаратурой ГМССБ, кроме того, необычные атмосферные изменения могут влиять в используемом диапазоне радиоволн на искажение передаваемой информации. Виртуальные навигационные знаки могут быть уязвимы к преднамеренным и непреднамеренным помехам или неточностям. Например, если блок АИС на судне неисправен или установлен неправильно, судоводитель может неправильно понять позиции виртуального знака или может получить неверные данные. Также, судоводитель не сможет в полной мере воспользоваться навигационными знаками АИС, если на судне нет аппаратуры электронных карт ЭКНИС или радиолокационных станций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Lane D. Virtual reality? Exploring virtual aids to navigation. // The Navigator: Aids to navigation. – 2015. - Issue 10 – p. 6 – 7.
2. Удачин В.С., Шереметьев Ю.Н. Навигационные знаки и огни, судовая сигнализация. – М.: Транспорт. – 1988. - 255 с.
3. МППСС-72 Международные правила предупреждения столкновения судов в море.
4. Вагушенко Л.Л. Судовые навигационно-информационные системы. – Одесса, Латстар, 2004.- 302 с.
5. Petersen J.R., Eriksson O.F. Putting the mariner in the picture. // The Navigator: Aids to navigation . - 2015, No. 10, p. 4 -5.

УДК 656.61.052

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ КАРТОГРАФИИ В МОРСКОМ СУДОХОДСТВЕ

С.А. Михайлов, д.т.н., профессор
А.А. Григус, курсант
Национальный университет «Одесская морская академия»

Развитие электронной картографии увеличивает точность позиционирования и значительно повышает безопасность мореплавания. ECDIS (Electronic Chart Display and Information System) — это компьютер с навигационной системой, который можно использовать как альтернативу бумажным навигационным картам.

Многие люди ошибочно считают, что между ECDIS и навигационной системой автомобиля не существует особой разницы. Ведь обе системы показы-

вают текущее местоположение и предполагаемый маршрут. Но на самом деле они абсолютно разные. В то время как навигационной системе автомобиля нужно спутниковое позиционирование, ECDIS может работать и при отсутствии позиционных данных. Значительным недостатком автомобильной навигационной системы является маленький размер рабочего дисплея. Именно поэтому в некоторых автомобилях и авиалайнерах начинают использовать электронную картографию на планшетах. Возможно, морскому судоходству, следует воспользоваться данной технологией, ведь это значительно облегчит работу судоводителей, позволяя им получать нужную им и полезную информацию находясь, например, на крыльях мостика.

В авиации, например, размер дисплея навигационного монитора не принципиален, т.к. основную информацию пилот получает от авиадиспетчера.

В то же время размер электронной карты на морском судне важен, так как позволяет получить больший уровень информативности на большей площади, что значительно повышает безопасность плавания.

Исходя из изложенных соображений, можно предложить следующие мероприятия, повышающие эффективность навигации и электронной картографии в морском судоходстве:

1. Переход всех морских судов на электронные средства картографии.
2. Создание на мостике большого экрана с хорошим разрешением, для достижения наибольшей информативности.
3. Внедрение дополнительных планшетов с электронными картами для удобства использования ECDIS.



Рисунок 1 – ECDIS-системы, используемые на морских судах, дополненные планшетами

Использование на морских судах средств электронной картографии значительно повышает безопасность мореплавания и позволяет оперативно вносить изменения, что делает информацию на электронных картах максимально актуальной. Таким образом, применение ECDIS на судах дает возможность коренным образом улучшить организацию работы судоводителей и снизить аварийность судоходства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вагущенко Л.Л. Интегрированные системы ходового мостика. – Одесса: Латстар, 2003.– 169 с.
2. Вагущенко Л.Л. Судовые навигационно-информационные системы. – Одесса, Латстар, 2004.- 302 с.
3. Dr. Andy Norris. ECDIS onboard: sizing up the options. The Navigator, 2014, No. 6, p. 10.

«РАЗУМНЫЕ» ЭЛЕКТРОННЫЕ НАВИГАЦИОННЫЕ ЗНАКИ

С.А. Михайлов, д.т.н., профессор

Е.В. Карпенко, курсант

Национальный университет «Одесская морская академия»

Процесс совершенствования морских навигационных знаков представляет собой путь из постоянных инноваций, от куска дерева, прикрепленного к скале, как это делалось первыми мореплавателями около 2500 лет назад, до сегодняшнего высокотехнологичного «разумного» буя или маяка, чья световая камера способна переключать сама себя, когда это необходимо, в зависимости от времени суток и метеорологических условий.

Морские навигационные знаки, выполняя вполне однозначно полезную функцию и оказывая реальную помощь судоводителям, постоянно и продолжительное время совершенствовались и развивались, чтобы обеспечить свою высокую надежность, простоту, ремонтпригодность и длительный срок службы при минимальных затратах.

Одним из крупных существенных достижений в навигации в последние годы стало внедрение светодиодных источников света (Light Emitting Diodes - LED) в качестве источника света в навигационных огнях. Основные преимущества светодиодов – это их длительный срок службы, низкое энергопотребление, высокая надежность, возможность работы в экстремальных суровых метеоусловиях, а также высокий уровень их визуального восприятия - другими словами, такие источники световой навигационной информации очень легко увидеть глазами и идентифицировать.

С точки зрения моряка, светодиодные излучатели современных навигационных знаков часто оказываются более заметными, по сравнению с традиционными лампами накаливания. Это связано с узким спектральным распределением частоты излучаемого света LED. Светодиоды излучают почти монохроматический свет, в то время как источники света, которыми являются лампы накаливания, имеют более широкополосный спектр излучения. Цвет излучаемого света от светодиода появляется более чистым, что делает менее вероятной ошибку, когда моряк может принять свет одного навигационного знака за свет другого. Дополнительно повышает эффективность LED источника света то обстоятельство, что светодиоды формируют практический прямоугольный однородный профиль интенсивности излучения. Они не имеют ярко светящиеся верхней границы и тускло тлеющей нижней в своем профиле интенсивности светоизлучения, что свойственно лампам накаливания.

Сегодня светодиодные излучатели используются практически почти во всех буюх. Светодиодные фонари и светодиодные секторные излучатели также применяются в маяках ближней и средней дальности. Применяют также светодиодные излучатели высокой мощности белого цвета с длиной волны до 20 нм. Несмотря на эту модернизацию источников света от ламп накаливания к светодиодным источ-

никам с очень высокой интенсивностью излучаемого света, традиционные элементы с вращающейся оптикой и большим объективом, остаются.

Интересен новый светодиодный желто-синий фонарь, обозначающий место аварии. В этом случае преимущество светодиодных технологий особенно значимо. Ночью этот тип буев чередует синий и желтый свет, что делает его особенно отличающимся от других морских сигналов и навигационных знаков и огней.

Имеющиеся уже практически везде системы спутникового позиционирования и навигации и наличие, вследствие этого, прецизионных сигналов точного времени, синхронизированных одновременно у всех пользователей, позволяют реализовать автоматический мониторинг положений и позиций буев, а также синхронизацию для группы навигационных средств и последовательность включения навигационных огней. Эта функция в настоящее время уже широко используется во многих сложных для мореплавания фарватерах и каналах. Это увеличивает безопасность судоходства, особенно в условиях высокого фонового освещения и фоновой засветки, например от городских и портовых огней. Последовательно включаемые фонари могут рассматриваться как "взлетно-посадочная полоса", указывающая для судна курс безопасного прохода через канал. Синхронизация и последовательное включение огней особенно ценно в условиях высокой фоновой засветки с большим количеством мешающих судоводителю огней освещения.

Кроме потребления мощности на излучение света навигационных огней, LED-буи также обеспечивают снабжением электроэнергией еще ряд других функций и услуг, например таких, как метеорологические и гидрографические датчики и станции. Значительное количество буев оборудовано большим количеством таких встроенных датчиков. Получаемая ими информация транслируется по радио на берег каждые десять минут и затем размещается в сети Интернет. Ожидается, что в будущем эта информация о погоде, снегах и льдах станет частью сервисов е-навигации.

При использовании на судах АИС (автоматических идентификационных систем), появляется возможность транслировать рабочее состояние любого реального навигационного знака, либо непосредственно, либо косвенно с использованием береговых базовых станций. Эта информация может быть просмотрена на дисплее АИС, когда эта система включена, а также на экранах электронных карт (ЭКНИС), радиолокационных станций и на дисплеях других навигационных систем. Интересным новым вариантом являются так называемые виртуальные буи и навигационные знаки. Они представляют собой сигнал, указывающий место в фарватере, где нет физических навигационных знаков и огней. Такие виртуальные средства навигации очень полезны, когда ситуация возникает неожиданно и требует немедленной маркировки, например при аварии.

При этом эти электронные виртуальные навигационные средства никогда полностью не заменят существующие физические навигационные знаки и огни; их роль будет состоять в том, что они дополнят информацию реальных физических существующих буёв и сделают её более достоверной и максимально актуальной.

Основным назначением навигационных знаков и огней на море является обеспечение однозначного подтверждения того, что судоводитель не может установить визуально, независимо от того, насколько информативна его бортовая

электронная навигационная аппаратура. Именно поэтому, с древних времен первых мореплавателей, достоверность, надежность и актуальность навигационной информации была в центре внимания и она по-прежнему будет основным критерием проектирования новых средств навигации в обозримом будущем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Удачин В.С., Шереметьев Ю.Н. Навигационные знаки и огни, судовая сигнализация. – М.: Транспорт. – 1988. - 255 с.
2. МППСС-72 Международные правила предупреждения столкновения судов в море.
3. Вагущенко Л.Л. Интегрированные системы ходового мостика - Одесса: Латстар, 2003. — 170 с.
4. Lane D. Virtual reality? Exploring virtual aids to navigation. // The Navigator: Aids to navigation. – 2015. - Issue 10 – p. 6 – 7.
5. Вагущенко Л.Л. Судовые навигационно-информационные системы. – Одесса, Латстар, 2004.- 302 с.
6. Petersen J.R., Eriksson O.F. Putting the mariner in the picture. // The Navigator: Aids to navigation . - 2015, No. 10, p. 4 -5.

УДК 621.396

РОЛЬ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ФАКТОРА В ДОСТИЖЕНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ НА МОРЕ

С.А. Михайлов, д.т.н., профессор
И.И. Котляр, курсант
Национальный университет «Одесская морская академия»

Целью работы является анализ роли и влияния человеческого фактора на достижение эффективности телекоммуникации в морском судоходстве.

Нарушение правил безопасности мореплавания непосредственно связано с индивидуальными качествами отдельных людей, чаще всего отрицательными: недисциплинированностью, халатностью и беспечностью, некомпетентностью, эмоциональной неустойчивостью и т.п. Такие причины и предпосылки аварийных случаев, в которых проявляется виновность конкретного человека, объединяют понятием «человеческий фактор». Это понятие включает в себя характеристики человека относительно к характеристикам технических средств, с которыми он взаимодействует.

Ниже предлагаются некоторые рекомендации, сформулированные на основе практического опыта безаварийного плавания. Принятие их молодыми судоводителями способствовало бы повышению эффективности телекоммуникации на море:

1) Для морского офицера - судоводителя важным является два средства коммуникации – устный и электронный обмен.

2) Хорошая связь и обмен информацией являются абсолютно необходимыми для успешного плавания. Судоводители должны быть уверены, что информация, которую они отправляют точно получена.

3) Непонимание или использование неточной информации является основной причиной аварий, несчастных случаев и обходится очень дорого с точки зрения репутации, денег и воздействия на окружающую среду.

4) Команда на мостике может связываться между собой не вербально и вербально. Это является существенным для хорошего управления командой на мостике.

5) Безопасное управление и осознание степени риска является гораздо более эффективным, когда ответственность разделяется между всеми специалистами на мостике.

6) Судоводитель должен перепроверять всех участников обмена связи, чтобы убедиться в достоверности и четкости восприятия информации.

7) Если слишком много данных отображается на дисплеях бортовых компьютеров или информация представлена неподобающим образом, судоводитель может отвлечься, сосредоточиться на неправильных вещах и потратить при этом драгоценное время.

8) Судоводителям необходимо правильно интерпретировать и трактовать информацию, которая представлена на экранах мониторов бортовых информационных систем.

9) Информация, представленная электроникой не всегда точна и достоверна. Судоводители должны уточнять и использовать собственную человеческую логику, свои профессиональные знания, чтобы оценить её верно.

10) Для предотвращения столкновений были разработаны правила МППСС, чтобы избегать рисков, присущих голосовой связи, следует их придерживаться.

Приведенные выше некоторые рекомендации общего характера, которые, не претендуя на сколько-нибудь полный охват всей проблемы обеспечения безопасности мореплавания, показывают лишь подход, пути ее решения.

Можно, однако, обоснованно предположить, что следование им, несомненно, способствовало бы снижению аварийности.

ЛИТЕРАТУРА

1. МППСС-72 Международные правила предупреждения столкновения судов в море.
2. Вагущенко Л.Л. Интегрированные системы ходового мостика - Одесса: Латстар, 2003. — 170 с.
3. The Navigator - Issue 8: Communication – 2015.

ЭФФЕКТИВНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ХОДОВОГО МОСТИКА

С.А. Михайлов, д.т.н., профессор

К.Э. Лукьяненко, курсант

Национальный университет «Одесская морская академия»

Вопрос совершенствования работы штурманской службы привлекает широкое внимание отечественных и зарубежных специалистов, поскольку он тесно связан с производительностью труда, надежностью системы «человек-машина», безаварийностью, зависит от уровня профессионального мастерства штурманского состава, новизны навигационного и технологического оборудования.

Внедрение на морских судах компьютерных информационных технологий позволило освободить судоводителя от выполнения однообразных рутинных действий, снабдило его необходимой информацией в удобной и наглядной форме. В системах управления морскими судами (на ходовых мостиках судов) появились электронные карты, системы автоматической радиолокационной прокладки, автоматические идентификационные системы, компьютерные системы для выполнения грузовых операций и многое другое.

Несмотря на хорошую техническую оснащенность современных судов, опрос об эффективности рабочего места судоводителя продолжает играть одну из основных ролей в процессе правильной эксплуатации судового оборудования, обеспечивающего безопасность плавания.

Целями исследования стали:

1. исследование зависимости эффективности работы судоводителя от архитектуры его рабочего места;
2. получение ряда количественных характеристик деятельности судоводителя и исследование влияния на них размещения аппаратуры в рубке.

Цели работы определили главную задачу: на основании ряда количественных характеристик деятельности судоводителя сопоставить возможные пути оптимизации рабочего места, выявить наиболее актуальные и целесообразные способы решения этого вопроса.

Эффективность расположения средств управления навигационной и гидроакустической аппаратурой на судне Alexander B типа контейнеровоз.

Вместимость: 14072 т., тоннаж: 18530 т.

Данные наблюдений приведены в таблице 1, где в 1-й строке указаны названия приборов, во 2-й строке показано время одного обращения к прибору (в секундах), в 3-й строке показано количество обращений к прибору за вахту, в 4-й строке показана общая длительность использования прибора за вахту (в секундах).

Таблица 1 – Количественные характеристики использования навигационной аппаратуры контейнеровоза Alexander B

Радар	GPS	Электр. карты	AIS	Гиро-компас	Секстант	Курсограф	Эхолот	Барограф
≈3 - 4	≈5 - 6	≈5 - 6	≈5 - 6	≈10 - 15	≈10	≈7 - 8	≈5	≈3 - 4
5 - 8	4 - 5	10	10	10	5 - 6	1 - 2	3 - 4	1 - 2
15-32	20 - 30	50—60	50-60	100 -150	50 - 60	10 - 20	20 - 30	5 - 10

Анализ наблюдений показывает, что контейнеровозы указанной модификации современной постройки (2006 г.) имеют наиболее удачное эргономическое расположение приборов на ходовом мостике. Среднее время обращения к прибору минимизировано, все приборы компактно размещены:

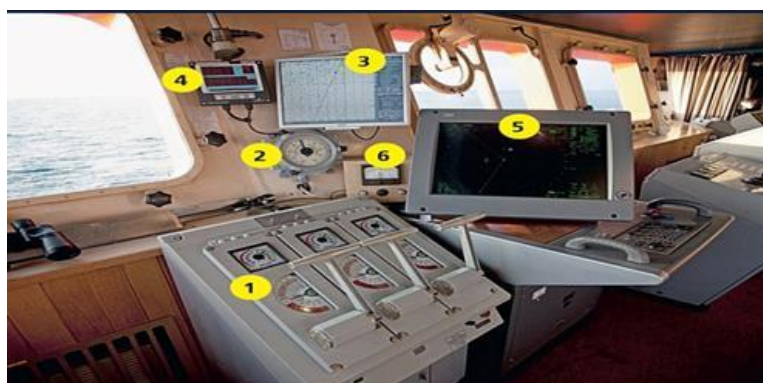


Рисунок 1 – Размещение навигационного оборудования на мостике:

- 1) пульт управления электродвигателями; 2) аксиометр — указатель положения руля;
- 3) электронная картография; 4) репитер (повторитель) эхолота и лага;
- 5) радиолокационная станция; 6) датчик тягового усилия лебедки

Штурман сидит на мостике вместе с остальными членами команды.

Кроме классических линеек и циркулей ему помогает современное оборудование: два GPS-навигатора и автоматическая система идентификации судов в радиусе 30 миль (нижний ряд), репитеры лага и гирокомпаса, метеостанция (средний ряд), два эхолота с самописцем (верхний ряд) на рис. 2.



Рисунок 2 – Классическое оборудование мостика

Перспективные исследования в области эргономики показывают, что в 2025 году капитанские мостики на грузовых кораблях будут выглядеть совершенно не так, как они выглядят сейчас. Основываясь на исследовании работы и нужд капитана, а также его помощников и команды, Университет Алто, VTT и Rolls-Royce Marine разработали уникальную концепцию универсального капитанского мостика с дополненной реальностью:



Рисунок 3 – Капитанский мостик будущего

Это будет система, способная распознавать каждого члена команды и подстраиваться под его индивидуальные нужды: показывать на экране, который занимает всё стекло рубки, различную запрашиваемую информацию, регулировать спинку кресла, и многое другое. На экране могут отображаться невидимые из-за тумана препятствия, курс самого корабля и проходящих рядом морских судов, он позволит членам экипажа обмениваться между собой информацией и видеть окружающую обстановку в тёмное время суток. Кроме всего прочего, бортовой компьютер будет сообщать эти данные другим кораблям.

Параллельно с этим проектом разработчики планируют реализовать ещё одну идею: ввести дистанционное управление кораблями. Предполагается, что это позволит повысить безопасность и эффективность морских грузоперевозок и путешествий. Автономные системы начнут проникать в крупные морские суда уже в самом ближайшем будущем, и фирмы-производители VTT и Rolls-Royce уже работают над их первым поколением. Первоначально они будут включать в себя блоки контроля, которыми можно будет дистанционно управлять с мостика или с суши. «С позиции требуемых технологий, дистанционное управление контейнерным судном возможно уже сейчас», говорит представитель фирмы-разработчика VTT в официальном релизе. «Однако, до того как полностью автономные грузовые суда выйдут в море, эта концепция должна получить повсеместное общественное одобрение». И это произойдёт до того, как VTT и Rolls-Royce создадут новый капитанский мостик будущего, и первые дистанци-

онно управляемые корабли заступят на свою службу уже в ближайшие годы.

Управление судном представляет собой большой комплекс взаимодействия технических средств и человека-оператора.

Проведенная математическая оценка эффективности рабочего места судоводителя доказала необходимость эргономичного размещения навигационного оборудования. Использование автоматизированного рабочего места поможет повысить эффективность и безопасность мореплавания. На данный момент уже имеется система, находящаяся на стадии разработки, которая может выполнить данные требования по обеспечению требуемого уровня безопасности. Если будет принято решение о вводе данной системы в эксплуатацию, значительно уменьшится количество аварийных случаев и упростится порядок управления судном.

ЛИТЕРАТУРА

1.Адерихин И.В., Воротынцева М.Г. Метод оценивания показателей готовности системы управления судном. Научный журнал «Вестник Астраханского государственного технического университета». Астрахань: Изд. АГТУ, — № 2, — 2005. — С. 199—204.

2.Концепт виртуального капитанского мостика от Rolls-Royce: корабль без экипажа [Электронный ресурс]. — Режим доступа: - URL: <http://www.novate.ru/blogs/151214/29126> (дата обращения: 20.01.2015).

УДК 621.391.6

МЕТОДЫ ДОСТИЖЕНИЯ КИБЕРБЕЗОПАСНОСТИ СУДОВЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

С.А. Михайлов, д.т.н., профессор
Д.В. Мельникова, курсант

Национальный университет «Одесская морская академия»

В последнее десятилетие высокого уровня развития достигли информационные компьютерные технологии. И их развитие не могло не коснуться такой отрасли, как мореплавание. Однако, вместе с развитием информационных технологий на судах, возникли и новые угрозы для безопасности мореплавания, в частности угрозы, связанные с вирусным заражением бортовых информационных компьютерных систем, таких как автоматические идентификационные системы (АИС), системы дальней идентификации (СДИ) и электронные карты (ЭКНИС). На данный момент имеются официальные подтверждения подобных случаев, таких как осуществления несанкционированного проникновения в систему АИС судна с изменением его основной динамической и рейсовой инфор-

мации, а также искажением имени, курса судна, текущих координат, порта назначения и основной информации о грузе [1].

В связи с подобными инцидентами в последнее время со стороны морской общественности проблеме компьютерных атак и вирусных угроз стало уделяться всё большее внимание. Так, в 2014 году Ассоциация по охране морской индустрии (SAMI), совместно с SAMI/Intertanko, провели семинар, посвященный проблемам кибербезопасности на судах, где рассматривались основные причины повышения риска несанкционированного доступа в судовые информационные системы и способы решения данной проблемы [2].

Главным на сегодняшний день является донести до морского сообщества актуальный постулат о том, что риск заражения вирусом через электронные системы на судах достаточно велик. Основной задачей является выработать основные методы борьбы с возникшими рисками и основные правила так называемой «кибергигиены» [3].

Не все бортовые системы одинаково чувствительны или критичны к информационным кибератакам и к заражению компьютерными вирусами, поэтому предлагается ранжировать и рассматривать три уровня судовых информационных и компьютерных систем с точки зрения важности сохранения бортовой информационной безопасности [4]:

1. Бытовое использование, развлечения, Интернет-связь и персональная связь;
2. Бизнес – связь, администрирование и управление;
3. Основные судовые системы – электронные карты (ECDIS), навигационные системы (INS), управление главным двигателем и грузовыми операциями.

Учитывая эти три уровня, предлагаются следующие методы защиты от вирусных и кибератак:

- Защита оборудования – аппаратного обеспечения, как персональных компьютеров, так и компьютеров, подключенных и работающих в локальной судовой компьютерной сети. При необходимости, компьютеры также должны быть защищены от воздействия экстремальных условий окружающей среды: чрезмерного тепла, вибраций, влажности, и т. д.

- Защита программного обеспечения: антивирусные программы и противовредоносное программное обеспечение должны защищать всю систему и постоянно обновляться.

- Организация соответствующего резервного копирования данных, как бортовой, так и береговой информационных систем.

- Организация ранжирования и контроль доступа пользователей – каждый пользователь на борту должен иметь доступ к локальной информационной сети соответственно его рангу, капитан ли он, или посторонний посетитель. Контроль может осуществляться паролем или физическим доступом.

- Восстановление при сбоях – если рабочая компьютерная станция или сервер выходят из строя, они могут быть перезагружены и восстановлены с предварительно созданной и сохраненной резервной базой данных.

Одной из главных причин возникновения угроз внутри судовых систем являются широко используемые в наше время USB-носители (flash-память). С возрастанием количества и объема памяти этих носителей возросла и угроза инфицирования судовых систем. Также из-за того, что архитектура судовых систем становится все более интегрированной, скорость распространения вируса по всем судовым информационным системам увеличивается. Причиной этому в большинстве случаев становится «человеческий фактор», т.е. сами моряки, которые пользуются такими USB-носителями и имеют право доступа к судовым системам и в то же время забывают следить за «чистотой» этих устройств, отсутствием на них вредоносных вирусных программ.

Предлагаются следующие основные базовые методические мероприятия с целью сохранения кибербезопасности бортовых компьютерных информационных систем, эти правила не являются сложными и значительно снижают риск заражения:

- 1) установка строгого контроля доступа пользователей к аппаратному обеспечению и компьютерам;
- 2) установка строгого контроля доступа компьютеров в судовую локальную информационную сеть;
- 3) организация резервного копирования и создание резервной базы данных;
- 4) тестирование планов действий по восстановлению судовых информационных систем при кибератаках;
- 5) регулярное обновление и проверка антивирусной системы.

В результате проведенных исследований можно отметить, что с каждым годом проблема вирусных и кибератак становится все более и более актуальной, увеличивается количество случаев несанкционированного доступа в судовые информационные компьютерные сети. Вместе с тем, пока эта проблема не приобрела глобального значения, необходимы поиски путей скорейшего ее решения. В работе предложены основные уровни и составляющие системы кибербезопасности на судне, а также предложены правила для соблюдения кибергигиены и контроля над несанкционированным доступом в судовые системы.

ЛИТЕРАТУРА

1. David Patraiko. Cyber security onboard. // Seaways: The International Journal of The Nautical Institute/ September, 2014. - London - UK.: Stephens&George, Merthyr Tydfil, 2011. - p. 9.
2. Steven Jones. Keeping clear of a new threat. // Seaways: The International Journal of The Nautical Institute/ September, 2014. - London - UK.: Stephens&George, Merthyr Tydfil, 2011. - p.10.
3. Paul Thomas. Cyber: it's about operational risk management. //Alert! The International Maritime Human Element Bulletin/ Issue №39 September 2015. – London – UK. – p.6.

4. Sea Review: The International Maritime Journal of the Nautical Institute of Ukraine/ March, 2015. – Odessa – Ukraine.: p.40.

5. Михайлов С.А., Мельникова Д.В. Информационная безопасность программных и аппаратных средств судовых компьютерных систем // "Актуальні питання суднової електротехніки і радіотехніки". - Матеріали науково-методичної конференції, Одеська національна морська академія, 10-11 грудня 2014 р., с. 120-122.

6. Kevin Tester. GLONASS failure affects satellite positioning. // Seaways: The International Journal of The Nautical Institute/ September, 2014. - London - UK.: Stephens&George, Merthyr Tydfil, 2011. - p. 12-14.

7. Wake Philip. Guarding against failure. // Seaways: The International Journal of The Nautical Institute/ September, 2014.- London - UK.: Stephens&George, Merthyr Tydfil, 2011.- p.3

УДК 621.396

ЦИФРОВІ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ПОТУЖНОСТІ ПЕРЕДАВАЧІВ ДЛЯ МОБІЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ З РУХОМИМИ ОБ'ЄКТАМИ

С.А. Михайлов, д.т.н., професор

Г.В. Оліярська, курсант

Національний університет «Одеська морська академія»

Канал зв'язку є найважливішою ланкою систем мобільного зв'язку і багато в чому визначальним при застосовуванні методів обробки сигналів. Навіть при відсутності внутрішньосистемних завад викривлення, внесені каналом зв'язку, можуть цілком порушити роботу системи.

У мобільних засобах стільникового зв'язку канал зв'язку як фізичне середовище розповсюдження радіохвиль має свою специфіку, а саме: зони дії стільникового зв'язку - міста та приміські зони - райони з тією або іншою щільністю забудови; мобільна станція MS, як правило, знаходиться поза зоною прямої радіобачення базової станції BS і сигнали в точку прийому надходять у ході перевідбиття і дифракції; пересування мобільних абонентів під час сеансу зв'язку вносить у сигнали доплерівські частотні зрушення; наявність великої кількості відбивачів призводить до ефекту розсіювання електромагнітних хвиль і багатопроменевому поширенню (MS приймає безліч інтерферуючих сигналів-копій).

Внаслідок відзначених явищ у каналі зв'язку мають місце: загасання сигналів; повільні замирання сигналів; швидкі замирання сигналів.

Має місце різні механізми поширення радіохвиль в умовах міської забудови: поширення у вільному просторі, дифракцію на краях дахів будинків, відбиття від стін будинків. Промені, що прийшли різними шляхами, інтерферуються в точці прийому і формують сумарний сигнал.

Коли антена BS розташована вище середнього рівня дахів будинків, з BS на MS приходять 2 промені: один - у результаті дифракції на краю даху будинку, інший - після перевідбиття від стіни.

Подолавши відстань від BS до MS, один або кілька основних променів приходять у локальну зону прийому MS (радіус локальної зони, як правило, десятки метрів). Далі відбувається розсіювання енергії сигналів основних променів на численних розсіювачах, розташованих у локальній зоні (це можуть бути стіни будинків, автомобілі, рекламні щити та інші об'єкти, здатні відбивати і розсіювати радіохвилі). У результаті на MS приходить велике число мікросигналів з різними амплітудами, затримками, початковими фазами і доплерівськими частотними зсувами. Інтерферуючи в точці прийому, ці сигнали викликають швидкі замирання огинаючої сумарного сигналу. Глибина швидких замирань може досягати 20...30 дБ. Крім глибини, швидкі флуктуації сигналів прийнято характеризувати швидкістю і середньою тривалістю замирань. Швидкість замирань - це кількість перетинань огинаючою деякого рівня (наприклад 3 дБ) за одиницю часу. Середня тривалість замирань - це середня тривалість інтервалу часу, протягом якого огинаюча сигналу знаходиться нижче визначеного рівня.

Загасання сигналу на трасі поширення, а також ефекти повільних і швидких замирань у сукупності визначають енергетичні співвідношення в каналі зв'язку.

Для того, щоб ймовірність похибки при прийомі символу повідомлення знаходилась в заданих межах (1...2%), уводять запас потужності передавача BS на повільні (L_{SLow}) і швидкі (L_{fast}) замирання. В екстремальному випадку, коли повільна і швидка складові замирань діють синфазно і огинаюча прийнятого сигналу стає нижче припустимого рівня, корисний сигнал майже цілком "тоне" у шумах і ймовірність помилки при прийомі символу наближається до 0,5. Запас потужності передавача BS на замирання ($L_{\text{SLow}} + L_{\text{fast}}$) вибирають таким чином, щоб ймовірність похибки на біт на виході приймального тракту MS не перевищувала допустимої величини (зазвичай 10" ...10") з врахуванням коректуючої здатності кодів.

В результаті, потужність передавача BS має надмірність.

Величина середніх втрат на трасі поширення і параметри повільних і швидких замирань ще не дають вичерпного опису каналу зв'язку. Відомо, що частотно-часові зрушення сигналів у каналі зв'язку викликають селективні замирання за часом і частотою, які значно ускладнюють роботу сучасних цифрових систем мобільного зв'язку з високошвидкісною передачею інформації.

Багатопроменеве поширення сигналів, при якому кожен промінь приходить зі своїм часовим зсувом, приводить до розтягу прийнятих символів у часі і частотно-селективних замирань. Розтяги в часі проявляються у тім, що тривалість прийнятих символів більша, ніж тривалість переданих. При цьому сусідні символи повідомлення перекривають один одного.

Частотно-селективні замирання сигналу еквівалентні фільтрації сигналу, при якій різні компоненти спектра сигналу одержують різне послаблення. Спектральні складові в межах малого інтервалу частот будуть зазнавати

приблизно однакового послаблення (гладкі замирання), але з ростом частотного рознесення характер замирань стане істотно різним. Очевидно, що чим більша ширина смуги сигналу, тим більше він буде підданий частотно-селективним замиранням.

Для боротьби з гладкими замираннями вживають наступних заходів: вводять запас по потужності передавачів BS; реалізують просторове рознесення антен BS при прийомі; використовують повільні стрибки по частоті; вводять адаптивне регулювання потужності передавачів BS і MS; застосовують методи завадостійкого кодування, перемеження і модуляції сигналів.

Для боротьби з селективними замираннями використовують різні види еквалайзерів, наприклад, з вирішальним зворотним зв'язком за максимумом правдоподібності (еквалайзери дозволяють оцінити коефіцієнт передачі каналу зв'язку і після певної обробки "зібрати" розсіяну в часі і частоті енергію замираючого сигналу); використовують різні методи рознесеного прийому сигналів (просторове рознесення на BS, кореляційна обробка з наступним часовим рознесенням на BS та MS - RAKE-приймачі); передають пілотний сигнал і вводять когерентну обробку сигналів при прийомі як в прямому так і в зворотньому каналах зв'язку. Крім того, всі заходи, які використовуються для боротьби з гладкими замираннями, необхідні і при боротьбі з селективними.

Висновки

1. В системах мобільного зв'язку фізичне середовище розповсюдження радіохвиль має свою специфіку, а саме: зони дії зв'язку - міста та приміські зони, тому мобільна станція MS, як правило, знаходиться поза зоною прямої радіобачення базової станції BS і сигнали в точку прийому надходять у ході перевідбиття і дифракції; пересування мобільних абонентів під час сеансу зв'язку вносить у сигнали доплерівські частотні зрушення; наявність великої кількості відбивачів приводить до ефекту розсіювання електромагнітних хвиль і багатопроменевому поширенню (MS приймає безліч інтерферуючих сигналів-копій). Внаслідок відзначених явищ у каналі зв'язку мають місце загасання сигналів, повільні замирання сигналів та швидкі замирання сигналів. Набір емпіричних формул дозволяє розрахувати середні втрати потужності на трасі розповсюдження радіохвиль для різних типів місцевості.

2. Запропоновано і досліджено один із варіантів математичної моделі системи автоматичного регулювання потужності передавача (системи АРПП) у каналі радіозв'язку MS-BS, яка при будь-якій дальності мобільної станції MS від базової станції BS забезпечує один і той самий рівень сигналу, який надходить від MS, на вході приймача BS.

ЛІТЕРАТУРА

1. В.І. Гостев, Синтез нечітких регуляторів систем автоматичного управління. – 3-е видання. – К.: «Радіоаматор», 2005. – 708 с.
2. В.І. Архангельський, І.Н. Богаєнко, Г.Г. Грабовський/ Системи фаззи - управління. – К.: Техніка, 1997. – 208 с.

3. Посібник з техніки автоматичного регулювання/ під редакцією Дж. Дж. Тракселя /. – М. – Л.: Держенерговидавництво, 1962. – 784 с.
4. Чістяков Н.І., Сідоров В.М., Радіоприйомні пристрої. Посібник для вузів. М., «Зв'язок», 1974. – 408 с.

УДК 802.0:621.396.932.1:629.783

ЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПЬЮТЕРНЫЕ «ОБЛАЧНЫЕ» ТЕХНОЛОГИИ В РЕАЛИЗАЦИИ КОНЦЕПЦИИ E-NAVIGATION

С.А. Михайлов, д.т.н., профессор
Д.А. Салабутина, курсант
Национальный университет «Одесская морская академия»

Концепция e-Navigation предлагает комплексное использование современных технологий для повышения эффективности навигационно- гидрографического и гидрометеорологического обеспечения мореплавания, организации поиска и спасения терпящих бедствие кораблей и судов, безопасности навигации. Этот актуальный подход обеспечивает целостный взгляд на использование Интернет-технологий и возможный путь развития мировой системы обеспечения безопасности людей, грузов, объектов навигации во всех средах, выполняющих любую специальную задачу в процессе навигации.

Необходимость реализации концепции e-Navigation на море вызвана следующими проблемами, влияющими на эффективность и безопасность судоходства. Это дезинтеграция существующих технологий навигации и управления судоходством, затрудняющая оперативный обмен навигационной информацией для повышения безопасности и эффективности судоходства, отсутствие стандартов для берегового и судового навигационного оборудования и универсальных правил их применения, постоянно возрастающий риск влияния человеческого фактора на безопасность навигации, при увеличивающемся уровне автоматизации без должной унификации и интеграции судового и берегового оборудования.

Морская навигация в настоящее время сильно зависит от спутниковых навигационных систем, таких, как глобальные навигационные спутниковые системы (GNSS) GPS, ГЛОНАСС, Galileo и др. Можно сказать, что электронная навигация предлагает мореплавателям преимущества в более широких масштабах, чем сама навигация, так как предлагает более эффективные каналы связи. Её преимущества являются одним из сильнейших аргументов для внедрения инновационных технологий при решении вопросов электронной навигации, так как при этом весьма высок потенциал экономического роста [1].

Безусловно, при реализации стратегии e-Navigation будут внедряться новые технологические решения, связанные с обменом информацией. В частности, для обмена информацией в e-Navigation могут быть применены новые технологии беспроводного доступа в компьютерные сети, которые позво-

лят обеспечить качественную цифровую связь в направлении «судно - берег», «берег - судно», «судно 1 - берег - судно 2» при нахождении судов в зоне действия базовых станций систем радиодоступа.

Применение таких технологий открывает широкие возможности для передачи на суда различной информации, относящейся к навигации (СУДС, АИС, метеорологической и т.д.), а также позволяет осуществить доступ экипажу судна к сети Интернет, IP-телефонии, телефонной сети общего пользования, услугам Skype, Viber и т.д. Береговые службы также смогут получать необходимую навигационную информацию с судна практически в реальном масштабе времени.

Возможно, одной из самых интересных и перспективных инноваций, предлагаемых технологиями электронной навигации для удовлетворения возникающих потребностей мореплавателей, является «морское облако» (см. рис.1).

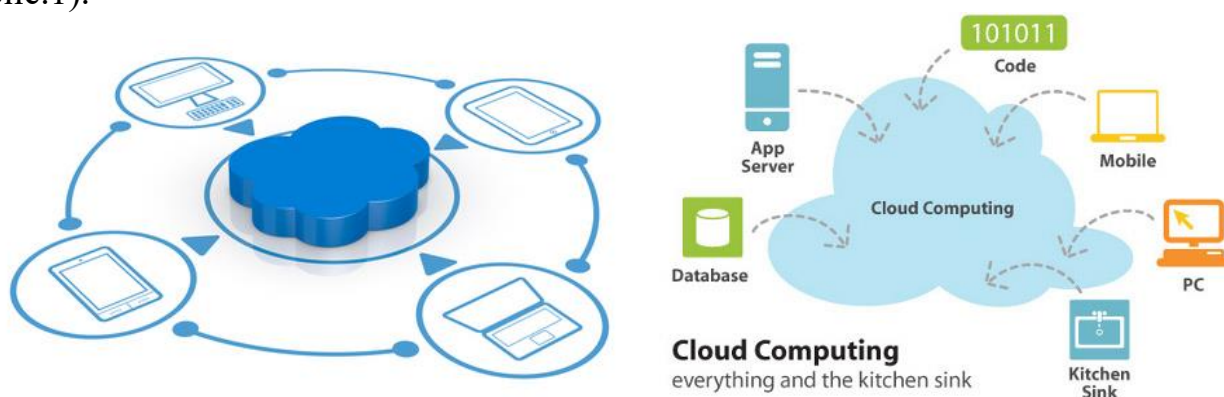


Рисунок 1 – Пример электронного компьютерного «облака»

Облачные технологии – это удобная среда для хранения и обработки информации, объединяющая в себе аппаратные средства, лицензионное программное обеспечение, каналы связи, а также техническую поддержку пользователей [2]. Работа в «облаках» направлена на снижение расходов и повышение эффективности работы предприятий.

Уже известен опыт использования нескольких электронно-навигационных образцов «морского облака», получивших известность и признание как «экосистема» для электронной навигационной коммуникации [1]. Облако-ориентированный подход к обмену информацией и управления, позволяет эффективно обмениваться информацией между заинтересованными сторонами в морском пространстве, используя наиболее популярные и часто применяемые каналы связи (существующие и новые).

«Морское облако» обеспечит возможность решать задачи стандартизованными и автоматизированными способами, предоставляя надежную и точную информацию, необходимую для безопасности мореплавания.

К положительным сторонам компьютерных облачных технологий можно отнести ряд следующих показателей [3]:

- доступность: облака доступны всем, из любой точки, где есть Интернет, с любого компьютера, где есть браузер. Нет необходимости в покупке ли-

цензионного ПО, его настройке и обновлении, вы просто заходите на сервис и пользуетесь его услугами;

- низкая стоимость: снижение расходов на обслуживание виртуальной инфраструктуры; оплата фактического использования ресурсов, пользователь облака платит за фактическое использование вычислительных мощностей облака, что позволяет ему эффективно распределять свои денежные средства; использование облака на правах аренды позволяет пользователям снизить расходы на закупку дорогостоящего оборудования и развитие аппаратной части вычислительных систем, в связи с чем возможно снижение стоимости оборудования;

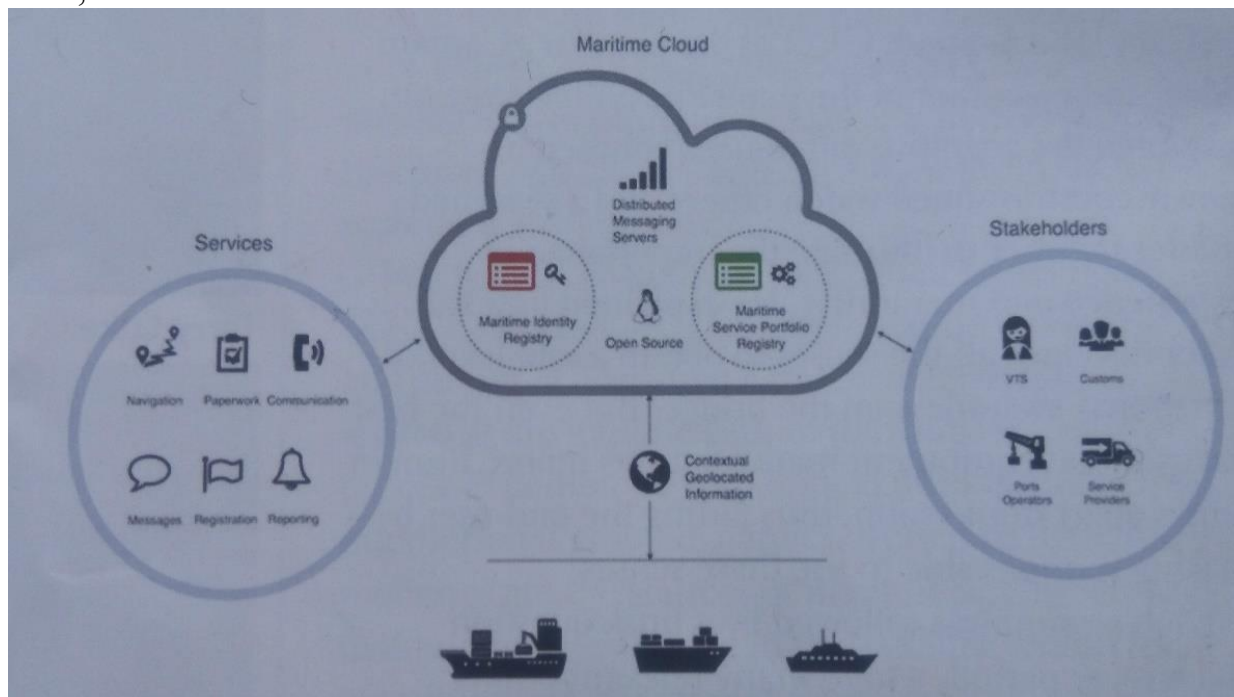


Рисунок 2 – Пример морского компьютерного «облака»

- гибкость: неограниченность вычислительных ресурсов (память, процессор, диски), за счет использования систем виртуализации, процесс масштабирования и администрирования «облаков» становится достаточно легкой задачей, так как «облако» самостоятельно может предоставить вам ресурсы, которые вам необходимы, а вы платите только за фактическое их использование;

- надежность: надежность «облаков», особенно находящихся в специально оборудованных центрах обработки данных, очень высокая, так как такие центры имеют резервные источники питания, охрану, профессиональных работников, регулярное резервирование данных, высокую пропускную способность передачи данных Интернет-канала, высокую устойчивость к DDOS атакам хакеров;

- безопасность: «облачные» сервисы имеют достаточно высокую безопасность при должном ее обеспечении, однако при халатном отношении персонала эффект может быть полностью противоположным. Но также не стоит недооценивать некоторые недостатки этих технологий [3]:

- постоянное соединение с сетью – для получения доступа к услугам «облака» необходимо постоянное соединение с сетью Интернет;

- надежность – что касается надежности хранимой информации, то с уверенностью можно сказать, что если вы потеряли информацию, хранимую в “облаке”, то вы ее потеряли навсегда; безопасность – “облако” само по себе является достаточно надежной системой, однако при проникновении в него злоумышленник получает доступ к огромному хранилищу чужих данных. Еще один минус — это использование систем виртуализации, в которых в качестве гипервизора используются ядра стандартных операционных систем, таких, как Linux, Windows и др., что позволяет использовать вирусы;

- конфиденциальность – конфиденциальность данных, хранимых на публичных «облаках» в настоящее время вызывает много споров, но в большинстве случаев эксперты сходятся в том, что не рекомендуется хранить наиболее ценные документы на публичном “облаке”, так как на сегодняшний день нет технологии, которая бы гарантировала 100% конфиденциальность хранимых данных;

Немаловажно, что в стратегии e-Navigation так называемому «человеческому фактору» отводится особая роль. Предполагается, что в результате внедрения e-Navigation, риск человеческой ошибки, связанной с замешательством и растерянностью персонала, должен быть минимизирован за счет снижения нагрузки на специалистов, принимающих решения на судне и на берегу, предоставления им обобщенной информации с применением удобного и понятного пользовательского интерфейса.

В результате внедрения концепции e-Navigation, к положительным сторонам стоит отнести: унификацию и стандартизацию всего навигационного и берегового оборудования, разработку единых правил и руководств по управлению движением судами; возможность подготовки судовых и береговых специалистов по единым требованиям и правилам; снижение степени влияния человеческого фактора на принятие решения за счет повышения уровня автоматизации процессов получения и обработки информации, значимой для обеспечения безопасности мореплавания. Кроме того, повысится степень информационной и системной интеграции судовых и береговых навигационно-информационных систем, а также эффективность анализа информации за счет оперативного получения и применения единой универсальной методики ее обработки. Все это будет способствовать комплексному использованию современных судовых, береговых средств и систем, а также повысит экономическую эффективность применения навигационных систем и снижению затрат на их создание и эксплуатацию.

ЛИТЕРАТУРА

1. Nick Lemon. E-Nav advances. // Seaways: The International Journal of The Nautical Institute/ July, 2015. - London - UK: Stephens&George, Merthyr Tydfil, 2015.- № 7. - p. 10 - 11.
2. <http://efsol.ru/technology/cloud-technology.html>
3. <http://saratov.ito.edu.ru/2013/section/207/92664/>

ДЕСЯТЬ ПРАВИЛ ДОСТИЖЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ИНФОРМАЦИИ МОРСКИХ РАДАРОВ

С.А. Михайлов, д.т.н., профессор

Т.В. Шуляк, курсант

Национальный университет «Одесская морская академия»

Радиолокационная станция (РЛС), радар или радиолокатор - это всё синонимы названий одного устройства, которое предназначено отображать на своем на экране расположение других целей по отношению к вашему судну, даже если вы не можете увидеть их своими глазами из-за плохой видимости. Радар действует как ваши глаза, у вас есть возможность видеть объекты (цели), такие как другие суда, сушу, а также погодные фронты, чтобы помочь вам в управлении вашим судном. Использование судовых радаров позволяет сократить вероятность столкновения и других аварийных ситуаций на море. На экране судового радара отображаются все объекты, которые находятся в радиусе действия радиолокатора. Одним из главных преимуществ морских радаров является то, что потребляемая ими мощность и расход электроэнергии на них небольшие.

Установив радиолокационную станцию на своем судне - вы сможете видеть сквозь туман, дождь и темноту, что оказывает существенную помощь в безопасной навигации. Даже наименее дорогостоящие радары предоставляют достаточный объем оперативных возможностей. Экраны дисплея являются водонепроницаемыми, поэтому нет угрозы выхода из строя радара во время плохих погодных условий.

Морская антенна радара постоянно вращается, освещая окрестности непрерывными, очень короткими сериями быстро повторяющихся импульсов энергии. Отраженные от удаленной цели импульсы ловит приемник, и эта цель будет указана на экране РЛС именно в том направлении, в котором его увидел радар. Расстояние, на которое удалена цель, рассчитывается исходя из времени, истекшего с момента, когда импульс был послан до момента получения импульса приемником после отражения. Интенсивность и яркость цели на экране зависит от того, сколько энергии было отражено от цели. Размер цели, как правило, связан с размером отражающей поверхности, хотя небольшие цели, выполненные из материалов с высокой отражающей способностью, на экране радара могут казаться больше, чем крупные цели, выполненные из материалов с низкой отражающей способностью. Металлические поверхности, как правило, обладают лучшей отражающей способностью, в то время как поверхности из дерева и стекловолокна обладают низкой отражающей способностью.

Недостатком применения электронной радиолокационной техники, используемой на море, является то, что большинство малых судов трудно обнаружить с помощью радаров. На самом деле обычные лодки из стекловолокна являются практически невидимыми для радара. Металлическая мачта также яв-

ляется очень плохим радиолокационным отражателем. Чтобы быть видимым на радаре другого судна - ваше судно должно обеспечить отражающие поверхности, способные вернуть значительное количество импульсов обратно в ту сторону, откуда они прибыли и были отправлены.

Морские бортовые навигационные РЛС используются в судовождении для обнаружения, определения координат и параметров движения различных надводных и береговых объектов, береговой линии и других препятствий, способных отражать энергию зондирующих сигналов в сторону бортовой РЛС. Для эффективного решения этих задач предлагается десять правил, позволяющих достичь достаточной информативности и обеспечить безопасность мореплавания.

1. Надежность радара. Радар является одним из важнейших приборов среди другого навигационного оборудования на мостике из-за своей надежности и независимости от других внешних систем, например таких, как GPS.

2. Существует два основных способа использования радиолокатора: для предупреждения столкновений и для навигации. Поэтому профессиональные штурманы должны знать, как эффективно использовать радар для обеих задач.

3. Современный радар имеет много усовершенствованных функций и опций. Штурманы должны знать, как использовать эти инструменты, их ограничения и как работать без них, если понадобится.

4. Всегда нужно проверять показания радара другими альтернативно независимыми системами. Никогда нельзя предполагать - нужно быть точно уверенным.

5. Для того, чтобы использовать РЛС на практике, требуется ознакомление, обучение и тренажерная подготовка. Независимо от того, насколько хорошо вы знаете радары в общем, когда вы приходите на новое судно, необходимо ознакомиться с конкретной бортовой аппаратурой.

6. Автоматическая настройка параметров РЛС является очень удобной и полезной функцией. Однако, нужно знать - как и когда использовать ручные настройки. Функции настройки должны быть проверены, прежде чем их использовать.

7. Цель практики. Постоянно контролируйте различные диапазоны, а также возможность использовать экран в выявлении всех возможных целей.

8. Нужно знать и правильно понимать - что отображается в данный момент на экране и как использовать каждый эффект и сигналы на экране радара.

9. Наставничество – обычно не лучший способ установить предпочтения в настройках для дисплея радара и выбора изменений параметров экрана в зависимости от навигационных обстоятельств. Обсуждение возможных вариантов между членами команды мостика и капитаном может обеспечить превосходный опыт обучения для всех навигаторов – как молодых, так и опытных.

10. Технологические и эксплуатационные характеристики радара стремительно прогрессируют. Следите за появлением новых систем РЛС и используйте на практике те новые предложения, которые материально оправданны.

Опыт практического судоходства подтвердил эффективность этих десяти правил. Они добыты кровью, потом и здоровьем, а порой и ценою жизни моряков.

ЛИТЕРАТУРА

1. Alert! The International Maritime Human Element Bulletin/ June 2014 | The Navigator. – London – UK. – p. 11.
2. Бакулев П.А. Радиолокационные системы. – М.: Радиотехника, 2004.
3. Белоцерковский Г.Б. Основы радиолокации и радиолокационные устройства. – М.: Советское радио, 1975.

УДК 681.518.5

РОЗРОБКА ЦИФРОВОГО ПРИСТРОЮ УПРАВЛІННЯ РАДІОСТАНЦІЙ

В.А.Завадський, к.т.н., професор

О.Я.Пишний, к.т.н., доцент

К.В. Чебан, курсант

Національний університет «Одеська морська академія»

Метою роботи є розробка універсального цифрового пристрою - симплектора, який зможе суттєво збільшити відстань зв'язку радіо передавальних та приймальних пристроїв. Симплексор автоматично керує всіма режимами радіостанції й не потребує обслуговування. Сумісно з радіостанцією багатократно збільшує зону дії й надійність радіозв'язку. Симплексор має світлодіодну індикацію, зручний у використанні та майже не займає місця.

Особливість даного симплексору - малі розміри, велика кількість записуємої інформації в порівнянні з його аналогами. Завдяки цьому з'являється додаткова зручність: малий об'єм — велика кількість інформації. Для побудови симплексору обрано стандартний набір мікросхем 561-шої серії та мікросхеми пам'яті. Всі комплектуючі деталі не є дефіцитними.

В роботі виконано:

- вибір і аналіз схеми електричної принципіальної;
- розроблено друковану плату;
- розрахунки надійності, конструктивні параметри друкованої плати, конструктивно-електричний розрахунок трансформатора, розрахунок температурних режимів корпусу та елементів, температури нагрітої зони.

В процесі проектування на базі схеми електричної принципової був розроблений основний комплект конструкторських документів (розроблені креслення печатної плати - формат А1, складальне креслення печатної плати - формат А1, складальне креслення симплексору - формат А1).

В роботі приведене обґрунтування вибору елементної бази для виготовлення симплексору. Вся вибрана елементна база є малопотужною і не є дефіцитною.

Виконано розрахунки:

- розрахунок температури корпусів мікросхем ;
- розрахунок печатної плати, на базі якого було розроблене креслення печатної плати.

Печатна плата виготовляється з двостороннього фольгованого склотекстоліту марки СФ 2-35-2 фотохімічним методом. Розміри печатної плати 100 X 160 мм. (європлата).

За попереднім розрахунком надійності для даного симплексору гарантований строк служби складає 16 тисяч годин безперервної роботи, симплексор має гарне значення коефіцієнта вірогідності відновлення приладу (0,61) - це показує високу ремонтпридатність. Також отримано добрі значення коефіцієнтів готовності до роботи (0,99). Таким чином, симплексор є достатньо надійним в експлуатації.

Приведене обґрунтування вибору конструкції, матеріалів та покриття, ергономічного оформлення приладу, розрахунок технологічності конструкції та технічні умови. Оформлення симплексору передбачається в металевому корпусі, конструкція симплексора є простою, надійною, легкою та малогабаритною та технологічною (мінімальна трудоемність монтажно та спуссарно-складальних робіт, максимальна автоматизація виробництва).

В конструкції симплексора не використовуються дефіцитні матеріали, їх вибір обумовлений використанням прогресивних методів обробки (штампування, гнуття, витягування), малою ціною та масою (оскільки прилад може використовуватись на рухомих об'єктах}. При цьому експлуатаційні якості приладу не погіршуються. Він може використовуватись у будь-яких кліматичних умовах. В технічних умовах наведені основні експлуатаційні показники та засоби контролю його якості.

Також показана можливість серійного типу виробництва на поточно-конвеєрній лінії. Вибір технологічних процесів обумовлений використанням прогресивних методів обробки, високою технологічністю, а також функціональними та конструктивними особливостями приладу.

Розроблені: маршрутні технологічні карти складання та монтажу печатного вузла симплексора, операційна технологічна карта на операцію по установці на плату радіоелементів та операційна карта контролю.

ЛІТЕРАТУРА

1. Arduino Internals, Dale Wheat Book Description Publication Date: November 16, 2011 Edition 1.
2. «Практическое руководство по применению 16-разрядных микроконтроллеров Intel MCS-196/296 во встроенных системах управления» Козаченко В.Ф. М.:ЭКОМ, 1997. -500с.,
3. Макс Шлее - Qt 4.5. Профессиональное программирование на C++. 2010г.Издательство: БХВ-Петербург, 896 стр.

РОЗРАХУНОК І АНАЛІЗ ХАРАКТЕРИСТИК ЛІНІЙНИХ РАДІОТЕХНІЧНИХ ЛАНЦЮГІВ

С.М.Дранчук, к.т.н., доцент
В.А.Завадський, к.т.н., професор
А.О. Касьяненко, курсант
Національний університет «Одеська морська академія»

Реальний електричний ланцюг зв'язку має достатньо складну структуру, яка складається з великої кількості передаючих, розподільних, перетворюючих електричну і інші види енергії приладів. При розрахунках реальні електричні ланцюги замінюють еквівалентними схемами, в яких реальні пристрої замінюються сукупністю ідеальних (маючих однакові властивості) елементів, що спрощує розрахунки.

Задача теорії лінійних ланцюгів – вивчення сумісної дії всіх утворюючих ланцюг елементів загальними методами незалежно від фізичних процесів, визначаючих їх працездатність.

В роботі визначено комплексний коефіцієнт передачі напруги для пасивного лінійного ланцюга; розраховано і побудовано графічні залежності АЧХ і ФЧХ ланцюга для лінійної схеми (див. рис.1).

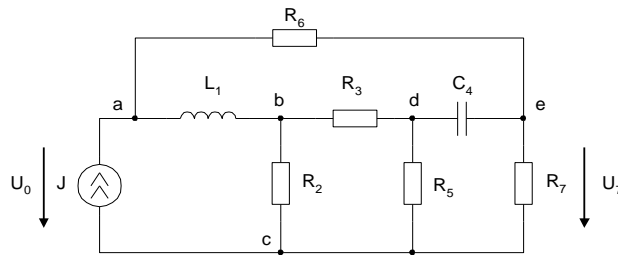


Рисунок 1 – Пасивний лінійний ланцюг

$$\dot{K}_U = \frac{\dot{U}_7}{\dot{U}_0} = \frac{\dot{\phi}_e - \dot{\phi}_c}{\dot{\phi}_a - \dot{\phi}_c} = \frac{\dot{\phi}_e}{\dot{\phi}_a}$$

Обираємо $\phi_c = 0$ В:

$$\begin{cases} \phi_a Y_a - \phi_b Y_{ab} - \phi_e Y_{ae} = J \\ -\phi_a Y_{ab} + \phi_b Y_b - \phi_d Y_{bd} = 0 \\ -\phi_b Y_{bd} + \phi_d Y_d - \phi_e Y_{de} = 0 \\ -\phi_a Y_{ae} - \phi_d Y_{de} + \phi_e Y_e = 0 \end{cases} \begin{pmatrix} Y_a & -Y_{ab} & 0 & -Y_{ae} \\ -Y_{ab} & Y_b & -Y_{bd} & 0 \\ 0 & -Y_{bd} & Y_d & -Y_{de} \\ -Y_{ae} & 0 & -Y_{de} & Y_e \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} \phi_a \\ \phi_b \\ \phi_d \\ \phi_e \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} J \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$K_U = \frac{\phi_e}{\phi_a} = \frac{\Delta_e}{\Delta_a} = \frac{\Delta_e}{\Delta_a} = \frac{(-1)^{m+n} M_{mn}}{(-1)^{x+y} M_{xy}} \quad K_U = \frac{-M_{14}}{M_{11}},$$

де:

-m і n - відповідно номери рядка і стовпця елемента матриці вузлової провідності має індекси шуканих потенціалів ($-Y_{ae}$);

-x і y - те ж, для вузлової провідності вхідного вузла (Y_a);
 $-M_{mn}$ і M_{xy} і M_{yx} - мінори елементів - Y_{ae} и Y_a .

$$M_{14} = \begin{pmatrix} -Y_{ab} & Y_b & -Y_{bd} \\ 0 & -Y_{bd} & Y_d \\ -Y_{ae} & 0 & -Y_{de} \end{pmatrix} = -Y_{ab}Y_{bd}Y_{de} - Y_{ae}Y_bY_d + Y_{ae}Y_{bd}^2 = -\frac{1}{j\omega L} \cdot \frac{1}{R_3} \cdot j\omega C - \frac{1}{R_6} \cdot \left(\frac{1}{j\omega L} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}\right) \cdot \left(\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_5} + j\omega C\right) + \frac{1}{R_6} \cdot \left(\frac{1}{R_3}\right)^2 = -1.929 \cdot 10^{-11} - \frac{6.205 \cdot 10^{-15} (j\omega)^2 + 2.415 \cdot 10^{-8} j\omega + 6.703 \cdot 10^{-5}}{j\omega} + 1.206 \cdot 10^{-8} = \frac{6.205 \cdot 10^{-15} (\omega^2 - 1.951 \cdot 10^6 j\omega - 1.080 \cdot 10^{10})}{j\omega}$$

$$M_{11} = \begin{pmatrix} Y_b & -Y_{bd} & 0 \\ -Y_{bd} & Y_d & -Y_{de} \\ 0 & -Y_{de} & Y_e \end{pmatrix} = Y_bY_dY_e - Y_bY_{de}^2 - Y_{bd}^2Y_e = \left(\frac{1}{j\omega L} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}\right) \cdot \left(\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_5} + j\omega C_4\right) \cdot \left(j\omega C_4 + \frac{1}{R_6} + \frac{1}{R_7}\right) - \left(\frac{1}{j\omega L} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}\right) \cdot (j\omega C_4)^2 - \left(\frac{1}{R_3}\right)^2 \cdot \left(j\omega C_4 + \frac{1}{R_6} + \frac{1}{R_7}\right) = \frac{1.648 \cdot 10^{14} (j\omega)^2 + 2.838 \cdot 10^{-8} j\omega + 7.869 \cdot 10^{-5}}{j\omega} - 2.362 \cdot 10^{-21} \omega^2 - \frac{6.561 \cdot 10^{-18} (j\omega)^2}{j\omega} + 2.362 \cdot 10^{-21} \omega^2 - \frac{4.592 \cdot 10^{-15} (j\omega)^2 + 1.416 \cdot 10^{-8} j\omega}{j\omega} = \frac{-1.188 \cdot 10^{-14} (\omega^2 - 1.197 \cdot 10^6 j\omega - 6.624 \cdot 10^9)}{j\omega}$$

$$K_U(j\omega) = 0.522 \cdot \frac{(\omega^2 - 1.951 \cdot 10^6 j\omega - 1.080 \cdot 10^{10})}{\omega^2 - 1.197 \cdot 10^6 j\omega - 6.624 \cdot 10^9}$$

Перевірено формулу комплексного коефіцієнта передачі на двох частотах $\omega=0$ і $\omega=\infty$, а також $\omega \rightarrow \infty$, $X_L \rightarrow \infty$, $X_C \rightarrow 0$

Розраховано і побудовано амплітудно - частотні і фазо-частотні характеристики.

Висновок:

В роботі виконано аналіз методів розрахунку електричних кіл із зосередженими і з розподіленими параметрами, розраховано їхні характеристичні і хвильові параметри, постійні передачі й коефіцієнти передачі напруги. побудовано амплітудно-частотні і фазо-частотні характеристики.

Всі розрахунки і побудова графіків виконувалися за допомогою програмного пакета MATHCAD 7.0 Pro.

ЛІТЕРАТУРА

1. Москатов Е.А. Электронная техника. – Таганрог, 2004. – 121стр.
2. Рычина Т.А. и Зеленский А.В. Устройства функциональной электроники и электрорадиоэлементы.- М.: Радио и связь, 1989.
3. Волгов В.А. Детали и узлы радиоэлектронной аппаратуры. - М.: Энергия, 1975.

АЛГОРИТМ МАРШРУТИЗАЦИИ ДЛЯ СИСТЕМЫ СВЯЗИ С ДИНАМИЧЕСКОЙ ТОПОЛОГИЕЙ СЕТИ

В.А. Завадский, к.т.н., профессор

Д.А. Захарченко, аспирант

О.Я. Пышный, доцент

Национальный университет «Одесская морская академия»

В период с 1998 по 1999 годы Satellite Working Group были сформулированы базовые рекомендации по разработке систем спутниковой связи. В одной из рекомендаций была поставлена задача интеграции систем космической связи с системами наземной связи при приоритетном использовании систем наземной связи [1]. Примером интеграции космических систем связи с наземными является развитие VSAT технологии. Рост объемов передаваемой информации повлек проблемы ограничения пропускной способности систем космической связи [2].

Одной из групп-потребителей услуг космической связи являются удаленные от наземных телекоммуникационных систем транспортные объекты (самолеты, корабли, поезда). Системным свойством данной категории объектов является установленные маршруты и графики перемещения. Для снижения нагрузки на системы спутниковой связи предлагаются способы построения систем передачи информации непосредственно между транспортными объектами [3]. Построение системы связи достигается за счет расположения сетевого оборудования на удаленных транспортных объектах. Таким образом, система связи приобретает динамическую топологию [4,5]. Динамичность топологии вызывает трудности маршрутизации. Трудности маршрутизации вызывают ограничения скорости передачи информации.

Целью работы является разработка алгоритма построения таблиц маршрутизации для наземных высокоскоростных систем связи с динамической топологией сети (ДТС).

Для описания топологии систем связи с ДТС используется методы теории графов. При помощи теории графов топологии сети преобразуется в матричную форму. На основании полученных матриц производится расчет таблиц маршрутизации.

На выходе модели получается последовательность таблиц маршрутизации. Структурная схема алгоритма предварительного расчета ТМ для систем связи с ДТС показана (см. рис. 1)

При работе алгоритма решаются следующие задачи: вычисляются усредненные параметры движения объектов; принимается решение о пригодности рассчитанных параметров; усредненные параметры используются для прогнозирования топологических изменений системы связи на заданный интервал времени; рассчитываются маршруты передачи информации на основе прогноза топологических изменений; подготавливаются таблицы маршрутизации, производится рассылка таблиц маршрутизации по узлам сети.

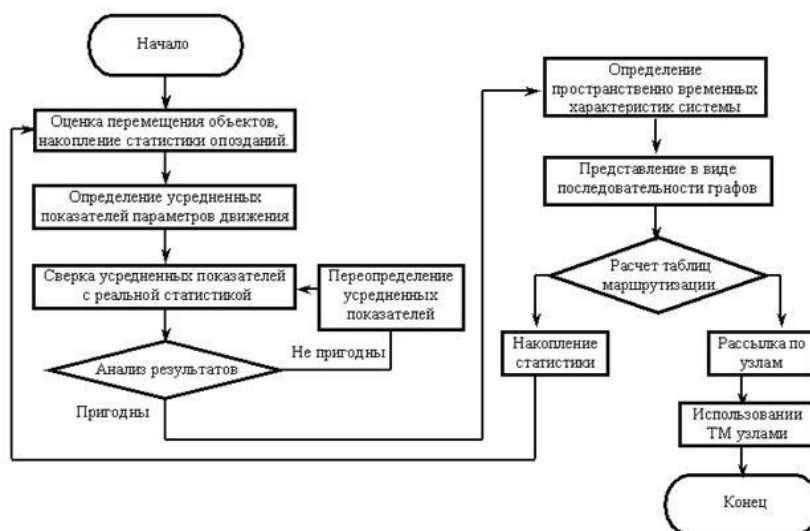


Рисунок 1 - Последовательность операций предварительного расчета таблиц маршрутизации.

Разработанный алгоритм построения таблиц маршрутизации для наземных высокоскоростных систем связи с динамической топологией сети позволяет производить предварительный расчет таблиц маршрутизации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Горностаев Ю.М., Соколов В.В., Невдяев Л.М. Перспективные спутниковые системы связи.— М.: «Горячая линия-Телеком» МЦНТИ, 2000.—132 с.
2. Кантор Л.Я. Расцвет и кризис спутниковой связи / Электросвязь, №7, 2007.- С.19-23.
3. Способ мобильной связи между подвижными и стационарными объектами. Заявка на патент №2006127761/09 от 31.07.2006 / Дмитриев В.Н., Сорокин А.А.
4. M. Werner, C. Delucchi, H.-J. Vogel, G. Maral, and J.-J. De Ridder. ATM-based routing in LEO/MEO satellite networks with intersatellite links. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 15 (1):69–82, Jan. 1997.
5. Ramin Hekmat Ad-hoc networks: Fundamental properties and network topologies; Technology, The Netherlands and Rhyzen Information and Consulting Services, Zoetermeer, the Netherlands 2006. – 154 p.

УДК 681.518.5

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО РАСПОЗНАВАНИЯ РЕЧЕВЫХ КОМАНД

О.И. Дума, аспирант
В.А. Завадский, к.т.н., профессор
Национальный университет «Одесская морская академия»

Современные системы распознавания речи, как правило, состоят из множества тесно связанных между собой уровней [2,5]. Эффективность работы таких систем напрямую зависит от качества реализации каждого уровня. Подоб-

ное построение систем основано на бионической модели восприятия речи человеком. На выходе слухового аппарата человека формируется набор сигналов, которые в дальнейшем обрабатываются мозгом и преобразуются в последовательность осмысленных речевых единиц.

Данные, получаемые на выходе каждого модуля, являются входной информацией для следующего уровня системы. Возможно наличие обратной связи между различными уровнями для уточнения полученной информации.

В разработанной системе распознавания речевых команд решается упрощенная задача. Диктором произносится отдельная речевая команда. Таким образом, не требуется производить сегментацию входного сигнала. Также не используется модуль семантической и логической коррекции распознанной последовательности речевых единиц. Однако, после успешного решения задачи распознавания отдельных слов, можно перейти к более сложной проблеме распознавания слитной речи.

Запись и оцифровка звукового сигнала выполняется через микрофон, подключенный к обычной звуковой карте персонального компьютера. Согласно [5] основная информация сигнала, необходимая для распознавания речи, лежит в области частот до 4 КГц. Соответственно, достаточной частотой дискретизации является 8 КГц. Количество уровней квантования современной звуковой карты – 16 бит вполне достаточно для нормального восприятия человеком оцифрованного сигнала. Результат работы данного модуля представлен в виде гистограммы (см. рис.1). Далее оцифрованный сигнал в виде массива значений амплитуд передается на следующий уровень системы.

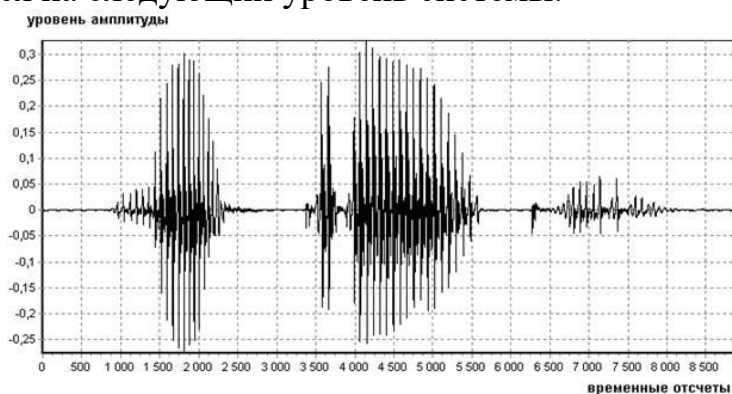


Рисунок 1 - Временная гистограмма слова «настройки»

Одним из основных моментов в задачах распознавания речи является проблема формирования набора компактных эффективных признаков, позволяющих выделить необходимую информацию о речевом сигнале. В современных проектах для получения информативных признаков используют спектральный, корреляционный, кепстральный анализ, вейвлет-преобразования, линейное предсказание речи.

В разработанной системе в качестве информативных признаков используются линейные спектральные корни (ЛСК). На протяжении многих лет ЛСК используются в различных задачах, где необходимо экономно передавать, хранить и достаточно точно воспроизводить информацию о звуковых сигналах [4]. ЛСК позволяют получить информацию о ряде важных параметров речевого

сигнала, таких как частота основного тона, ширина полос формантных частот, различные параметры состояния голосового тракта [5]. Данные признаки компактны, независимы от уровня сигнала, слабо чувствительны к смене диктора. Кроме того, алгоритмы расчета ЛСК удобны в реализации на ЭВМ и позволяют производить вычисления в реальном масштабе времени.

Набор из векторов ЛСК формируется в окне сигнала определенной длины. Размер окна определяется опытным путем. Как правило, он включает в себя несколько периодов основного тона распознаваемого сигнала. Результаты работы модуля по выделению первичных признаков показаны (см. рис. 2). Далее массив векторов ЛСК передается на следующий уровень системы.

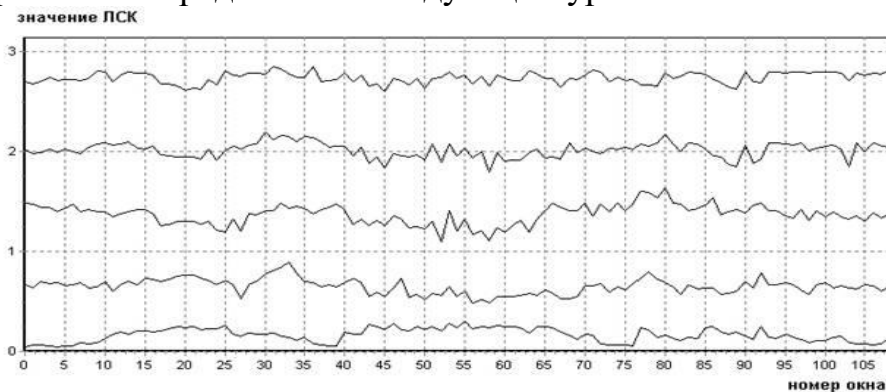


Рисунок 2 - Набор векторов 5 ЛСК для слова «настройки».

ЛИТЕРАТУРА

1. Галунов В.И. и Галунов Г.В. Один подход к автоматическому распознаванию речи // Международная конференция по компьютерной лингвистике «Диалог 2000»
2. Гладышев К.К. Проблема выбора эталонной единицы при распознавании речи // Журнал научных публикаций аспирантов и докторантов. 2008 №9.
3. Ланнэ А.А. Новая теория линейных спектральных корней // Труды 3-ей Международной конференции «Цифровая обработка сигналов и ее применение», Москва, 2000 г. 29 ноября - 1 декабря с.118-125.
4. Маркел Дж., Грей А.Х. Линейное предсказание речи – М.:Связь, 1980.
5. Фланаган Д. Анализ, синтез и восприятие речи – М.: Связь, 1968.

УДК 621.396

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ОБЪЕКТОВ В СИСТЕМАХ АДАПТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ НЕЙРО-НЕЧЕТКИХ СЕТЕЙ

Р.Ю. Харченко, аспирант
Національний університет «Одеська морська академія»

Предложена структура нейро - нечеткой системы (ANFIS) параметрической идентификации и адаптации настроечных параметров ПИ - регулятора. Реализованная в специализированном пакете Matlab, нейро-нечеткая сеть позволила рассчитать параметры передаточных функций объекта по каналу управ-

ления при разных нагрузочных характеристиках объекта. Апробация предложенной структуры в среде Simulink позволила получить ожидаемый апериодический переходный процесс с минимальным временем регулирования.

Введение. В процессе эксплуатации автоматизированных систем регулирования (АСР) сложных объектов они подвергаются периодическому воздействию внутренних и внешних возмущений вызванных изменениями нагрузки и режимов работы объекта, новым заданием, наличием дефектов и износов, влиянию дополнительных контуров регулирования и т.д. Возмущающие факторы приводят к изменению значений параметров объектов, появлению новых свойств, усилению нелинейности, инерционности и запаздывания. В силу этого, типовые пропорционально-интегральные (ПИ) и пропорционально-интегрально-дифференциальные (ПИД) – регуляторы, рассчитанные на основе проектных аналитических решений, нуждаются в адаптации своих настроечных параметров [1]. Для получения новых значений параметров типовых регуляторов необходимо знание математической модели объекта управления. Однако, создание новых аналитических моделей в производственных условиях трудоемкий и затратный процесс, при котором полученная модель будет иметь упрощенный характер в силу идеализации ряда основных параметров и не учета второстепенных. Это предопределяет необходимость проведения экспериментальных исследований и получение опытных данных непосредственно на действующем объекте управления.

На предложенной автором схеме (рис.1) идентификация объекта в АСР происходит после подачи единичного возмущения по каналу регулирования. Идентификатор в виде обученной нейронной нечеткой сети (ННС) настроен на определения значений параметров объекта исследования (обучающая выборка семейства значений параметров кривых разгона или передаточных функций инерционных звеньев с запаздыванием). Наличие ННС позволяет провести идентификацию зашумленного сигнала кривой разгона с минимальным временем и без повторных экспериментов. Далее информация о математической модели объекта поступает в адаптер, вычисляющий по значениям передаточных функций, оптимальные настройки ПИ и ПИД – регуляторов по критерию минимального времени регулирования. Оператор или лицо принимающее решение (ЛПР) получает информацию от идентификатора и адаптера и может осуществить коррекцию алгоритма обучения ННС, обучающей выборки параметров семейства кривых разгона или значений передаточных функций.

Система интеллектуальной идентификации, представленная на рис. 1, состоит из идентификатора, производящего аппроксимацию переходной характеристики (кривой разгона), и адаптера, в котором производится расчет значений настроечных параметров регулятора. Вместе с тем, часто при пусконаладочных работах процесс идентификации осуществляет оперативный персонал посредством наблюдения реакции системы на ступенчатое воздействие, осуществляемое регулирующим органом. Фиксируя вид переходной характеристики и имея из опыта представление о характере влияния параметров возмущения (λ) на вид процесса, производят соответствующую корректировку значений параметров объекта.



Рисунок 1 – Структура нейро-нечеткой системы идентификации и адаптации АСР

Следует отметить, что оценка переходной характеристики замкнутого контура в реальных условиях работы систем регулирования обладает, как правило, нестабильным характером. Это означает, что, если эксперимент повторять несколько раз, то будут получаться довольно значительно отличающиеся результаты, что может привести к неадекватной математической модели объекта и, как следствие, к неудовлетворительным показателям качества. Для усовершенствования структуры на рис. 1, предлагается ввести супервизорное сопровождение, т.е. оператора. Оператор или ЛПР проводит слежение за значениями идентификатора и адаптера и производит корректировку их алгоритмов. ЛПР при описании поведения объекта управления удобнее использовать словесные или лингвистические высказывания, например, «отклонение переходного процесса большое, среднее, малое» и т.д. Для облегчения процесса настройки идентификатора и адаптера, а также возможности введения адаптации всего процесса управления, рекомендуется воспользоваться математическим аппаратом интеллектуальных систем.

В качестве примера реализации предложенной структуры интеллектуальной идентификации и адаптации, принимается тепловой объект управления – пароперегреватель, работающий на морском судне. Контролируемым параметром АСР является температура пара, поступающего в судовую паротурбинную установку (ПТУ) и на нагрев топлива.

Исходя из экспериментальных характеристик предлагается создание ННС, учитывающей мнение экспертов, способной к аппроксимации параметров для всех возможных режимов нагрузки, экстраполяции данных, а также к самообучению на основе опыта экспертов и алгоритма обратного распространения ошибки [2-4].

Нейро-нечеткая сеть, действующая на основе алгоритма Сугено, создается исходя из выполнения ряда этапов [5]. Ключевым этапом является создание нечеткой базы знаний описывающей свойства объекта управления исходя из опыта и знаний эксперта-технолога.

Структура ННС вида ANFIS реализована на основе обучающей выборки.

В пакете Matlab (Simulink) проведен имитационный эксперимент, производящий сравнение предложенной и действующей систем регулирования. Ожидаемый апериодический переходный процесс предложенной АСР показан на рис. 2, процесс 2.

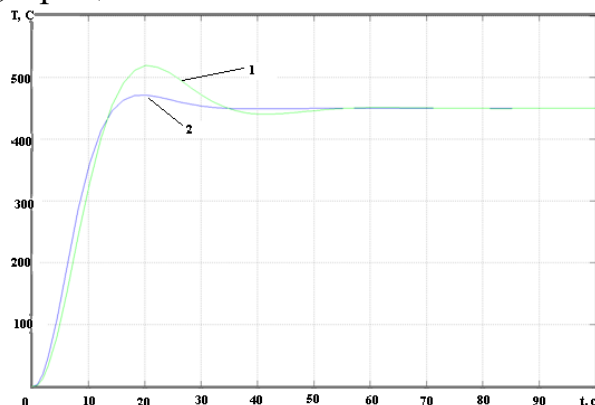


Рисунок 2 – Переходные процессы АСР по каналу задания
1 – действующая АСР, 2 – предложенная адаптивная АСР

Заключение. Апробирована предложенная структура динамической идентификации сложных объектов управления, на примере судового парогенератора. Сравнительный анализ показателей качества переходных процессов действующей АСР и предложенной системы, продемонстрировал в 2 раза меньшее время регулирования и в 6 раз меньшее значение заброса у нейросетевой системы. Можно указать, что интеллектуальная система идентификации способна к самообучению в отличие от традиционных методов аппроксимации, что также способствует ее успешной адаптации в производственных судовых условиях.

Использование аппарата нейронных сетей, в которых выводы производятся на основе теории нечетких множеств, успешно позволяют провести идентификацию объектов функционирующих даже в динамических режимах, свойственных маневрированию судна или влиянию неблагоприятной гидрометеорологической и навигационной обстановки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ротач В. Я. Теория автоматического управления / В. Я. Ротач. - М.: МЭИ, 2008 - 396 с.
2. Леоненков А. Ю. Нечеткое моделирование в среде Matlab и fuzzyTech / А. Ю. Леоненков. - 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.
4. Astrom, K. J. Advanced PID control / K. J. Astrom, T. Hagglund T. – ISA - The Instrumentation, Systems, and Automation Society. – 2006. – 460 p.
5. V. S. Mikhailenko, R. Yu. Kharchenko. Analysis of Traditional and Neuro_Fuzzy Adaptive System of Controlling the Primary Steam Temperature in the Direct Flow Steam Generators in Thermal Power Stations // Automatic Control and Computer Sciences, 2014, Vol. 48, No. 6, pp. 334-344.

ФУНКЦІЇ КЕРУВАННЯ КІБЕРБЕЗПЕКОЮ НА МОРСЬКОМУ ТРАНСПОРТІ

Ю.С. Шевцов, докторант
Національний університет «Одеська морська академія»

Інформаційна безпека – це етап кібербезпеки, який визначається наступними поняттями [1].

Кіберсереда: Включає користувачів, мережі, пристрої, програмне забезпечення, процеси, збережену або транзитну інформацію, додатки, послуги та системи, які можуть бути прямо або побічно з'єднані з мережами.

Кібербезпека: Кібербезпека – це набір засобів, стратегії, принципи забезпечення безпеки, гарантії безпеки, що керують принципами, підходи до керування ризиками, дії, професійна підготовка, практичний досвід, страхування та технології, які можуть бути використані для захисту кіберсереді, ресурсів організації та користувача. Ресурси організації та користувача включають приєднані комп'ютерні пристрої, персонал, інфраструктуру, додатки, послуги, системи електрозв'язку та сукупність переданої та збереженої інформації в кіберсереді. Кібербезпека полягає в спробі досягнення та збереження властивостей безпеки у ресурсах організації або користувача, спрямованих проти відповідних загроз безпеки у кіберсереді. Спільні завдання забезпечення безпеки включають наступне:

- доступність;
- цілісність, яка може включати автентичність та безвідмовність;
- конфіденційність.

Основна відмінність інформаційної безпеки від кібербезпеки полягає в наступному. При інформаційній безпеці організовується захист інформаційних ресурсів, тобто інформації та засобів її обробки, то при кібербезпеці додається організація захисту кіберсереді.

Метою даної роботи являється формалізація нових функцій аудиту та моніторингу у забезпеченні кібербезпеки підприємств.

Актуальність роботи полягає в тому, що аудит інформаційної безпеки здобуває важливе значення для підприємств державної та приватної власності.

Однієї з основних складових кібербезпеки є аудит та моніторинг інформаційних систем [2]. Серед процесів контролю та перевірки інформаційної безпеки особливе місце займає *аудит* (від лат. *audit – слухати*) інформаційної безпеки об'єкту інформаційної діяльності. Аудит є незалежною експертизою окремих областей функціонування організації. Його основним призначенням є формування, як правило, незалежної оцінки інформаційної безпеки.

Завданнями даної роботи є визначення функцій аудиту у кібербезпеці підприємств та застосування програмного забезпечення для моніторингу інформаційних систем.

Підсумком аудиту є висновок про те, наскільки успішно функціонує об'єкт і наскільки він відповідає вимогам, які йому пред'являються. Вихідними документами аудиту є оціночні звіти з конкретними й твердими рекомендаціями щодо приведення внутрішніх процесів, регламентів, інструкцій до відповідності чинним стандартам та нормативно-правовим документам [3].

Методи аудита та моніторингу дають можливість ІТ-адміністраторам оцінити безпеку системи в цілому, включаючи інструкцію з виявлення та програмне забезпечення для запобігання вторгнень. Адміністратори ІТ можуть використовувати цей метод для виконання аналізу системи з метою виявлення її слабких місць після атаки. У деяких випадках аналіз системи може бути виконаний під час активної атаки на систему.

При керуванні політикою безпеки можуть використовуватися безпечні журнали реєстрації для збереження сліду аудита користувача або дій адміністратора й подій, створених самим пристроєм, що є важливим елементом замкненого циклу керування політикою безпеки. Зібрані неопрацьовані дані називаються "журналом аудита", а ланцюг, що перевіряється, подій за допомогою журналів аудита, називається "слідом аудита". З метою забезпечення ефективності журналів аудита по безпеці вони повинні містити достатню кількість інформації для наступного розслідування або аналізу інцидентів, що стосуються безпеки. Ці журнали аудита надають кошти для досягнення декількох цілей, пов'язаних з безпекою, включаючи індивідуальну підзвітність, відтворення минулих подій, виявлення вторгнення й аналіз проблем. Журнали можуть також використовуватися для аналізу довгострокових тенденцій. Інформація з журналу аудита допомагає визначити основну причину проблеми, пов'язаної з безпекою, і запобігти майбутнім інцидентам; ця інформація повинна бути надійно збережена. Наприклад, журнали аудита можуть використовуватися для відтворення послідовності подій, які привели до таких проблем, як одержання порушником несанкціонованого доступу до ресурсів системи або несправна робота системи, викликана невірною конфігурацією або помилковою реалізацією.

Система виявлення вторгнень (СВВ – IDS Intrusion Detection System) [4] може використовуватися для поточного спостереження за мережею для гарантій того, що жоден несанкціонований користувач не має доступу до мережі. У більшості додатків СВВ порівнює мережний потік з реєстраційними записами хоста для того, щоб зрівняти підписи даних і профілі адресу хоста, що вказують на хакерів. Система виявлення вторгнень ідентифікує моделі потоку, які вказують на присутність несанкціонованих користувачів. Підозрілі дії запускають сигнали тривоги адміністратора. СВВ може бути поділена на категорії, у відповідності з наступними критеріями:

- тимчасові рамки виявлення інциденту;
- тип установки: мережних і на основі хоста;
- тип реакції на інцидент.

Методи аудита та моніторингу дають можливість адміністраторам мереж оцінити безпеку системи в цілому, включаючи інструкції з виявлення й програмне забезпечення для запобігання вторгнень. Адміністратори мережі можуть використовувати цей метод для виконання аналізу системи з метою виявлення

її слабких місць після атаки. У деяких випадках аналіз системи може бути виконаний під час активної атаки на систему. СВВ може використовуватися для поточного спостереження за мережею для гарантій того, що жоден несанкціонований користувач не має доступу до мережі. У більшості додатків СВВ зрівнює мережний потік з реєстраційними записами хоста для того, щоб зрівняти підписи даних і профілі адресу хоста, що вказують на хакерів. Система виявлення вторгнень ідентифікує моделі потоку, які вказують на присутність несанкціонованих користувачів. Підозрілі дії запускають сигнали тривоги адміністратора й інші конфігуровані відгуки. СВВ може бути загалом поділена на категорії, у відповідності з наступними критеріями:

- Часові рамки виявлення інциденту: у реальному часі або в режимі відключеної лінії, залежно від того, чи проводиться аналіз облікових записів системи й мережного потоку в момент часу, коли ця подія відбувається, або в пакетному режимі протягом неробочих годин;

- Тип установки: у мережі або в хості. В СВВ, яка встановлена в мережу, як правило, включені безліч пристроїв поточного контролю (часто попередньо-skonфігурованих додатків), які встановлюються в пунктах фільтрації мережі (де можна спостерігати весь потік між двома пунктами). Для СВВ, яка встановлена в хості, необхідно, щоб програмне забезпечення встановлювалося безпосередньо на сервері, що захищаються, – з його допомогою ведеться поточне спостереження за мережними зв'язками й за діяльністю користувача на цих серверах;

- Тип реакції на інцидент: втручається чи СВВ активним образом для запобігання атак (наприклад, за допомогою зміни правил для брандмауера або для фільтрів маршрутизатора) або просто повідомляє персонал або інші мережні системи про виниклу проблему.

Методи керування конфігурацією дають можливість адміністраторам мережі встановлювати й перевіряти встановлені параметри безпеки на пристроях у своїх мережах. Керування політикою безпеки дозволяє адміністраторам мереж визначати безпека керування бізнесом і політики якості обслуговування (Quality of Service – QoS), здійснювати їх в організації без необхідності розуміння всіх правил, що ставляться до конкретних пристроїв, і встановлених параметрів, які необхідні для здійснення необхідних політик. Технічно, політика є набором правил для керівництва, керування й контролю доступом до ресурсів мережі; вони повинні бути виведені з ділових політик, певних організацій або корпорацій.

Еталонна модель використовується як зразок для керування політикою безпеки, як безпекою, так і керуванням QoS. Таким чином, якщо керування політикою безпеки засноване на цій моделі, буде реалізовано в мережі й на всіх рівнях даної архітектури, то воно буде доступно для всіх типів користувачів і додатків, включаючи службовців, технічних фахівців служби мережі, партнерів і навіть споживачів.

У компоненти даної моделі входять:

- Пункт примусового застосування політики (ППЗП): Пристрій мережі або системи безпеки, яке ухвалює політику (правила конфігурації) з пункту ви-

бору політики й примусово застосовує її відносно мережного потоку, що проходить через цей пристрій. Цей компонент вигідно використовує мережні й допоміжні для мережі механізми безпеки належним чином.

– Пункт вибору політики (ПВП): Пункти ПВП або абстрактні мережні стратегії сервера політики в повідомленнях керування конкретними пристроями, які потім інтегруються до пунктів проведення політики.

– Загальна відкрита служба політики (ЗВСП): Служба ЗВСП це простий протокол запиту й відгуку, на основі протоколів ТСП зі змінюваним станом, який може використовуватися для зміни інформації політики, між ПВП і пунктами проведення політики своїх клієнтів.

– Репозитарій політики: Мережний каталог є репозитарієм для всієї інформації про політику; у ньому описані користувачі мережі, додатки, комп'ютери й послуги (тобто об'єкти й атрибути), і взаємозв'язки між цими об'єктами.

– Полегшений протокол доступу до мережних каталогів (ППДМК): ППДМК є протоколом клієнт-сервер для організації доступу до послуги каталогу.

– Пульти керування політикою безпеки: Люди взаємодіють із системою керування політикою безпеки за допомогою пульта керування, звичайно за допомогою набору на персональному комп'ютері або на робочій станції.

На основі вищесказаного можна зробити наступні висновки, що більшість комерційної продукції СВВ надають комбінацію можливостей моніторингу: мережних і на основі хоста, у яких хост центрального керування одержує повідомлення від різних пристроїв спостереження й подає сигнал тривоги для персоналу підтримки мережі.

Використання програм СВВ з мережними зв'язками рекомендується для більшості мережних пристроїв, залежно від конкретних потреб споживачів. Програмна продукція систем виявлення вторгнень є найбільш актуальною складовою системи кібербезпеки, що бурхливо розвивається. У висновку відзначимо, що використання технологій аудиту та моніторингу інформаційних систем підвищує ефективність кібербезпеки на морському транспорті.

ЛІТЕРАТУРА

1. Рекомендация ИТУ-Т X.1205. Обзор кибербезопасности. (Серия X: Сети передачи данных, взаимосвязь открытых систем и безопасность. Безопасность электросвязи.) Женева, 2009. – 64 с.

2. Менеджмент інформаційної безпеки: Навчальний посібник / Тардаскіна Т.М., Кононович В.Г. - Одеса: ОНАЗ ім. О.С. Попова, 2009. - 265с.

3. Шевцов Ю.С., Кононович В.Г., Кільдїшев В.Й. Модель спільного використання системи виявлення і обробки атак із системою постійного аудиту інформаційної безпеки // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля, – Луганськ: СНУ, 2010. – Вып. 9[151]. – С. 52-58.

4. ITU-T Recommendation ISO/IEC 18043. Information technology – Security techniques – Selection, deployment and operations of intrusion detection systems. – Geneva, 2006. – 46 с. – Режим доступу: <http://www.itu.int/net/home/index.aspx>

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИТЕРАЦИОННОГО МЕТОДА ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ СИГНАЛА И ФИЛЬТРА

В.М. Кошевой, д.т.н., профессор

И.Я. Горишная, аспирант

Национальный университет «Одесская морская академия»

Основной операцией при оптимальном обнаружении является вычисление функции взаимной корреляции между принимаемым колебанием и ожидаемым сигналом. Т.е. задача оптимального обнаружения точечной цели на фоне смеси шумов и мешающих отражений, сводится в общем случае к такому выбору сигнала $S(t)$ и фильтра $W(t)$, которые доставляют максимум отношения сигнал/(помеха+шум) [1].

Комплексные огибающие дискретных сигналов и фильтров имеют вид:

$$S(t) = \sum_{n=1}^N S_n p(t - nT_0), \quad (1)$$

$$W(t) = \sum_{m=1}^N W_m p(t - mq_\phi T_0), \quad (2)$$

где $p(t - mZ) = \begin{cases} 1, (m-1)Z \leq t \leq mZ, \\ 0 \text{ при } _ \text{ других } _ t; \end{cases}$

$\frac{1}{q_\phi} = \frac{\Delta F_\phi}{\Delta F_c}$ – параметр, характеризующий нормированную, относительно

ширина спектра сигнала ΔF_c полосу пропускания фильтра ΔF_ϕ ;

S_n, W_m – комплексные весовые коэффициенты.

Определение сигнала и фильтра, доставляющих, максимум отношения сигнал/(помеха+шум), связано с решением вариационной задачи, которая приводит к системе интегральных уравнений. Для решения, которых используют итерационные методы. Итерационную процедуру сигнала и фильтра при различных их размерностях заключается в поочередном решении интегральных уравнений для фильтра и сигнала при фиксированной норме сигнала и фильтра. На первом шаге для заданного начального вектора сигнала решается уравнение, определяющее импульсный отклик фильтра, затем для полученного таким образом фильтра решается уравнение, определяющее сигнал и т.д. При этом каждое значение найденного фильтра или сигнала проходит процесс нормирования.

В среде программы Matlab, была разработана программа для оптимизации сигнала и фильтра с помощью итерационного метода. Так, для сигнала $s=[1; -1; 1]$, был найден импульсный отклик фильтра $w=[1.2247; -0.0006; 1.2247]$. Данные значения были получены после нормирования фильтра: $\sum (W)^2 = c_w$ [2].

Каждый элемент матрицы был умножен на следующее значение $c = \sqrt{\frac{N}{c_w}}$. Где

$N=3$ (число элементов сигнала/фильтра). Таким образом, поддерживается норма исходного сигнала/фильтра. Соотношение сигнал/(помеха+шум) составило 0,9995. Далее для полученного фильтра был определен сигнал, также прошедший процесс нормирования: $s=[1.0002; -0.9997; 1.0002]$. И соотношение сигнал/(помеха+шум) составило 0,9998. Результаты представлены на рисунке 1, где представлены графика функции неопределенности на выходе рассогласованного фильтра в случае периодического сигнала.

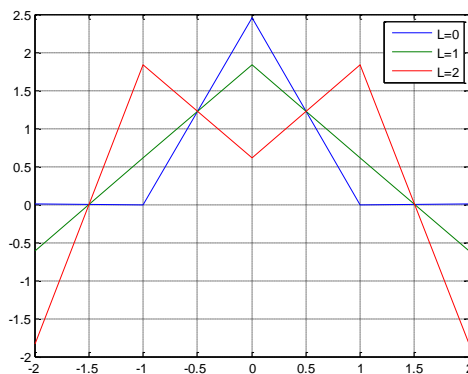


Рисунок 1 – Периодический сигнал на выходе рассогласованного фильтра при сечениях $l=0, l=1, l=2$.

Полученные значения отношения сигнал/(помеха+шум), позволяют сделать вывод, что с помощью итерационного метода можно находить оптимальный фильтр для изначально заданного сигнала, а затем оптимальный сигнал для полученного импульсного отклика, что позволяет улучшить соотношения сигнал/(помеха+шум) путем подавления боковых лепестков.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. М. Кошевой. Радиотехника и электроника – М.: Академия наук СССР, 1975, 1843 - 1855 с.
2. В. П. Ипатов. Широкополосные системы и кодовое разделение сигналов. Принципы и приложения – В.: Техносфера, 2007, 488 с.

УДК 621.431.7'313-021.62:629.5

RESEARCH OF EFFICIENCY OF PROCESSING OF DISCRETE SIGNALS

V.M. Koshevyu, professor
N.Y. Bubnova, cadet
ODESSA NATIONAL MARITIME ACADEMY

The main objective

In this project research the cross-ambiguity function and ambiguity function for different signals, filters and radio-electronic devices in the periodic and aperiodic modes.

The questions of suppression of sidelobes with cross- correlation function and correlation function to increase the noise immunity are considered.

The program of calculation of cross-ambiguity function and ambiguity function is developed for periodic and aperiodic signals.

The universal program is developed. Thanks to this program we can calculate cross-ambiguity function and ambiguity function for periodic and aperiodic signals at the same time.

The question of optimum filtering for suppression of sidelobes with cross-correlation function is considered. Also the calculations of their efficiency are carried out.

The methods of research

The universal program is developed. Thanks to this program we can calculate cross-ambiguity function and ambiguity function for periodic and aperiodic signals at the same time.

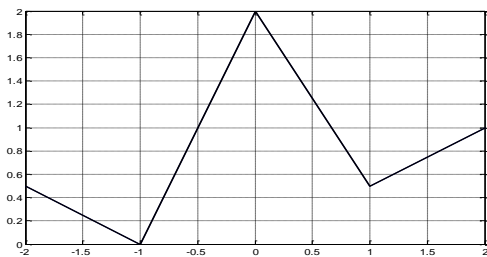
Calculation

Cross-ambiguity function 1 :

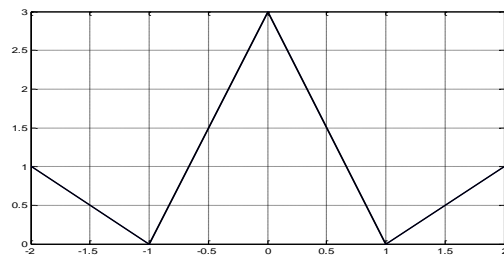
$$\chi_{sw} = (k, f) = \sum_{k=1-N}^{N-1} \sum_{n=0}^{N-1} W_n^* S_{n-k} e^{i2\pi f_n T_0} \chi_p(\tau - kT_0, f) \quad (1)$$

Signal is S=[1 -1 -1], filter is W=[1 -0.5 -0.5]

l=0



a



b

Figure 1 – Section of cross-ambiguity function for l=0 (a)
Section of ambiguity function for l=0 (b)

Ambiguity function 2:

$$\chi_{sw} = (k, f) = \sum_{k=1-N}^{N-1} \sum_{n=0}^{N-1} S_n^* S_{n-k} e^{i2\pi f_n T_0} \chi_p(\tau - kT_0, f) \quad (2)$$

Signal is S=[1 -1 -1], filter is W=[1 -1 -1]

l=0

LIST OF REFERENCES

1. Altes, R. A. Wide-band, proportional bandwidth Wigner-Ville analysis, - IEEE Trans. On Acoust., Speech and Signal Proc. 1990, 513 p.
2. Carlson, A. B. Communication Systems, McGraw-Hill, New York, 1986.

ОПТИМИЗАЦИЯ ФИЛЬТРОВ ДЛЯ БЕЛОВОГО ТЕПЛООВОГО ШУМА

В.М. Кошевой, профессор, д.т.н.

А.О. Касьяненко, курсант

Национальный университет «Одесская морская академия»

Рассмотрена задача оптимизация фильтра по критерию максимум отношения сигнал-помеха, на входе фильтра, по критериям максимум сигнал-помеха на выходе фильтра. Такая оптимизация важна как для систем морской радиосвязи, так и судовой радиолокации.

Отношение сигнал-помеха записывается в таком виде:

$$\Sigma = \frac{\left[\int_{-\infty}^{\infty} W^*(\tau) S(t) [d\tau]^2 \right]}{\iint_{-\infty}^{\infty} W^*(\tau_1) R(\tau_1, \tau_2) W(\tau_2) d\tau_1 d\tau_2} \quad (1)$$

где: W^* – комплексная огибающая опорного сигнала (фильтра),
 $S(\tau)$ – комплексная огибающая полезного сигнала,
 $R(\tau_1, \tau_2)$ – комплексная корреляционная функция помехи.

Для случая теплового шума описываемой моделью белого шума, корреляционная функция имеет вид:

$$R(\tau_1, \tau_2) = \frac{N_0}{2} \delta(\tau_1 - \tau_2) \quad (2)$$

где: N_0 – спектральная плотность теплового шума,
 $\delta(\tau_1 - \tau_2)$ – дельта функция.

При подстановке этого выражения сигнал-помеха формулы (2) в формулу(1),мы получим такое выражение в таком виде:

$$\Sigma = \frac{\left[\int_{-\infty}^{\infty} W^*(\tau) S(t) [d\tau]^2 \right]}{\iint_{-\infty}^{\infty} W^*(\tau_1) N_0 \delta(\tau_1 - \tau_2) W(\tau_2) d\tau_1 d\tau_2} = \frac{\left[\int_{-\infty}^{\infty} W^*(\tau) S(t) [d\tau]^2 \right]}{\frac{N_0}{2} \int_{-\infty}^{\infty} [W(\tau)]^2} \quad (3)$$

Для того чтобы найти оптимальный фильтр вначале рассмотрим то максимальное значение, которое принимает выражение (3).

Для этого рассмотрим неравенство Буняковского – Шварца которое определяется следующим выражение:

$$\Sigma = \frac{\left[\int_{-\infty}^{\infty} W^*(\tau) S(t) [d\tau]^2 \right]}{\frac{N_0}{2} \int_{-\infty}^{\infty} [W(\tau)]^2} \leq \frac{\int_{-\infty}^{\infty} [W(\tau)]^2 d\tau \int_{-\infty}^{\infty} [S(\tau)]^2 d\tau}{\frac{N_0}{2} \int_{-\infty}^{\infty} [W(\tau)]^2 d\tau} \quad (4)$$

Из этого следует ,если в формулу (4) подставим числитель формулы (3) то мы получим:

$$\Sigma \leq (2 \int_{-\infty}^{\infty} [S(\tau)]^2 d\tau) / N_0 = 2E / N_0 \quad (5)$$

где: E-энергия сигнала.

Отношение (3) достигается при $W(\tau)=S(\tau)$,в чём легко убедиться.

При $W(\tau) = S(\tau)$, если подставить соотношение (6) с соотношением (3) мы получим:

$$\Sigma = \frac{2E}{N_0} \quad (7)$$

В данной работе мы получили оптимальный фильтр, который является согласованным фильтром.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ипатов В.П. Широкополосные сигналы и системы.,2004г.-373с.
2. В.Е. Гантмахер, Н.Е. Быстров, Д.В. Чеботарев Шумоподобные сигналы. Анализ, синтез, обработка – СПб.: Наука и Техника, 2005. – 400 с.: ил.
- 3.Варакин Л.Е. Теория сложных сигналов. М.: изд. Сов. радио, 1970. – 376 с.

УДК 621.396.946

РОЗРОБКА ТА СПРОЩЕННЯ ІНТЕРФЕЙСУ ЕКНІС ДЛЯ АКТИВНОГО АДРЕСНОГО РАДІОЗВ'ЯЗКУ ТА НАДІЙНОЇ СУДНОВОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ

В.М. Кошевий, д.т.н., доцент
С.В. Курочкін, курсант ФЕМ та РЕ
Національний університет «Одеська морська академія»

ЦВВ є однією з основних підсистем радіозв'язку в глобальній морській системі зв'язку у разі лиха та забезпечення безпеки (ГМЗЛБ). Вона введена як доповнення до традиційного радіотелефонного зв'язку і є обов'язковою в ГМЗЛБ. Відповідно до норм регламенту радіозв'язку всім радіотелефонним передачам із будь-яким пріоритетом важливості (лихо, терміновість, безпека, звичайний) повинен передувати відповідний цифровий вибіркового виклик. Проте, на практиці процедури радіозв'язку з використанням ЦВВ постійно порушуються, як у випадках лиха, так і при зв'язку з іншими пріоритетами. Удосконалення УКХ зв'язку з ЦВВ може бути досягнуте в рамках існуючого суднового обладнання шляхом інтегрування УКХ ЦВВ контролера і навігаційного обладнання АІС-ЕКНІС. При цьому всі базові функції інтегрованих систем зберігаються.

За допомогою пакету прикладних програм MATLAB можна закодувати символи від 0 до 127, відповідно до технічного формату ЦВВ виклику та скласти відповідну послідовність. За допомогою написаної програми кодування можна провести в автоматичному режимі. В програмі закодовують 9 – ти значний MMSI викликаємого судна (123456789) і навіпаки (987654321). На даний момент це найважливіші дані, які потрібні для вирішення поставленої задачі. За допомогою написаної програми послідовність символів, яка необхідна для установлення зв'язку в напрямі судно – судно (послідовність А), переводимо спочатку в двійковий бінарний код. Наступним етапом є зсув бінарної послідовності на 4 розряди вправо.

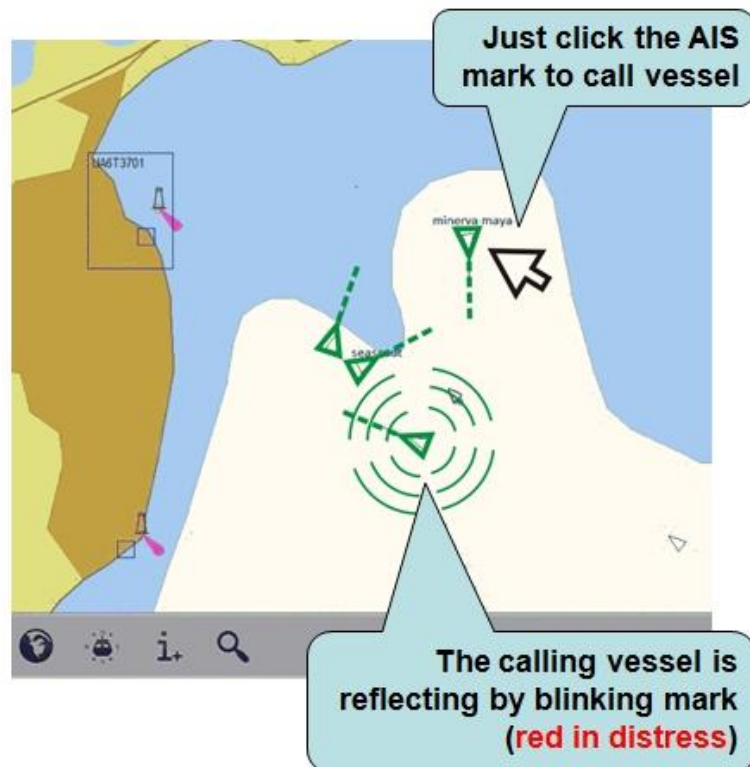


Рисунок 1 – Спрощений інтерфейс

Далі об'єдную дві послідовності в одну матрицю ,після чого матрицю складаю в ряд з відповідним здвигом . Отриману послідовність закодовую в код $(-1, 1)$. В результаті розрахунку програми отримуємо звуковий файл , який можна передати на установку УКХ. В звуковому файлі буде міститися інформація, яку було закодовано (MMSI). Інтегрування УКХ ЦВВ в АІС-ЕКНІС не вносить жодних змін в існуючі експлуатаційні процедури радіозв'язку. При цьому зберігаються всі штатні функції формування та перегляду ЦВВ. Інтегрування УКХ ЦВВ в АІС-ЕКНІС дозволяє забезпечувати подальше підвищення безпеки мореплавання за допомогою спрощення інтерфейсу судноводія з обладнанням радіозв'язку та навігації, і прискоренням дій оператора. Пропонована інтеграція забезпечить швидку та однозначну ідентифікацію судна з прив'язкою до поточної навігаційної обстановки.

З'єднання систем УКВ ЦВВ і АІС-ЕКНІС може бути реалізовано через окремий інтерфейсний блок, що підключається до апаратури ЦВВ будь-яких виробників обладнання. При цьому не потрібна заміна апаратури ЦВВ. Відповідна схема представлена на рис. 2.

З'єднання апаратури УКХ ЦВВ і ЕКНІС здійснюється за допомогою дво-направленого інтерфейсу. Дана пропозиція повністю вписується в стратегічний напрямок розвитку електронної навігації, яке передбачає новий підхід у використанні існуючих засобів радіозв'язку і навігації, а також впровадження сучасних цифрових інформаційних технологій в судноводіння та управління судном. Роль ЕКНІС для безперечного судноплавства незаперечна, тим не менш ,її потенціал у цьому напрямі далеко не вичерпаний. Функціональні можливості сучасної ЕКНІС забезпечуються взаємодією окремих судових навігаційних систем : ГНСС(ГЛОНАСС,GPS),РЛС,ЗАРП,АІС,інших навігаційних датчиків.

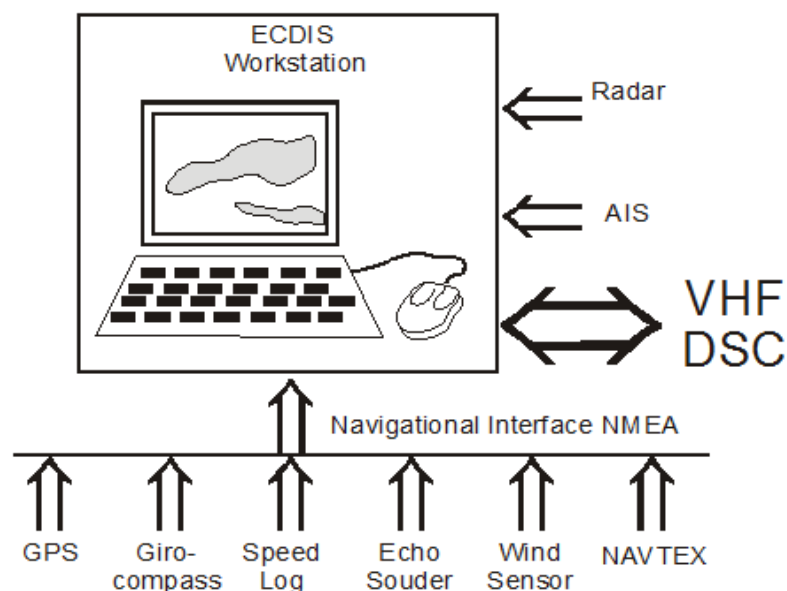


Рисунок 2 – Інтегрування систем радіозв'язку УКВ ЦДВВ і ЕКНІС

Інтегрування різних систем дозволяє оптимізувати управління судном, усунути можливі промахи і невірні рішення оператора-судноводія. Розвиток концепції інтегрованого навігаційного містка дозволяє курувати судном з одного робочого місця – оператора ЕКНІС.

ЛІТЕРАТУРА

1. А.В. Шишкин, В.И. Купровский, В.М. Кошевой Глобальная морская связь для безопасности мореплавания. – Одесса.:ОНМА 2007. – 314с.
2. Руководство по радиосвязи морской подвижной службы и морской подвижной спутниковой службы (сборник нормативных актов Международного союза электросвязи) – М.: Мортехинформреклама.
3. Proposal for simplification of VHF DSC radiocommunication and increasing DSC efficiency. Submitted by Ukraine / SUB-COMMITTEE ON RADIOCOMMUNICATIONS AND SEARCH AND RESCUE. 14th session, Agenda item 7. COMSAR 14/7, 27 October 2009.
4. Recommendation ITU-R M.493 “Digital Selective-Calling System for Use in the Maritime Mobile Service”.
5. Simplification of DSC equipment and procedures. Submitted by Finland / SUB-COMMITTEE ON RADIOCOMMUNICATIONS AND SEARCH AND RESCUE COMSAR 8/4/1, 27 November 2003.
6. ETSI EN 300698-1. Radio telephone transmitters and receivers for the maritime mobile service operating in the VHF bands used on inland waterways; Part 1: Technical characteristics and methods of measurement.
7. Шишкин А. В. Идентификация радиотелефонных передач в УКВ диапазоне морской радиосвязи / А. В. Шишкин // Изв. вузов – Радиоэлектроника. – 2012. – Т. 55. – № 11.– С. 11–20.
8. Proposal for modernization of ECDIS for VHF radiocommunication. Submitted by Ukraine / SUB-COMMITTEE ON NAVIGATION. 59th session, NAV 59/12/2, 2 September 2013.

АНАЛИЗ ПОВЕДЕНИЯ ФУНКЦИИ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ДЛЯ ДИСКРЕТНЫХ СИГНАЛОВ ПРИ ФАЗОВОЙ МОДУЛЯЦИИ С УЧЕТОМ ДОПЛЕРОВСКОГО СДВИГА

В.М. Кошевой, д.т.н. профессор

В.С. Попова, аспирант

Национальный университет «Одесская морская академия»

Судовые средства связи, а так же судовые РЛС обеспечивают безопасность мореплавания, позволяют решать разнообразные задачи возлагаемые на суда и различные морские объекты. Морские условия существенно влияют на работу связной и радиолокационной аппаратуры. Переотражения от поверхности моря, а также от различных метеорологических объектов влияют на эффективность работы средств связи и радиолокационной аппаратуры. Для уменьшения этого влияния, необходимо уменьшить боковые лепестки взаимной функции неопределенности, применительно к задачам связи, так и к РЛС. Это связано с тем, что уменьшение уровня боковых лепестков позволяет бороться с помехой типа мешающей отражения [1].

В данной работе рассматриваются подходы связанные с подавлением боковых лепестков функции неопределенности, а также изучения влияния доплеровского сдвига сигналов в классе дискретно-кодированных сигналов, на эффективность фильтров подавляющих боковые лепестки.

В общем случаи сигнал на входе связного или РЛС приемника можно представить в виде:

$$Y(t) = AS(t)e^{i\varphi} + X(t) \quad (1)$$

где $Y(t)$ - суммарный сигнал, $X(t)$ - помеха, представляемая собой смесь сигналоподобной помехи и белого шума с корреляционной функцией $R(t_1, t_2)$, $S(t)$ - полезный сигнал, A, φ - случайная амплитуда и начальная фаза сигнала поступающего на вход приемника.

$$R(t_1, t_2) = N_o \delta(t_1 - t_2) + \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} \sigma(\tau, f) s(t_1 - \tau) s^*(t_2 - \tau) e^{i2\pi f(t_1 - t_2)} d\tau df \quad (2)$$

где N_o - спектральная плотность теплового шума, $\sigma(\tau, f)$ - распределение мешающих отражений по времени задержки и частоте.

Для дискретных сигналов фильтра:

$$S(t) = \sum_{n=1}^N S_n \psi_n^S(t) \quad (3)$$

$$W(t) = \sum_{m=1}^N W_m \psi_m^W(t) \quad (4)$$

где $\psi_n^S(t)$ ($n = \overline{1, N}$), $\psi_m^W(t)$ ($m = \overline{1, M}$) - системы базисных функций, позволяющие произвольным образом фиксировать соотношения между временными и частотными свойствами оптимизируемых сигналов и фильтров [2].

Отношение сигнал / (помеха + шум) на выходе фильтра в общем случае записано в виде матричного выражения:

$$\Sigma = \frac{|W * S|^2}{W * [N_o I + D] W} \quad (5)$$

где S - сигнал, N_o - спектральная плотность теплового шума, W - фильтр, D – корреляционная матрица помехи, W^* - сопряженная величина.

В программе Matlab произвела расчеты для сечений функции неопределенности для фазокодированных сигналов с учетом доплеровского сдвига и без него для случая: $S=[1 -1 -1]$ $W=[1 -0.5 -0.5]$ (см.рис.1,2).

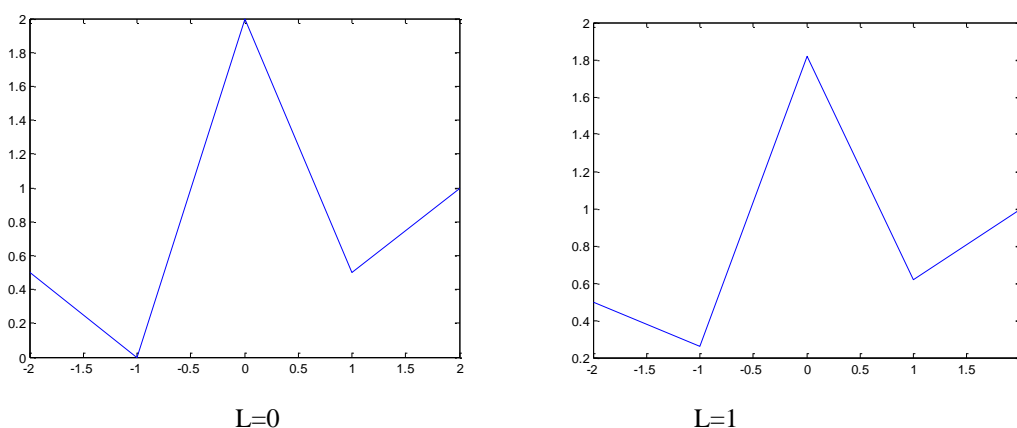


Рисунок 1 – Сечения функции неопределенности при $l1=0$

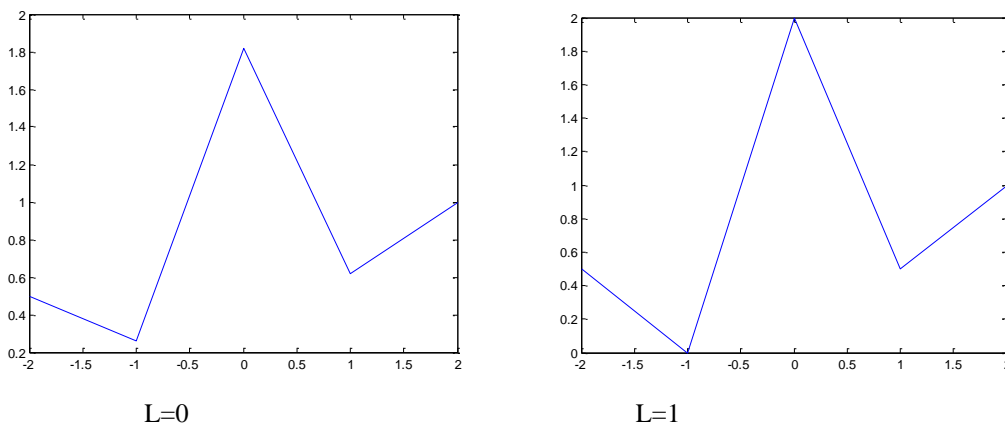


Рисунок 2 – Сечения функции неопределенности при $l1=1$

ЛИТЕРАТУРА

1. Ч.Кук, М.Бернфельд. Радиолокационные сигналы. Пер. с английского под ред. В.С. Кельзона. М.Изд-во «Советское радио», 1971, стр.568, тир.8000 экз.
2. Винокуров В.И. Изд-во «Судостроение», Ленинград, 1986.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОБРАБОТКИ СОСТАВНЫХ МНОГОФАЗНЫХ СИГНАЛОВ С ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ АМПЛИТУДНОЙ МОДУЛЯЦИЕЙ

В.М.Кошевой, д.т.н., профессор

Е.Л.Пашенко, аспирант

Национальный университет «Одесская морская академия»

Данная работа является продолжением исследования начатого в работе [1].

Для получения сигналов с улучшенными корреляционными свойствами мы предлагаем рассмотреть составные многофазные сигналы с дополнительной амплитудной модуляцией (АМ). Особенность данных сигналов заключается в том, что кроме того что они изменяют свою фазу, меняется также их амплитуда. При этом мы получаем сигнал с меньшим уровнем боковых лепестков. Для формирования такого типа сигналов необходимо внести некоторые изменения в (3) и (4) из [1]:

$$\begin{aligned} u_n^{am-b} &= u_n^b * v_n^{u-b} \\ u_n^{am-v} &= u_n^v * v_n^{u-v} \end{aligned} \quad (1)$$

где u_n^{am-b} , u_n^{am-v} - базовая и внешняя последовательность составного многофазного сигнала с дополнительной АМ; v_n^{u-b} , v_n^{u-v} - весовые коэффициенты для базовой и внешней последовательности.

Формула (2) описывает одну из возможных и рассматриваемую в статье весовую функцию для сигналов (3) и (4) из [1]:

$$\begin{aligned} v_n^B &= \sin \left[\frac{\pi(n+1)}{N_B+1} \right], n = 0 \div N_B - 1 \\ v_n^V &= \sin \left[\frac{\pi(n+1)}{N_V+1} \right], n = 0 \div N_V - 1 \end{aligned} \quad (2)$$

Составной многофазный сигнал будет представлять собой произведение базовой и внешней последовательности такого сигнала [2]. Выражение для расчета дискретной периодической ФН имеет вид

$$\chi_{ss}(k, l) = \sum_{n=0}^{N-1} s_n^* \cdot s_{(n+k)} e^{i \frac{2\pi \Delta f n l}{4N}} \quad (3)$$

где k - дискретные значения задержки и l - дискретные значения частоты с шагом соответственно T_0 и $\Delta f = 1/4NT_0$; T_0 - продолжительность элементарного импульса; $s_n = u_n^v u_n^b$ - сигнал (для составного многофазного сигнала с прямоугольной огибающей) и $s_n = u_n^{am-v} u_n^{am-b}$ - сигнал (для составного многофазного сигнала с дополнительной АМ).

Функция обработки всего сигнала может быть записана в виде:

$$w_n = s_n \cdot v_n$$

$$v_n = v_{n-E[n/N_B]N_B}^B v_{E[\frac{n}{N_V}] + 1}^V, \quad n = \overline{0 \div N-1}, \quad (4)$$

где $v_{n-E[n/N_B]N_B}^B$ – весовые коэффициенты для последовательности, полученной по формуле (3) из [1]; $v_{E[\frac{n}{N_V}] + 1}^V$ – весовые коэффициенты для последовательности, полученные по формуле (2) [3].

Были рассмотрены 3 варианта составного многофазного сигнала, имеющего следующие параметры: $N=324$ ($N_B=18, N_V=18$) со значениями коэффициентов $\alpha'=-1/N_B, \beta'=1/N_B^2, \mu_0=0, N_{B1}=N_B$.

Расчёты выполнены в среде MatLab. ФН сигнала расположена в области эквивалента частот l и эквивалента времени k . В верхней части рисунка показано 3D-изображение ФН. Нами будет рассматриваться область вокруг ЦП. Ниже справа приведены сечения ФН вдоль оси времени. Слева приведены сечения ФН вдоль оси частот. Сечение $l=0$ показывает корреляционную функцию сигнала. Справа вверху показан закон изменения фаз такого составного сигнала.

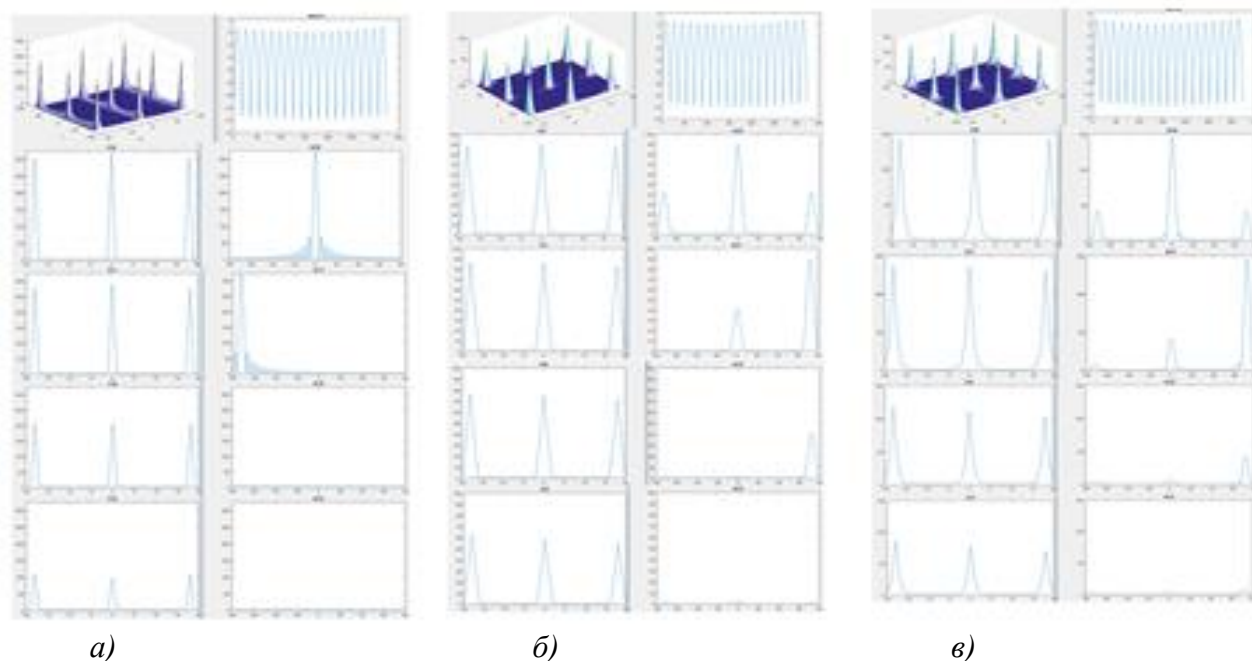


Рисунок 1 – Тело ФН а) ФН составного многофазного сигнала (согласованная обработка); б) ФН составного многофазного сигнала с дополнительной АМ (согласованная обработка); в) ВФН составного многофазного сигнала (рассогласованная обработка) при $N=324$ ($N_B=18, N_V=18$) для аperiodического режим работы с коэффициентами $\alpha'=-1/N_B, \beta'=1/N_B^2, \mu_0=0, N_{B1}=N_B$

Можно подвести итог, что составной многофазный сигнал с дополнительной АМ обеспечивает подавление боковых лепестков ФН вокруг ЦП при согласованной обработке. Многопиковая структура ВФН после весовой обработки не изменилась. Следует отметить, что мы наблюдаем подобные изменения в структуре сигнала для аperiodического и периодического режима рабо-

ты. Но такое же подавление мы можем получить и за счет весовой обработки составного многофазного сигнала без дополнительной АМ. Тем не менее, при наличии тепловых шумов отношение сигнал/помеха+шум будет больше при согласованной обработке составных многофазных сигналов с дополнительной АМ. Это объясняется тем, что согласованный фильтр является оптимальным для белого шума.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кошевой В.М., Пашенко Е.Л. Анализ эффективности обработки составных многофазных и ЛЧМ сигналов // Судовождение: Сб. научн. трудов./ ОНМА, вып. 00. – Одесса: «ИздатИнформ», 2015 – С.
2. Кошевой В.М., Купровский В.И. Исследование свойств составных многофазных сигналов// Радиоэлектроника.-1991. - №8.- с. 63-66.
3. Кошевой В.М. Синтез составных многофазных сигналов// Радиоэлектроника.-1988.- № 8.- с.56-58.

УДК 621.396

ОПТИМИЗАЦИЯ СИГНАЛОВ И ФИЛЬТРОВ ДЛЯ СЛУЧАЯ АПЕРИОДИЧЕСКИХ И ПЕРИОДИЧЕСКИХ СИГНАЛОПОДОБНЫХ ПОМЕХ

В.М.Кошевой, д.т.н., профессор
И.И.Котляр, курсант
Национальный университет «Одесская морская академия»

Целью работы является оптимизация сигналов фильтра для случая сигналоподобных помех.

СПП (сигналоподобные помехи) по структуре подобны полезному сигналу на выходе какого-либо устройства и отличаются лишь информационным параметром, описывающим временное запаздывание.

Сигналоподобная помеха практически повторяет спектр полезного сигнала и значительно затрудняет его расшифровку.

В этом случае широко используются различные генераторы шумовых помех, которые маскируют сигнал, затрудняя возможность у противника его обнаружения и выделения в приемном устройстве. При этом в условиях априорной неопределенности относительно параметров сигнала зачастую используются генераторы шума, излучающие помеховый сигнал достаточно высокой мощности и широкой частотной полосы.

Хорошая периодическая АКФ выполняет не только роль полезного вспомогательного инструмента для синтеза хороших аperiodических последовательностей, но и ценна самостоятельно. Примеры подобного рода дают дальномерные системы с непрерывным излучением, в особенности на больших рас-

стояниях, пилотный канал и канал синхронизации в цифровых системах передачи данных, радарные и сонарные системы с непрерывным излучением и т.п.

Проделаны расчеты периодического и а-периодического сигнала для $N=5$; $s[1\ 1\ 1\ -1\ 1]$.

На рис.1 видно подавление боковых лепестков в периодическом сигнале при рассогласованной обработке до уровня 0.

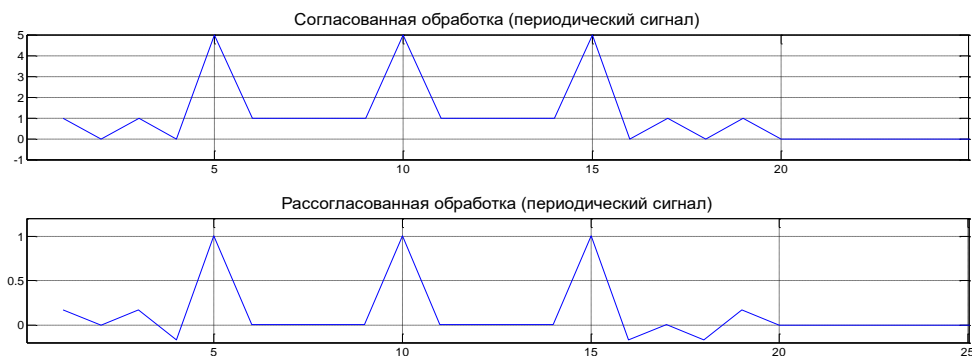


Рисунок 1 – Периодический сигнал

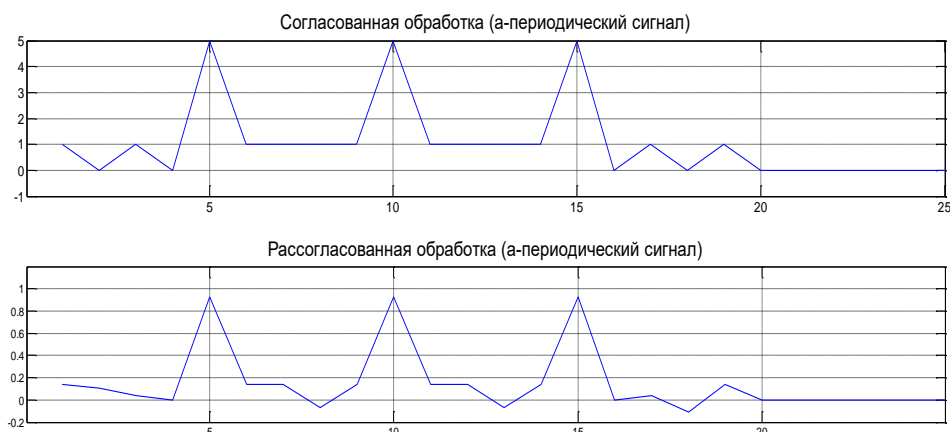


Рисунок 2 – А-периодический сигнал

На рис.2 подавление боковых лепестков при рассогласованной обработке достигает только уровня 0.2.

Рассмотрен алгоритм оптимального фильтра для периодического и а-периодического сигналов. Из графиков видно, что в периодическом сигнале удастся получить полное подавление боковых лепестков. Однако а-периодический сигнал уменьшается, но не дает полного подавления боковых лепестков.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ипатов В. П.. Широкополосные системы и кодовое разделение сигналов. Принципы и приложения – В.: Техносфера, 2007, 488 с.
2. Кук Ч. Бернфельд М. Радиолокационные сигналы., М.: Сов. Радио, 1971, 252с.

РАСЧЕТ ВЕСОВЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ ПРОСТРАНСТВЕННОГО ФИЛЬТРА ПРИ РАВНОМЕРНОЙ И НЕРАВНОМЕРНОЙ КОРРЕКЦИИ ПАРЦИАЛЬНОЙ ДИАГРАММЫ НАПРАВЛЕННОСТИ АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ

В.М. Кошевой, д.т.н., профессор

А.А. Шевченко, аспирант

Национальный университет «Одесская морская академия»

В [1] описывался метод построения системы защиты от различного рода помех в случае, когда система управляется только двумя (первым и последним) перестраиваемыми весовыми коэффициентами. Описываемый метод заключается в том, что все весовые коэффициенты пространственного фильтра приемной линейной антенной решеткой кроме двух (первого и последнего), фиксируются (выбираются равными весовым коэффициентам синфазной обработки). Значение двух регулируемых весовых коэффициентов выбираются исходя из условия обеспечения нулевых значений диаграммы направленности в двух точках (θ_1, θ_2) .

Выражения, описывающие приемную антенную решетку $G(\theta)$ в этом случае может быть записано в следующей форме:

$$G(\theta) = G_{N-2}(\theta) \cdot \gamma_1(\theta) \cdot G_{N-2}(\theta_1) \cdot \gamma_2(\theta) \cdot G_{N-2}(\theta_2) = \sum_{i=1}^N w_i \cdot e^{-j2\pi(N-1)\frac{d}{\lambda}\sin\theta} \quad (1)$$

где $G_{N-2}(\theta)$ – парциальная диаграмма направленности,

$$G_{N-2}(\theta) = \sum_{i=2}^{N-1} W_i \cdot e^{-j2\pi(N-1)\frac{d}{\lambda}\sin\theta} \quad (2)$$

$$\gamma_1(\theta) = \frac{e^{j2\pi(N-1)\frac{d}{\lambda}\sin\theta_2} - e^{-j2\pi(N-1)\frac{d}{\lambda}\sin\theta}}{e^{j2\pi(N-1)\frac{d}{\lambda}\sin\theta_2} - e^{j2\pi(N-1)\frac{d}{\lambda}\sin\theta_1}}; \quad \gamma_2(\theta) = \frac{e^{-j2\pi(N-1)\frac{d}{\lambda}\sin\theta} - e^{-j2\pi(N-1)\frac{d}{\lambda}\sin\theta_1}}{e^{j2\pi(N-1)\frac{d}{\lambda}\sin\theta_2} - e^{j2\pi(N-1)\frac{d}{\lambda}\sin\theta_1}} \quad (3)$$

$\varphi = 2\pi \frac{d \sin\theta}{\lambda}$ – фаза сигнала; λ – длина волны; d – расстояние между элементами антенной, θ – угол между нормалью к антенне и направлением прихода сигнала.

$(N-2)$ фиксированных весовых коэффициентов выбираются из условия соответствующего обеспечения подавления среднего уровня боковых лепестков диаграммы направленности (2) с возможным расширением главного пика антенной решетки (1).

Таким образом, общее число коэффициентов, описывающих диаграмму направленности, равно N .

Выражение для фиксированных весовых коэффициентов имеет вид [4]:

$$W_f = D^{-1} \cdot 1 \quad (4)$$

где D^{-1} – обратная матрица; 1 – единичный вектор-столбец, состоящий из всех единиц;

Матрица D формируется следующим образом:

$$D = \sum_{L_1}^{L_2} 1 \cdot Q_l \cdot 1' \cdot Q_l^* \quad (5)$$

где Q_l – диагональная матрица:

$$Q_l = \begin{bmatrix} e^{j2l2\pi \frac{d}{\lambda} \sin \Delta\theta} & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & e^{j3l2\pi \frac{d}{\lambda} \sin \Delta\theta} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \dots & e^{j(N-1)l2\pi \frac{d}{\lambda} \sin \Delta\theta} \end{bmatrix}$$

$\Delta\theta_f$ – расстояние между подавляемыми точками пространственной диаграммы $G_{N-2}(\theta)$; $1'$ – транспонированная матрица; L_1, L_2 – верхняя и нижняя границы подавляемых точек.

Выражения для перестраиваемых весовых коэффициентов записываются в следующем виде:

$$W_l = \frac{G_{N-2}(\theta_2) e^{j2\pi(N-1)\frac{d}{\lambda} \sin \theta_1} - G_{N-2}(\theta_1) e^{j2\pi(N-1)\frac{d}{\lambda} \sin \theta_2}}{e^{j2\pi(N-1)\frac{d}{\lambda} \sin \theta_2} - e^{j2\pi(N-1)\frac{d}{\lambda} \sin \theta_1}}; \quad (6)$$

$$W_N = \frac{G_{N-2}(\theta_1) - G_{N-2}(\theta_2)}{e^{j2\pi(N-1)\frac{d}{\lambda} \sin \theta_2} - e^{j2\pi(N-1)\frac{d}{\lambda} \sin \theta_1}}. \quad (7)$$

На рисунке (1-а,б) показаны результаты построения парциальной ДН линейной антенной решетки, рассчитанные по формуле (5). Из рисунков видно, что в случае неравномерной коррекции происходит небольшое расширение главного пика диаграммы направленности. Для случая равномерной коррекции для расчетов принималось: $L_1 = 0, L_2 = (N-2)$, $N=10$. Для случая не равномерной коррекции для расчетов принималось: $L_1 = 3, L_2 = (2N-3)$, $N=10$. В результате расчетов были получены следующие значения для фиксированных весовых коэффициентов:

$W_2 = 8.0191, W_3 = 3.7902, W_4 = 3.7902, W_5 = 3.1111, W_6 = 3.1111,$

$W_7 = 3.7902, W_8 = 3.7902, W_9 = 8.0191$. Сравнив полученные графики с графиками, полученными в [1], очевидно, что предложенный алгоритм подавления боковых лепестков ДН в заданных точках эффективен и требует дальнейших расчетов.

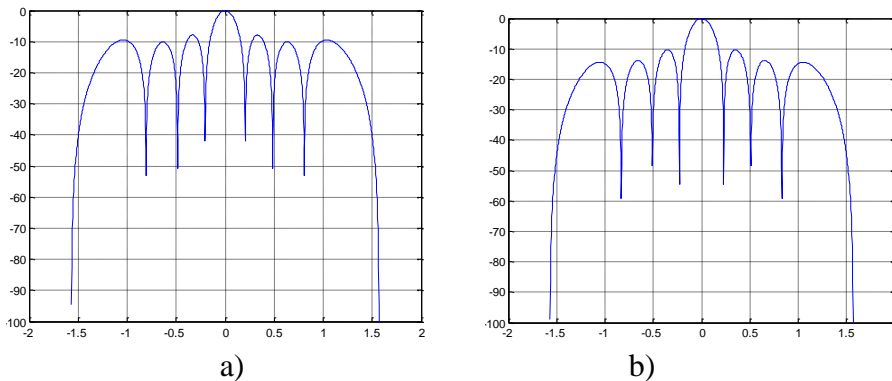


Рисунок 1 – Парциальная диаграмма направленности линейной антенной решетки ($N=10$): а – равномерная коррекция, б – неравномерная коррекция

ЛИТЕРАТУРА

1. V. Koshevyu, A. Shershnova, 2013, The formation of zero levels of Radiation Pattern linear Antennas Array with minimum quantity of controlling elements, Proc. 9 Int. Conf. on Antenna Theory and Techniques (ICATT-13), Odessa, Ukraine, pp.264-265.
2. Кошевой В.М., Свердлик М.Б. О возможностях подавления боковых лепестков взаимной функции неопределенности в заданной области. – «Радиотехника и электроника», 1974, 19, №9.
3. Ширман Я.Д. Разрешение и сжатие сигналов. М., «Советское радио», 1974.
4. В.М. Кошевой, В.П. Лавриненко, Селекция целей на основе дискретных структур с минимальным числом управляемых элементов. Том XXIV, №4 Известия ВУЗов СССР – Радиоэлектроника 1981.
5. В.М. Кошевой, Синтез систем селекции движущихся целей при ограничениях на размер обрабатываемой матрицы – Том XXV, №3 Известия ВУЗов СССР – Радиоэлектроника 1982.

УДК 621.391.83

ОПТИМИЗАЦИЯ СИГНАЛА ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕГО МАКСИМУМ ОТНОШЕНИЯ СИГНАЛ/ПОМЕХА ПРИ СОГЛАСОВАННОЙ ОБРАБОТКЕ

В.М. Кошевой, д.т.н., профессор
А.А. Григус, курсант
Национальный университет «Одесская морская академия»

В задачах выделения сигналов на фоне отражений важное значение имеет выбор формы зондирующего сигнала. Особенно в случае, когда обработка сигнала в приемном тракте производится согласованным фильтром.

Отношения сигнал/помеха плюс шум выглядит следующим образом (при согласованной обработке):

$$\Sigma = \frac{|s^*s|^2}{S^*RS+N_0S^*S} \quad (1)$$

где - R (матрица корреляции) для аperiodической и периодической обработки.

Формула R для периодической обработки:

$$R^n = S_0S_0^* + S_1S_1^* + S_2S_2^* + \dots + S_{N-1}S_{N-1}^* + N_0I \quad (2)$$

где

$$S_0 = \begin{bmatrix} S_0 \\ S_1 \\ \vdots \\ S_{N-1} \end{bmatrix}; S_1 = \begin{bmatrix} S_1 \\ S_2 \\ \vdots \\ S_{N-1} \\ S_0 \end{bmatrix}; S_{N-1} = \begin{bmatrix} S_{N-1} \\ S_0 \\ S_1 \\ \vdots \\ S_{N-2} \end{bmatrix}$$

Формула R для аperiodической обработки:

$$R^a = S_0S_0^* + S_1S_1^* + S_2S_2^* + \dots + S_{N-1}S_{N-1}^* + S_{-1}S_{-1}^* + S_{-2}S_{-2}^* + \dots + S_{-N-1}S_{-N-1}^* + N_0I \quad (3)$$

$$\text{где } S_0 = \begin{bmatrix} S_0 \\ S_1 \\ \vdots \\ S_{N-1} \end{bmatrix}; S_1 = \begin{bmatrix} S_1 \\ S_2 \\ \vdots \\ S_{N-1} \\ 0 \end{bmatrix}; S_2 = \begin{bmatrix} S_2 \\ \vdots \\ S_{N-1} \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}; S_{N-1} = \begin{bmatrix} S_{N-1} \\ \vdots \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix};$$

$$S_{-1} = \begin{bmatrix} 0 \\ S_0 \\ S_1 \\ \vdots \\ S_{N-2} \end{bmatrix}; S_{-2} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ S_0 \\ \vdots \\ S_{N-3} \end{bmatrix}; S_{-N-1} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ \vdots \\ S_0 \end{bmatrix}$$

Листинг программы для расчета корреляционной матрицы в случае периодической обработки:

```
function plotSlice
% function for plotting
% series of convolution for each L
clc, close all % clear comand window and close all figures
s = [1;-1;-1]; % the signal
str = [1 -1 -1]; % the transpose signal
R= s*str+circshift(s,1)*circshift(str,[-1 1])+circshift(s,2)*circshift(str,[-2 2])
% correlation matrix
Q=((str*s)^2)/(str*R*s) % ratios a signal/interference plus noise
N1=length(str);
X=[];
S1=fliplr(str);
k=-(n-1):(n-1);
x=cconv(str,s1,5);
plot(x)
title
xlabel('k')
end
```

ЛИТЕРАТУРА

1. Варакин Л.Е. Теория сложных сигналов/Л.Е.Варакин М.: «Советское радио», 1970-371 с.
2. Голд Б., Рэйдер Ч. Цифровая обработка сигналов/ М.: «Советское радио», 1973-367 с.

УДК 681.518.5

ОПТИМИЗАЦИЯ ФИЛЬТРА

В.М.Кошевой, профессор, д.т.н.
К.Р.Штомпель, курсант
Национальный университет «Одесская морская академия»

Цифровой фильтр –в электронике любой фильтр, обрабатывающий цифровой сигнал с целью выделения и/или подавления определённых частот этого сигнала.

Цифровые фильтры на сегодняшний день применяются практически везде, где требуется обработка сигналов, в частности в спектральном анализе, обработке изображений, обработке видео, обработке речи и звука и многих других приложениях.

В состав современных вычислительных устройств, обрабатывающих информацию технологических процессов, часто входят блоки программно или аппаратно реализованных цифровых фильтров. По виду переходного процесса ЦФ делятся на КИХ (с конечной импульсной характеристикой) и БРПХ (с бесконечной импульсной характеристикой) фильтры

Для оптимизации фильтра используем следующий алгоритм, который мы сделали с помощью программы MATLAB.

```
X=[]
s_0=[1 -1 1]
s_1=[-1 1 -1]
%s_2=[1 -1 1]
%s_3=[1 -1 1]
s0=s_0.'
s1=s_1.'
%s2=s_2.'
%s3=s_3.'
N=length(s_0)
R=s0*conj(s_0)+s1*conj(s_1)%+s2*conj(s_2)+s3*conj(s_3)
N0=10^(-3)
I=eye(N)
P2=R+I*N0
K=inv(P2)
W=K*s0
P1=R*K
S=fliplr(s_0)
W=W.'
X=[X;cconv(W,S,N)]
X=X
figure(1);plot(X)
```

Проведенные исследования по проверке полученных результатов в виде взаимокорреляционной функции на выходе оптимального фильтра показали правильность работы разработанных программ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы. Руководство к решению задач.- М.: Высшая школа, 1987
2. Ипатов В. Широкополосные системы и кодовое разделение сигналов. М.: Техносфера, 2007, 488 стр.

Наукове видання

Матеріали
науково-методичної конференції

"Актуальні питання суднової електротехніки і радіотехніки"

15.12.2015 – 16.12.2015

Комп'ютерна верстка *Глазева О.В.*

Підписано до друку 25.01.2016. Формат 60×84/16.
Обл.-вид. арк. 20,8. Наклад 220. Зам. № И16-02-04.

НУ «ОМА», 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