



ЭЛЕКТРОНИКА И ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ ТРАНСПОРТА

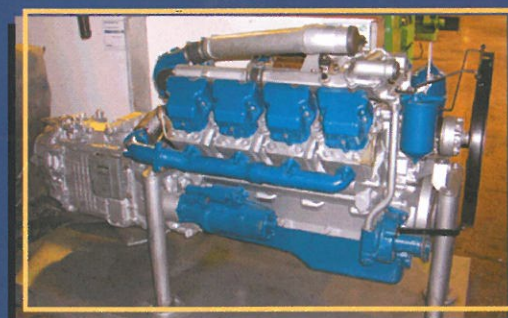
н а у ч н о - т е х н и ч е с к и й ж у р н а л

№ 5-6
2011

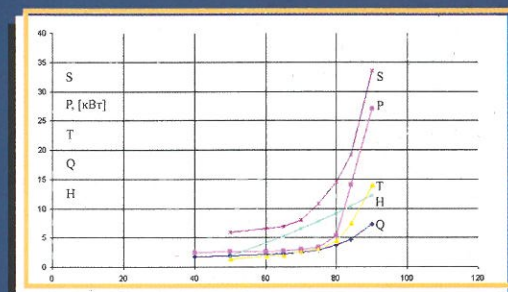
ISSN 1812-6782

В НОМЕРЕ:

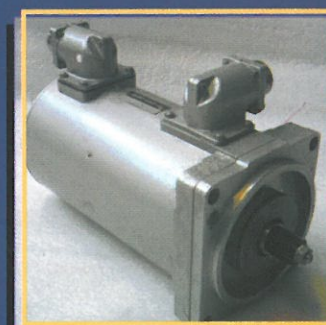
Управление силовым агрегатом



Обращенные асинхронные машины



Имитационное моделирование процессов
в электромеханических системах



МАКС-2011 и "Интеравто"

Дорогие читатели!

В конце августа 2011 года состоялись значимые и яркие выставки «Интеравто-2011» и МАКС-2011, представляющие немалый интерес для всех специалистов, занятых в сфере производства транспорта и комплектующих, из года в год привлекающие поклонников автомобильной и авиационной техники.

В подмосковном городе Жуковском на аэродроме ЛИИ им. М.М. Громова с рекордными показателями завершил свою работу десятый Юбилейный Международный авиационно-космический салон МАКС-2011, проходивший с 16 по 21 августа. В этом году экспонировались 842 компании и организации из 40 стран, посетителями выставки стали более 550 тысяч человек, несмотря на непогоду. Гостям одной из знаменитейших аэрокосмических выставок в мире был представлен широкий ряд разноплановых иностранных и отечественных новинок авиационной, космической техники.

Под проливным дождем демонстрационная программа стала практически уникальной, так как проводилась на малых высотах и позволяла до мелочей рассмотреть все задействованные летательные аппараты. Прекрасной возможностью наладить деловые контакты воспользовались многие участники МАКС-2011: был заключен ряд сделок на общую стоимость более \$16 млрд., что значительно превышает показатели предыдущих Авиасалонов.



Выставка снова стала важным и полезным для специалистов отрасли событием, формирующим новые и укрепляющим старые профессиональные отношения в автомобильной индустрии.

В Московском выставочном центре "Крокус Экспо" с 28 по 31 августа проводилась 7-я Международная выставка "Интеравто-2011". В знаменитом событии приняли участие 687 компаний из более чем 17 стран мира - России, Италии, Испании, Германии, Бельгии, Польши, Словении, Израиля, США, Японии, Турции, Китая, Тайваня, Кипра, Украины, Белоруссии, Латвии и Литвы. Посетители смогли узнать последние новости и тенденции развития автомобильного рынка касательно компонентов, запчастей, аксессуаров, сервисного и гаражного оборудования.

С уважением,
Редакция журнала

СОДЕРЖАНИЕ

ЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ, ДИАГНОСТИКИ, СВЯЗИ

Хрящев Ю.Е., Дойников К.В.

Система и способ управления силовым агрегатом 2

ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ И ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ

Бадёр М.П., Гречишников В.А., Шевлюгин М.В., Король Ю.Н.

Анализ показателей работы силового оборудования системы тягового электроснабжения ОАО «РЖД» на основе мониторинга тяговых подстанций в режиме реального времени. 5

Колбасинский Д.В., Кнауб Л.В., Новиков Е.А.

Математическая модель разгона и движения подвижного состава с реостатно-контакторным управлением 9

Рожнев А.Ю.

Исследование основных характеристик декодера точечного канала связи с локомотивом. 13

Цыкунов Ю.Ю.

Обращенные асинхронные машины 17

Волокитина Е.В., Никитин В.В., Опалев Ю.Г., Тебеньков Ф.Г.

Имитационная математическая модель синхронной магнитоэлектрической машины в генераторном режиме в среде Matlab Simulink 23

Борисенков С.С.

Электрическое торможение рельсового электроподвижного состава постоянного тока 28

Третьинников О.В.

Энергетическая эффективность рекуперативного торможения электропоездов постоянного тока 30

МЕХАТРОННЫЕ СИСТЕМЫ, ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА

Доманов В.И., Доманов А.В., Муллин И.Ю.

Синтез крановых электроприводов с вычислением угла раскачивания груза 33

Нгуен Куанг Тхьеу, Ключкин П.Н.

Адаптивная идентификация параметров тяговых асинхронных электродвигателей гибридных автомобилей 36

Мазнев А.С., Калинин М.В., Калинина А.А., Баранов В.А.

Расчет пульсаций тока тяговых двигателей при последовательно-независимом возбуждении в многофазной схеме импульсного регулирования напряжения 40

ПРОБЛЕМЫ КАЧЕСТВА И НАДЕЖНОСТИ, СЕРТИФИКАЦИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ

Козловский В.Н., Марсов В.И.

Модели затрат в решении проблемы надежности электрооборудования автомобилей 43

Заятров А.В., Козловский В.Н.

Организация индивидуального отзыва автомобилей из эксплуатации как инструмент снижения рисков недостаточной надежности системы электрооборудования 46

ИНФОРМАЦИЯ

Бусаров В. Г.

270 лет отечественной научной школе электротехники. Инновационный взгляд на историографию школы 50

Перечень статей, напечатанных в журнале «Электроника и электрооборудование транспорта» в 2011 году 53

Периодический рецензируемый научно-технический журнал «Электроника и электрооборудование транспорта» является коллективным членом Академии электротехнических наук РФ.

Учредитель и издатель – Научно-производственное предприятие «Томилинский электронный завод».

Журнал включен в перечень изданий, рекомендованных ВАК для апробации кандидатских и докторских диссертаций.

Свидетельство о регистрации СМИ
ПИ №ФС 77-29963
от 17 октября 2007 г.

Главный редактор:
А.Г. Бабак, к.т.н.

Редакционный совет:
А.С. Адонин, д.т.н.,
С.С. Булгаков, д.т.н.,
Н.А. Володина, д.т.н., профессор,
В.Н. Дианов, д.т.н., профессор,
С.Г. Драгомиров, д.т.н., профессор,
Ю.М. Иньков, д.т.н., профессор,
К.Л. Ковалев, д.т.н., профессор,
Л.В. Кожитов, д.т.н., профессор,
А.В. Левин, д.т.н., профессор,
А.С. Мазнев, д.т.н., профессор,
В.А. Нестерин, д.т.н., профессор,
И.Б. Пешков, д.т.н., профессор,
В.П. Феоктистов, д.т.н., профессор,
В.Е. Ютт, д.т.н., профессор.

Выпускающий редактор:
Н.А. Климчук.

Редакция:
140070, Московская область,
Люберецкий район, п. Томилино,
ул. Гаршина, д. 11
Тел./факс: (495) 500-40-20,
(495) 557-23-95
E-mail: npptez@mail.ru
Сайт: www.npptez.ru

Подписано в печать:
31.10.2011 г.

Отпечатано:
ГУП МО «Коломенская типография».
140400, г. Коломна,
ул. III Интернационала, д. 2а
E-mail: bab40@yandex.ru

Формат 60х90/8,
бумага мелованная, объем 7 п.л.,
тираж 1000 экз., заказ 1737.

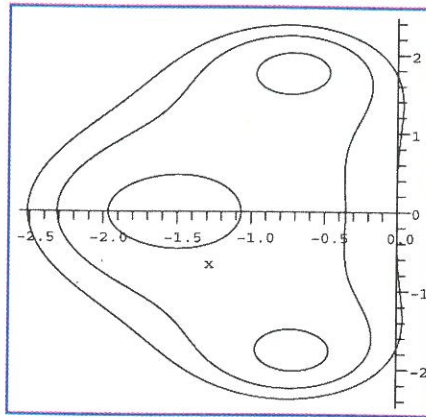


Рис. 1. Область устойчивости метода третьего порядка точности

Полученная оценка (9) является грубой, потому что:

- максимальное собственное число матрицы Якоби системы (7) не всегда обязательно сильно отделено от остальных;
- в степенном методе применяется мало итераций;
- дополнительные искажения вносит нелинейность задачи (7).

Поэтому контроль устойчивости используется как ограничитель на размер шага интегрирования.

Прогнозируемый шаг h_{n+1} будем вычислять следующим образом. Новый шаг h^{ac} по точности определим по формуле $h^{ac} = q_1 h_n$, где h_n — последний успешный шаг интегрирования, а q_1 , учитывая соотношение $\varepsilon_n = O(h_n^3)$, задается уравнением $q_1^3 |\varepsilon_n| = \varepsilon$. Шаг h^{st} по устойчивости зададим формулой $h^{st} = q_2 h_n$, где q_2 , учитывая равенство $v_n = O(h_n)$, определяется из уравнения $q_2 \|v_n\| = 2.5$. В результате прогнозируемый шаг h_{n+1} вычисляется по следующей формуле

$$h_{n+1} = \max[h_n, \min(h^{ac}, h^{st})] \quad (10)$$

где h_n — последний успешный шаг интегрирования. Отметим, что формула (10) применяется для прогноза величины шага интегрирования h_{n+1} после успешного вычисления решения с предыдущим шагом h_n и поэтому фактически не приводит к увеличению вычислительных затрат.

Если шаг по устойчивости меньше последнего успешного, то он уменьшен не будет, потому что причиной этого может быть грубость оценки максимального собственного числа. Однако шаг не будет и увеличен, потому что

не исключена возможность неустойчивости численной схемы. Если шаг по устойчивости должен быть уменьшен, то в качестве следующего шага будет применяться последний успешный шаг h_n . В результате для выбора шага и предлагается формула (10). Данная формула позволяет стабилизировать поведение шага на участке установления решения, где определяющую роль играет устойчивость. Собственно говоря, именно наличие данного участка существенно ограничивает возможности применения явных методов для решения жестких задач. Как показывают вычисления, выбор шага по точности и устойчивости приводит к надежным и эффективным расчетам.

Литература:

1. Захарченко, Д.Д. Тяговые электрические машины / Д.Д. Захарченко, Н.А. Ротанов. — Москва, Транспорт, 1991. — 343 с.
2. Адкинс, Б. Общая теория электрических машин / Б. Адкинс. — М.: Госэнергоиздат, 1960. — 271 с.
3. Хайер Э., Нерсетт С., Ваннер Г. Решение обыкновенных дифференциальных уравнений. Нежесткие задачи / М.: Мир, 1990. — 512 с.
4. Хайер Э., Ваннер Г. Решение обыкновенных дифференциальных уравнений. Жесткие и дифференциально-алгебраические задачи / М.: Мир, 1990. — 685 с.
5. Новиков Е.А., Кнауц Л.В. Алгоритм интегрирования с контролем точности и устойчивости явного трехстадийного метода типа Рунге-Кутты // Системы управления и информационные технологии. — 2009. — № 1(35). — С. 20–24.
6. Демидов Г.В., Новиков Е.А. Оценка ошибки одношаговых методов интегрирования обыкновенных дифференциальных уравнений // Числ. методы механики сплошной среды. — Т. 16, № 1. — 1985. — С. 27–42.
7. Новиков Е.А., Новиков В.А. Контроль устойчивости явных одношаговых методов интегрирования обыкновенных дифференциальных уравнений // ДАН СССР. — Т. 277, № 5. — 1984. — С. 1058–1062.
8. Новиков Е.А. Явные методы для жестких систем: монография / Новосибирск: Наука, 1997. — 197 с.

Колбасинский Дмитрий Владимирович — родился в 1974 году. В 1996 году окончил Красноярский государственный технический университет по специальности «Информатика и управление в технических системах». Кандидат технических наук. В 2006 году защитил диссертацию по теме: «Микропроцессорная система управления процессом разгона и движения электроподвижного состава городского электрического транспорта». Опыт работы 15 лет. В настоящее время работает доцентом кафедры САУП Сибирского федерального университета. Имеет более 30 научных трудов, в том

числе патент РФ, свидетельства о регистрации программных продуктов.

Кнауц Людмила Владимировна — родилась в 1966 году. В 1988 году окончила Красноярский государственный университет по специальности «Математика». Кандидат физико-математических наук. В 2009 году защитила диссертацию по теме: «Разработка эффективных явных методов и комплекса программ для решения задач химической кинетики умеренной жесткости». В настоящее время работает в должности доцента кафедры «Математическое обеспечение дискретных устройств и систем» Института фундаментальной подготовки Сибирского федерального университета. Имеет более 20 научных трудов.

Новиков Евгений Александрович — родился в 1951 году. В 1978 году окончил Воронежский государственный университет по специальности «Прикладная математика». Доктор физико-математических наук, профессор. В 1991 году защитил диссертацию по теме: «Одношаговые безытерационные методы решения жестких задач». Опыт работы — более 30 лет. В настоящее время работает главным научным сотрудником Института вычислительного моделирования СО РАН. Автор более 200 научных работ, в том числе 2-х монографий.

Kolbasinskiy Dmitriy — was born in 1974. In 1996 he graduated from Krasnoyarsk State Technical University, speciality is «Informatics and control in technical systems». He is the Candidate of technical sciences. In 2006 he defended a thesis, the theme is: «Micro process control system of city electric transport electric rolling stock speedup and movement processes». He has 15 years work experience. At present he works as an Associate professor in SAUP Siberian Federal University department. He has more than 30 scientific works, including a RF patent, Software product certificates of registry.

Knaub Lyudmila — was born in 1966. In 1988 she graduated from Krasnoyarsk State University, speciality is «Mathematics». She is a Candidate of Physical and Mathematical Sciences. In 2009 she defended a thesis, the theme is: «Effective explicit methods and program systems development for moderate rigidity chemical kinetics problems solutions». At present she works as an associate professor in the «Discrete field and system software» department in Academic Education Institute of Siberian Federal University. She has more than 20 scientific works.

Novikov Evgeniy — was born in 1951. In 1978 he graduated from Voronezh State University, speciality is «Applied mathematics». He is a Doctor of Physical and Mathematical Sciences, professor. In 1991 he defended a thesis, the theme is: «One-step iterativeless methods of rigid problems solutions». He has 30 years work experience. At present he works as the principal scientist in Computing Designing Institute of SO RAN. He is the author of more than 200 scientific works, including 2 monographs.

Исследование основных характеристик декодера точечного канала связи с локомотивом

// The investigation of the main characteristics of the decoder of point communication link with the locomotive //

Рожнев А.Ю.,
Уральский государственный университет путей сообщения,
г. Екатеринбург

В настоящей статье рассмотрены результаты исследований точечного канала связи с локомотивом (ТКС-Л) по критериям целостности и помехоустойчивости передаваемой информации. Методом имитационного моделирования проанализированы система символьной синхронизации и коррелятор маркера начала пакета. Рассмотрена возможность применения согласованного фильтра для повышения отношения сигнал/помеха на приеме маркера начала пакета. Ключевые слова: точечный канал связи с локомотивом, средняя вероятность ошибки в бите, помехоустойчивое кодирование, согласованный фильтр.

В настоящее время автоматическая локомотивная сигнализация непрерывного типа (АЛСН) является единственным средством передачи информации о показаниях напольных светофоров на локомотив. Вместе с этим, АЛСН не является аппаратурой первого класса надежности. В тракт передачи информации АЛСН включен такой ненадежный канал, как рельсовые цепи (РЦ), электрические и информационные параметры которого неудовлетворительны.

Альтернативой существующим устройствам АЛСН является перспективная и разрабатываемая в настоящее время система АЛСР, где для передачи информации используется современный высокоскоростной радио-

In the article discussed the research results of point communication link to locomotive (PCL-L) according to the criteria of integrity and noise immunity of the transmitted information. By simulation analyzed the symbolic system of synchronization and correlation of the package marker. The possibility of using a matched filter to improve signal to noise ratio at the reception of the package marker.

Keywords: point communicational link, probability of bit error, antinoise coding, matched filter.

канал — точечный канал связи с локомотивом (ТКС-Л) с соответствующими средствами кодирования, стабильность и надежность которого существенно выше, чем у рельсовых цепей.

При разработке ТКС-Л основным условием было то, что в зоне действия радиоканала возможно наличие мощных, в том числе импульсных помех в широком частотном диапазоне. Также необходимо было учесть наличие металлических масс в тракте передачи сигнала (корпус и элементы локомотива, рельсы, железобетонные шпалы).

Для передачи данных от путевого приемопередатчика (ППО) к устройству считывания путевых приемопередатчиков (УСПП) в системе ТКС-Л используется гармонический радио-

сигнал, передаваемый на частоте несущей 13.6 МГц, модулированный по амплитуде поднесущей на частоте 100 кГц, модулированной способом относительной фазовой манипуляции. Скорость передачи данных — 100000 бит/с. Демодулятор АМ-сигнала — синхронный детектор.

В УСПП происходит демодуляция АМ-сигнала с помощью синхронного детектора. Демодулированный сигнал пропускается через фильтр. Фильтрованный сигнал поступает на аналогово-цифровой преобразователь с разрядностью 12 бит, частота дискретизации 800 кГц.

Полученный цифровой сигнал поступает на вход программы обработки цифровых сигналов (декодер УСПП), которая реализует функции демодулятора ОФМ-сигнала, преобразующего код Манчестер II в NRZ-код, систему символьной синхронизации и последующую логическую обработку последовательности принимаемых бит: обнаружение пакета, обнаружение и исправление ошибок.

Информация от метки передается в форме пакетов длиной 189 или 316 бит (время передачи пакета — 1.89 мс и 3.16 мс соответственно). Каждый пакет, независимо от длины, начинается с преамбулы символьной синхронизации (меандра) длиной 31 бит и маркера начала пакета (М-последовательность длиной 31 бит).

В коротких пакетах (длиной 189 бит) следующая за маркером часть пакета (127 бит) является кодовым словом кода БЧХ с параметрами (127, 64). В длинных пакетах следующая за

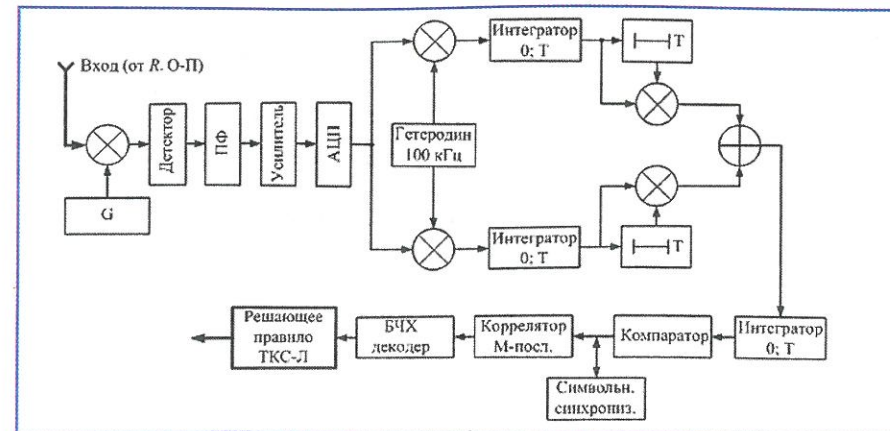


Рис. 1. Последовательность операций по обработке сигнала в ТКС-Л.

маркером часть пакета (254 бита) является конкатенацией двух кодовых слов кода БЧХ с параметрами (127, 64) [1]. При этом информационная часть кодового слова БЧХ, в свою очередь, состоит из 48 информационных бит и 16-ти бит поля CRC [2].

На рис. 1 показана последовательность работы декодера. На рис. 2 изображена структура «короткого» пакета ТКС-Л.

Ключевыми характеристиками для оценки качества работы декодера являются средняя вероятность ошибки в бите P_{BER} при заданном соотношении сигнал/помеха – q и плотность вероятности ошибки в пакете $w_{BER}(p/q)$. Плотность вероятности

необходимо учитывать в связи с тем, что в формулу, описывающую вероятность ошибочной работы декодера, входит произведение вероятностей ошибочной работы соответствующих узлов декодера. Обычно расчет этих показателей основывается только на знании величины P_{BER} . Однако такой расчет может быть некорректен, так как, хоть и с очень малой вероятностью, но все же возможно при приеме пакета возникновение большого числа ошибок. Для этого и необходимо

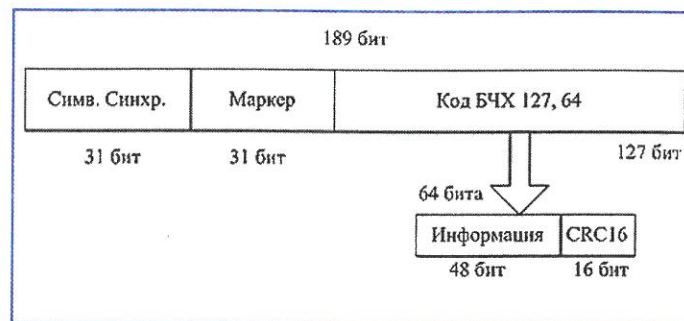


Рис. 2. Структура «короткого пакета» ТКС-Л.

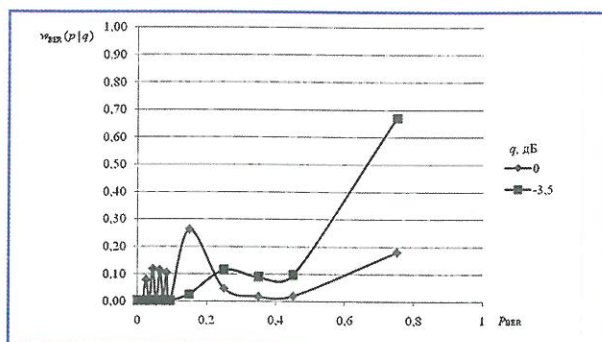


Рис. 4. Распределение плотности вероятности для пакета длиной 100 бит.

знать функцию $w_{BER}(p/q)$ (оценить распределение P_{BER}) и учесть ее при расчете конечных показателей качества работы декодера.

По результатам имитационного моделирования в среде Matlab блока относительной фазовой модуляции, фильтра нижних частот (ФНЧ) и системы символьной синхронизации получены вероятности средней ошибки в бите P_{BER} , а также распределение $w_{BER}(p/q)$ для следующих соотношений сигнал/помеха ($c/n, q$): 0 дБ, 3,3 дБ, 6,6 дБ, 9,9 дБ (Таблица 1).

На рис. 3 изображена функция $w_{BER}(p/q)$ для этих же соотношений c/n .

На рис. 3 интересным является то, что в интервале (0,1; 0,2) возникает всплеск функции распределения плотности вероятности. Чтобы выяснить, является этот всплеск закономерным или случайным, было произведено моделирование для длин пакетов 100 бит и 300 бит, а также для соотношения $q = -3,5$ дБ. Результаты этого моделирования представлены на рис. 4 и рис. 5.

Таблица 1. Результаты моделирования P_{BER}

Отношение c/n (q , дБ)	0	3,3	6,6	9,9
P_{BER}	0,24355	0,010073	0,00041086	$3,4 \cdot 10^{-20}$

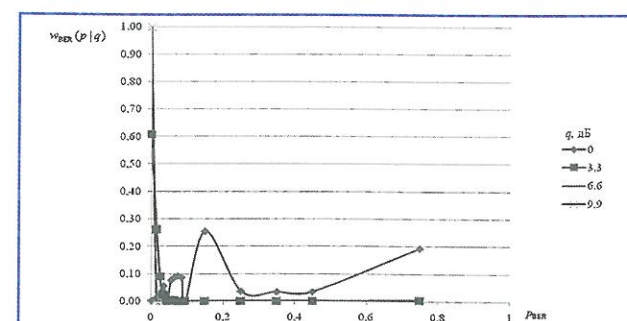


Рис. 3. Результаты моделирования.

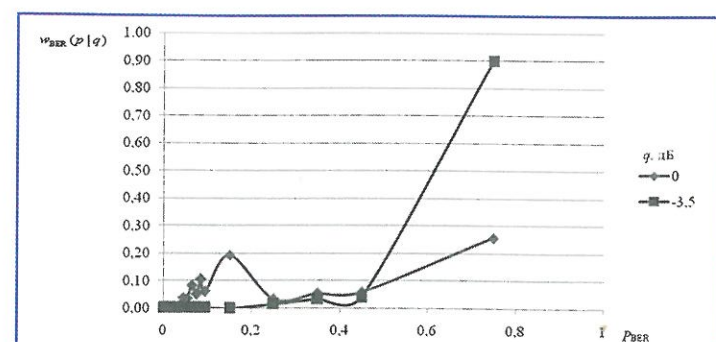


Рис. 5. Распределение плотности вероятности для пакета длиной 300 бит.

Из представленных графиков видно, что всплески на этих же участках имеются и для других длин пакетов, только при $q = -3,5$ дБ для пакета длиной 300 бит его величина значительно меньше. Из этого следует, что оптимизируя такие параметры, как соотношение c/n (q) и длину пакета, можно повышать вероятность безошибочной работы декодера $Pr(p)$.

По результатам проведенных исследований видно, что в случаях, когда значение $q < 0$, вероятность группировки всех ошибок в одном пакете достаточно велика. В связи с этим актуальной является задача улучшения соотношения q на входе приемника. Таким образом, при искажении маркера ниже порога обнаружения ($n = 27$) весь пакет будет отброшен, хотя оставшаяся часть пакета, закодированная кодом БЧХ, вполне может быть распознана [1]. Одним из перспективных вариантов является использование на приеме радиосигнала корреляционного приемника в виде согласованного фильтра (СФ) [3]. Особенностью СФ является то, что при поступлении на вход СФ согласованного сигнала на его выходе появляется сигнал в виде автокорреляционной функции (АКФ) согласованного сигнала, при подаче любого другого сигнала – сигнал в виде взаимокорреляционной функции (ВКФ) согласованного и другого сигнала. То есть, если на вход СФ поступит аддитивная смесь согласованного сигнала и помехи, то на выходе появится сумма сигналов.

При этом важной особенностью предложенного метода является то, что сигнал должен обладать «хорошей» АКФ, т. е. такой, которая содержит один треугольный импульс большой амплитуды, причем ее максимальное значение приходится на момент T окончания действий на входе СФ двоичного сигнала, а вокруг треугольного импульса симметрично расположены несколько импульсов с малой амплитудой.

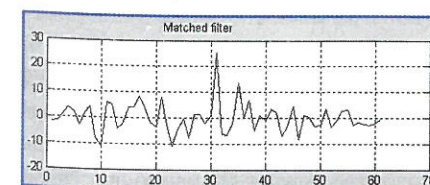


Рис. 8. Реакция СФ, $q = 0$ дБ.

В нашей системе в качестве маркера начала пакета используется М-последовательность длиной 31 бит, имеющая вид

$M = [1111100110100100001010111011000]$.

Данной последовательности соответствует неприводимый многочлен в поле $GF(2^5)$: $f(x) = x^5 + x^3 + 1$. Помимо многочисленных замечательных свойств М-последовательностей [4], они обладают важным для нашей задачи свойством: автокорреляционная функция (АКФ) М-последовательности содержит пик, намного больший амплитуды боковых лепестков, и время его появления как раз совпадает со временем окончания приема М-последовательности (31-й импульс).

АКФ данного сигнала для данной М-последовательности изображена на рис. 6.

Нетрудно заключить, имея в виду рис. 6, что при поступлении на вход СФ М-последовательности и помехи в момент окончания согласованного сигнала на выходе СФ появится большой всплеск сигнала, возвышающегося среди других значений выходного сигнала СФ. Этот импульсный сигнал несложно выделить из выходного сигнала СФ.

Импульсная характеристика СФ должна представлять собой «зеркальную» копию выделяемого сигнала с обращенным во времени порядком следования отдельных позиций. На рис. 7 изображена данная импульсная характеристика.



Рис. 7. Импульсная характеристика СФ.

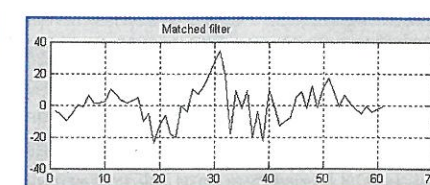


Рис. 9. Реакция СФ, $q = -6$ дБ.

Для моделирования СФ в среде программирования Matlab был проведен синтез фильтра с конечной импульсной характеристикой [5]. При этом реакция этого фильтра представляет собой свертку входного сигнала и импульсной характеристики (ИХ) фильтра. Результаты проведенных исследований для различных соотношений c/n (q) приведены на рис. 8, 9 и 10. По полученным графикам видно, что уверенное выделение фильтром М-последовательности на 31-м отсчете происходит в случаях, когда $q > -9,5$ дБ, в случае же большей зашумленности сигнала пик приходится на другие отсчеты, и уверенное выделение сигнала в таком случае не представляется возможным.

Результаты проведенных исследований показали, что с помощью имитационного моделирования получены значения P_{BER} и $w_{BER}(p/q)$ для положительных значений q из ряда 0 дБ, 3,3 дБ, 6,6 дБ, 9,9 дБ. При этом в случае, когда $q = 0$ дБ, видно, что функция распределения $w_{BER}(p/q)$ принимает иной вид – появляется всплеск в интервале $P_{BER} = (0,1; 0,2)$. Для исследования этого факта были построены функции $w_{BER}(p/q)$ для $q = 0$ дБ и $q = -3,5$ дБ, при этом длины пакетов выбирались из значе-

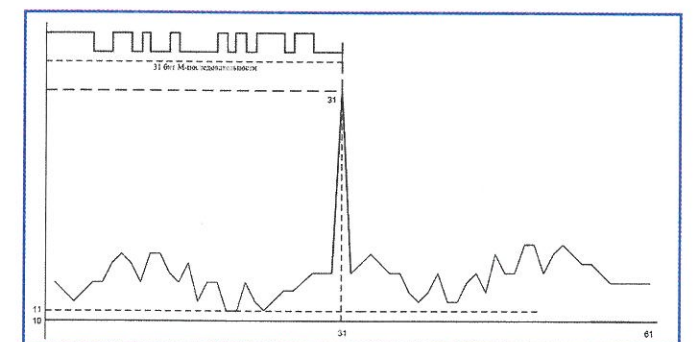


Рис. 6. М-последовательность и ее АКФ.

тационного моделирования получены значения P_{BER} и $w_{BER}(p/q)$ для положительных значений q из ряда 0 дБ, 3,3 дБ, 6,6 дБ, 9,9 дБ. При этом в случае, когда $q = 0$ дБ, видно, что функция распределения $w_{BER}(p/q)$ принимает иной вид – появляется всплеск в интервале $P_{BER} = (0,1; 0,2)$. Для исследования этого факта были построены функции $w_{BER}(p/q)$ для $q = 0$ дБ и $q = -3,5$ дБ, при этом длины пакетов выбирались из значе-

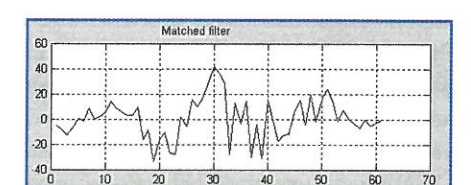


Рис. 10. Реакция СФ, $q = -9,5$ дБ.

ний 100 и 300 бит. Полученные результаты показывают, что всплески на этих же участках имеются и для других длин пакетов, только при -3,5 дБ для пакета длиной 300 бит его величина значительно меньше. Таким образом, оптимизируя такие параметры, как соотношение c/p (q) и длину пакета, можно повышать вероятность безошибочной работы декодера $Pr(p)$.

Также в работе был произведен анализ возможности применения метода согласованной фильтрации для выделения маркера начала пакета. Полученный результат для достаточно низких соотношений q является хорошим обоснованием возможности использования СФ в системе ТКС-Л в качестве коррелятора маркера пакета.

Имитационное моделирование проводилось с использованием модели белого гауссова шума. На самом деле такая модель не вполне соответ-

ствует поставленным задачам (наличие мощных импульсных помех), поэтому на данный момент актуальной является задача построения более корректной модели помехи в тракте передачи.

Литература:

1. Паршин А.В., Субботин Е.А. Теория передачи сигналов: конспект лекций. Екатеринбург УрТИСИ ГОУ ВПО «СибГУТИ», 2004. С. 95–97.
2. Росс Н.В. Элементарное руководство по CRC-алгоритмам обнаружения ошибок. СПб «БХВ-Петербург», 1995. – 36 с. ISBN 0–8493–0268–4.
3. Михалев А.Н., Паршина Е.В. Обеспечение высокой помехоустойчивости и надежности систем АБ и АПС. // Транспорт Урала. 2008. – №4 (19). – 70 – 73 с., ISSN 1815–9400.
4. Зинчук Н.Д., Рожнев А.Ю., Титов С.С. Формирование M-последовательностей на основе неприводимых многочленов в каналах связи с локомотивом. // Проблемы прикладной мате-

матики, механики и информатики. Екатеринбург УрГУПС, 2010. С. 172 – 176. ISBN 978-94614–168–0.

5. Солонина А.И., Арбузов С.М. Цифровая обработка сигналов. Моделирование в Matlab // БХВ-Петербург. 2008. – 798 с. ISBN 978-9775–0259–7.

Рожнев Алексей Юрьевич – родился в 1988 году. В 2010 году окончил УрГУПС специальности «Информационные системы и технологии». В настоящее время является аспирантом кафедры «Электрические машины» УрГУПС. Имеет около 10 научно-технических публикаций.

Rozhnev Alexey – was born in 1988. In 2010 graduated from Ural State Transport University specialization is «Information systems and technologies». At present he is a graduate student of «Electric machines» department of Ural State Transport University. The author of nearly scientific-engineering publications.