

УДК 656.259.12:656.256.3

К. В. ГОНЧАРОВ (ДНУЖТ)

Кафедра Автоматики, телемеханика и связь, Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна 2, Днепропетровск, Украина, 49010, тел.: (056) 373-15-04, эл. почта: [goncharov\\_k@inbox.ru](mailto:goncharov_k@inbox.ru)

## УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ КОНТРОЛЯ РЕЛЬСОВОЙ ЛИНИИ

### Введение

В настоящее время на сети железных дорог Украины и стран СНГ базовым элементом автоматизированных систем управления движением поездов (АСУДП) являются рельсовые цепи (РЦ), выполняющие ответственные функции путевых датчиков и телемеханических каналов. От надежной работы рельсовых цепей во многом зависит надежность АСУДП, а, следовательно, и безопасность движения поездов, а также эффективность перевозочного процесса. Значительная часть отказов рельсовых цепей вызвана их неустойчивой работой в условиях воздействия неблагоприятных факторов, к числу которых относятся флуктуации сопротивления изоляции балласта, а также помехи от тягового тока, сигналов автоматической локомотивной сигнализации (АЛС), смежных РЦ.

В процессе своего развития рельсовые цепи прошли значительный эволюционный путь от цепей постоянного тока с непрерывным питанием до современных тональных рельсовых цепей (ТРЦ) [1 – 3]. Использование сигнального тока тонального диапазона позволяет существенно повысить помехозащищенность и ослабить взаимные влияния между рельсовыми цепями, в несколько раз снизить потребляемую мощность [2, 3]. Наиболее ответственным элементом ТРЦ является электронный путевой приемник, который выполняет обработку сигналов контроля рельсовой линии (КРЛ) и управляет путевым реле.

Одно из направлений дальнейшего совершенствования рельсовых цепей связано с переводом технических средств на современную микроэлектронную элементную базу. Существующий уровень развития цифровых сигнальных процессоров позволяет строить на их основе надежные устройства, выполняющие довольно сложные алгоритмы цифровой обработки сигналов [4]. Применение новых, более совершенных алгоритмов обработки сигналов КРЛ, реализация которых на старой элементной базе была принципиально невозможной, позволит повысить устойчивость работы рель-

совых цепей в условиях воздействия дестабилизирующих факторов, а также позволит расширить функциональные возможности путевого приемника. Целесообразность применения цифровой обработки сигналов для построения путевых приемников показана также в работах [5 – 7].

Для повышения помехоустойчивости приемника сигналов, уменьшения вероятности ошибки при обнаружении сигнала можно использовать статистические методы, которые базируются на определении взаимной корреляционной функции принятого и эталонного сигналов [8 – 10].

Целью данной работы является дальнейшее совершенствование методов обработки сигналов контроля рельсовой линии, проведение сравнительного анализа различных типов цифровых приемников тональных рельсовых цепей.

### Структура цифрового путевого приемника тональных рельсовых цепей

Путевой приемник тональных рельсовых цепей выполняет фильтрацию и демодуляцию амплитудно-манипулированных сигналов контроля рельсовой линии и управляет путевым реле в соответствии с уровнем этих сигналов [2, 3].

Можно выделить два направления применения цифровой обработки сигналов в путевых приемниках ТРЦ: 1) выполнение в цифровой форме традиционных алгоритмов обработки сигналов контроля рельсовой линии; 2) поиск новых, более совершенных алгоритмов цифровой обработки сигналов, выполнение которых на старой элементной базе было затруднительно или практически невозможно. Первое направление рассмотрено в работе [7]. Предложенный в [7] цифровой путевой приемник построен по традиционной схеме приемника прямого усиления [11] и содержит следующие функциональные узлы: аналого-цифровой преобразователь (АЦП), входной фильтр (ВФ), демодулятор (ДМ), первый фильтр модулирующей частоты (ФМ), пороговый элемент (ПЭ),

выходной усилитель (ВУ), второй фильтр модулирующей частоты, образованный конденсатором  $C_\Phi$  и трансформатором, выпрямитель (рис. 1). Для выполнения операций фильтрации, демодуляции и сравнения с пороговым уровнем используется цифровой сигнальный процессор (ЦСП). Безопасность такого приемника обеспечивается за счет динамического режима работы всех его элементов. Повысить надежность и функциональную безопасность цифрового приемника можно также с помощью структурного резервирования и специальных тестовых программ, позволяющих обнаруживать программные сбои сигнального процессора.

### Корреляционные методы обработки сигнала контроля рельсовой линии

На вход путевого приемника РЦ поступает реализация случайного сигнала  $\xi(t)$ , представляющая собой аддитивную смесь сигнала контроля рельсовой линии и помехи

$$\xi(t) = \theta \cdot s_1(t) + (1 - \theta) \cdot s_2(t) + n(t), \quad (1)$$

где  $s_1(t)$  – сигнал КРЛ в нормальном режиме,

$s_2(t)$  – ослабленный сигнал КРЛ в шунтовом или контрольном режимах,

$n(t)$  – помехи,  $\theta$  – параметр обнаружения (равняется нулю или единице).

Сигналы  $s_1(t)$  и  $s_2(t)$  являются квазидетерминированными амплитудно-манипулированными с известными несущей и модулирующей частотами, случайными амплитудой и фазой. Помехами являются гармоники тягового тока, сигналы смежных рельсовых цепей, сигналы АЛС и др. Если после обработки уровень сигнала КРЛ превышает пороговый уровень  $h$ , то параметр обнаружения  $\theta$  принимается равным единице, в противном случае – равным нулю. Таким образом, путевой приемник выполняет задачу обнаружения сигналов. Так как, сигналы

$s_1(t)$  и  $s_2(t)$  – квазидетерминированные, а  $n(t)$  – случайный сигнал, то для решения такой задачи целесообразно использовать статистические методы.

В статистической радиотехнике при обнаружении сигналов определяется и сравнивается с пороговым уровнем отношение правдоподобия [8 – 10]

$$\Lambda = \frac{p(\xi|s_1)}{p(\xi|s_2)}, \quad (2)$$

где  $p(\xi|s_1)$ ,  $p(\xi|s_2)$  – плотности условных вероятностей появления реализации  $\xi(t)$  при условии, что были переданы сигналы  $s_1(t)$ ,  $s_2(t)$ , соответственно.

При обнаружении сигналов на фоне белого гауссовского шума вычисление отношения правдоподобия сводится к определению взаимной корреляционной функции принятого сигнала и эталонного сигнала, форма которого соответствует сигналу КРЛ

$$q(\tau) = \int_0^T \xi(t) \cdot s_1(t - \tau) dt, \quad (3)$$

где  $T$  – интервал наблюдения. Так как сигнал КРЛ является периодическим, то в качестве интервала наблюдения следует принять период модулирующего сигнала.

В устройствах цифровой обработки сигналов вычисление корреляционного интеграла (3) выполняется путем суммирования произведений выборки двух сигналов [12]

$$q(j) = \frac{1}{M} \sum_{N=0}^{M-1} \xi(N) \cdot s_1(N - j), \quad (4)$$

где  $M$  – количество выборок на интервале, равном одному периоду модулирующего сигнала.

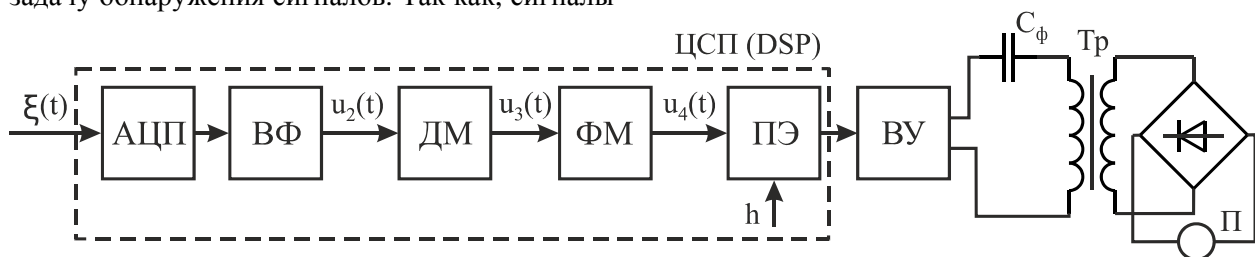


Рис. 1. Структурная схема цифрового путевого приемника тональных рельсовых цепей

Для исследования коррелятора, выполняющего вычисления в соответствии с выражением (4), было проведено имитационное моделирование в среде MATLAB. В качестве эталонного использовался один период амплитудно-

манипулированного сигнала с частотой несущей 480 Гц и частотой модуляции 12 Гц. Моделирование проводилось при частоте дискретизации 2 кГц, число выборок эталонного сигнала – 167, число выборок входного сигнала – 1670.

Были проведены исследования фильтрующих свойств коррелятора. Для этого на его вход подавались синусоидальные сигналы в диапазоне частот (400 – 600) Гц с шагом 0,5 Гц. Для каждой частоты определялась амплитуда выходного сигнала и рассчитывался нормированный коэффициент передачи. Полученная амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) коррелятора представлена на рис. 2.

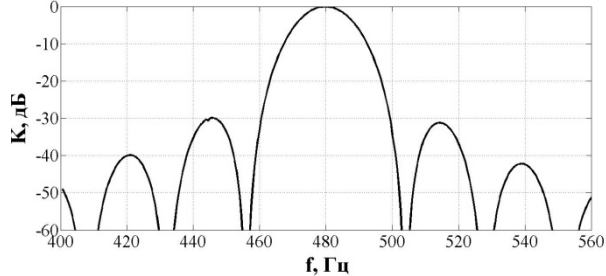


Рис. 2. Амплитудно-частотная характеристика коррелятора

Известно [7], что спектр амплитудно-манипулированного сигнала КРЛ состоит из несущей и двух боковых полос, содержащих нечетные гармоники. Для сигнала 480 Гц/12 Гц частоты нечетных гармоник равняются 468 Гц и 492 Гц, 444 Гц и 516 Гц, 420 Гц и 540 Гц и т.д. Как видно из рис. 2 максимумы АЧХ коррелятора соответствуют несущей частоте, а также частотам третьих, пятых и т.д. гармоник сигнала КРЛ. Таким образом, коррелятор представляет собой полосовой фильтр, АЧХ которого является согласованной со спектром сигнального тока. В связи с этим коррелятор можно использовать в качестве входного фильтра путевого приемника ТРЦ (см. рис. 1).

Было проведено в среде MATLAB имитационное моделирование путевого приемника, в котором коррелятор выполняет функцию входного фильтра. Для демодуляции сигнала КРЛ применялась нелинейная операция нахождения абсолютного значения величины. В качестве фильтра модулирующей частоты использовался КИХ-фильтр, настроенный на частоту 12 Гц с полосой пропускания 2 Гц. На вход такого приемника подавался амплитудно-манипулированный сигнал 480 Гц/12 Гц с амплитудой 1 В. Результаты моделирования представлены на рис. 3. На графиках в качестве аргумента используется номер выборок  $N$ , а в качестве функции – значения выборок, полученные после выполнения различных операций над входным сигналом. Как видно из рис. 3 предложенный корреляционный приемник позволяет выделить из входного сигнала модулирующее колебание (рис. 3, г). Постепенное увеличение уровня сигнала на выходе фильтра модулиру-

ющей частоты связано с переходным процессом в данном КИХ-фильтре.

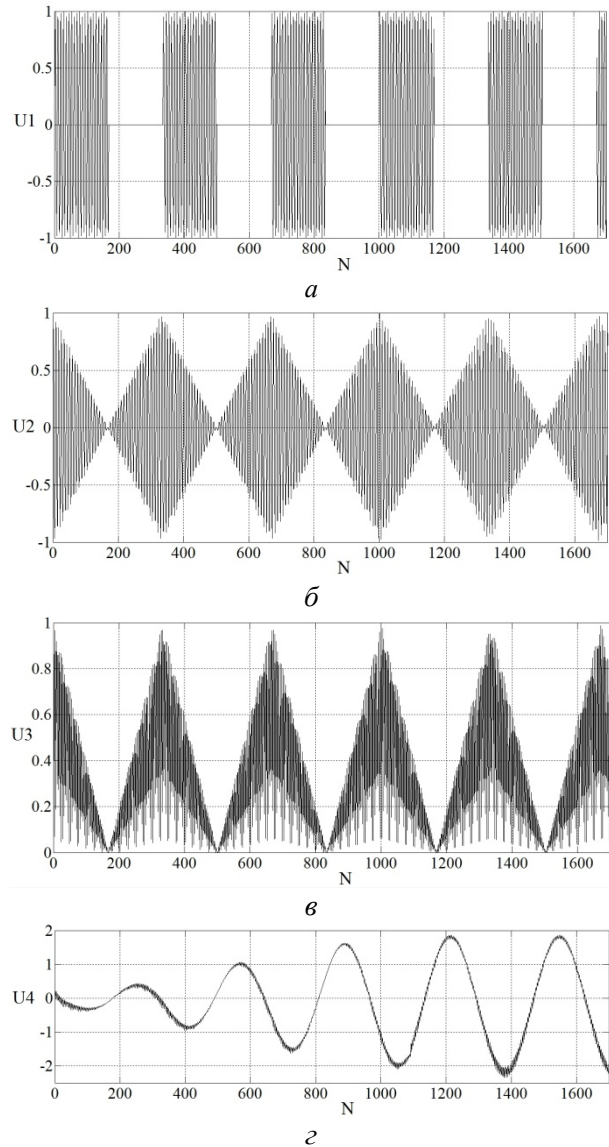


Рис. 3. Временные диаграммы напряжений при воздействии полезного сигнала: а – на входе путевого приемника; б – на выходе коррелятора; в – на выходе нелинейного элемента; г – на выходе фильтра модулирующей частоты

Для исследования помехоустойчивости корреляционного приемника на его вход подавалась аддитивная сумма амплитудно-манипулированного сигнала амплитудой 1 В и белого гауссовского шума со среднеквадратичным отклонением 1 В. Результаты моделирования представлены на рис. 4. Несмотря на сильную зашумленность входного сигнала, коррелятор довольно эффективно подавляет шумовую составляющую, что позволяет выделить сигнал модулирующей частоты (см. рис. 4).

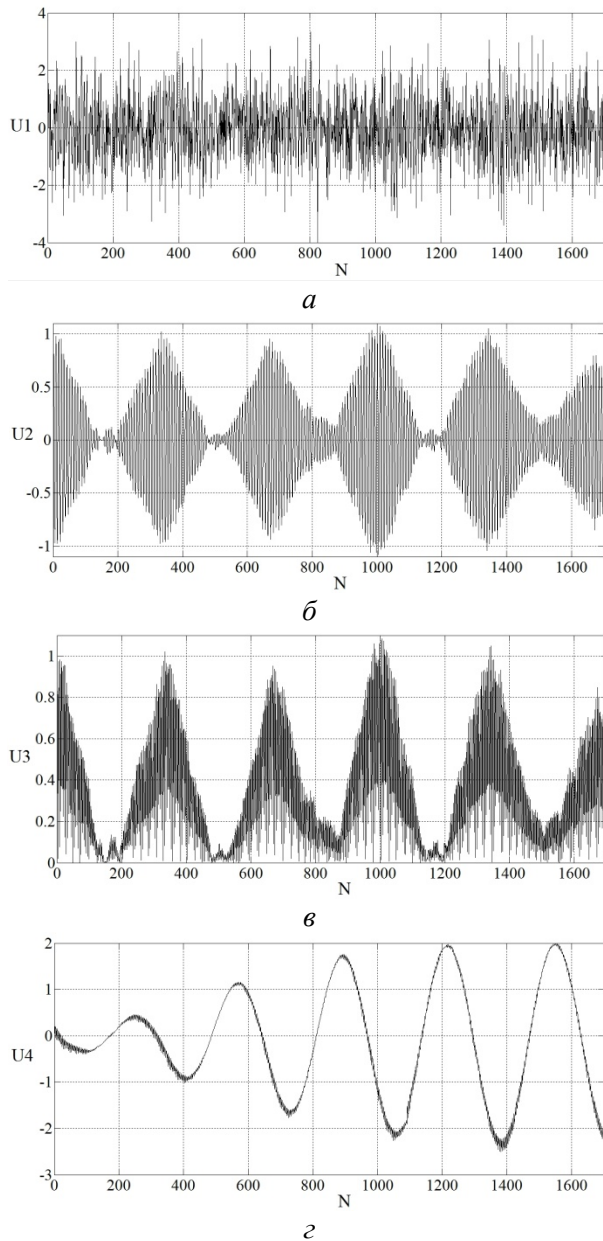


Рис. 4. Временные диаграммы напряжений при воздействии полезного сигнала и помехи: *a* – на входе путевого приемника; *б* – на выходе коррелятора; *в* – на выходе нелинейного элемента; *г* – на выходе фильтра модулирующей частоты

### Сравнительный анализ путевых приемников

Для сравнения корреляционного и традиционного приемников с помощью имитационного моделирования в среде MATLAB исследовалась их помехоустойчивость. На первом этапе на вход приемников подавалась помеха в виде белого гауссовского шума с дисперсией равной единице. В результате дисперсия на выходе фильтра модулирующей частоты при использовании в качестве входного фильтра коррелятора составила 0,008, а при использовании обычного полосового фильтра дисперсия равнялась 0,0135.

На втором этапе на вход приемников подавалась аддитивная смесь амплитудно-манипулированного сигнала КРЛ и белого гауссовского шума. Дисперсию шума изменяли в пределах от одного до десяти. Исследования проводили с помощью метода статистических испытаний [13]. Для каждого значения дисперсии помехи проводилось 500 испытаний, в которых амплитуда и фаза полезного сигнала изменялись случайным образом. Для фазы сигнала использовался равномерный закон распределения с граничными значениями  $(-\pi; +\pi)$ . В соответствии с существующими нормативными документами [14] действующее напряжение на входе путевого приемника ТРЦ может изменяться от 0,4 до 1,2 В. Амплитудное значение амплитудно-манипулированного сигнала со скважностью два выше действующего значения в два раза. Поэтому при проведении моделирования для амплитуды сигнала КРЛ использовался равномерный закон распределения с граничными значениями (0,8; 2,4) В. При определенных фазовых соотношениях между сигналом КРЛ и помехой уровень сигнала на выходе фильтра ФМ становился ниже порогового значения, что приводило к ошибке обнаружения сигнала. Пороговое значение выбиралось равным уровню сигнала на выходе фильтра ФМ при воздействии сигнала КРЛ амплитудой 0,8 В без помехи. В процессе моделирования для каждого значения дисперсии шума определялся коэффициент ошибки при обнаружении сигнала КРЛ (рис. 5)

$$K_n = \frac{K}{N}, \quad (5)$$

где  $N$  – общее число испытаний;  $K$  – число испытаний, в которых сигнал КРЛ был не обнаружен. Как видно из полученных результатов (см. рис. 5) корреляционный приемник обеспечивает лучшую помехозащищенность при воздействии белого гауссовского шума, что позволяет уменьшить вероятность ошибки при обнаружении сигнала.

На следующем этапе исследований на вход путевых приемников подавались сигналы «своей» рельсовой цепи (480 Гц / 12 Гц) и смежных рельсовых цепей. Для каждого случая измерялась амплитуда сигнала на выходе первого фильтра моделирующей частоты (табл. 1). Результаты моделирования показали высокую помехозащищенность обоих типов путевых приемников к сигналам смежных рельсовых цепей.

Таблица 1

### Амплитуда сигнала на выходе фильтра ФМ при воздействии сигнала «своей» и смежных рельсовых цепей

Несущая / моделирующая частота, Гц	Традиционный приемник	Корреляционный приемник
480 / 12	2,52	2,09
420 / 8	0,028	0,046
420 / 12	0,033	0,021
480 / 8	0,33	0,31
580 / 8	0,035	0,023
580 / 12	0,037	0,032
720 / 8	0,009	0,009
720 / 12	0,011	0,007
780 / 8	0,007	0,008
780 / 12	0,009	0,008

#### Выводы

1. Одним из направлений дальнейшего развития рельсовых цепей является использование цифровой техники, что позволит использовать новые, более совершенные методы цифровой обработки сигналов контроля рельсовой линии,

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Путевая блокировка и авторегулировка / Н. Ф. Котляренко и др. – М.: Транспорт, 1983. – 408 с.
2. Федоров, Н. Е. Современные системы автоблокировки с тональными рельсовыми цепями: учебное пособие / Н. Е. Федоров. – Самара: СамГАПС, 2004. – 132 с.
3. Кулик, П. Д. Тональные рельсовые цепи в системах ЖАТ: построение, регулировка, обслуживание, поиск и устранение неисправностей, повышение эксплуатационной надежности / П. Д. Кулик, Н. С. Ивакин, А. А. Удовиков. – К.: Изд. дом «Мануфактура», 2004. – 288 с.
4. Сперанский, В. С. Сигнальные микропроцессоры и их применение в системах телекоммуникаций и электроники / В. С. Сперанский. – М.: Горячая линия-Телеком, 2008. – 168 с.
5. Чепцов, М. М. Методы синтеза сигнально-процессорной централизації стрілок і сигналів: монографія / М. М. Чепцов, А. Б. Бойнік, Д. М. Кузьменко. – Донецьк: ДонІЗТ, 2010. – 181 с.
6. О повышении надежности рельсовых цепей с использованием цифровой обработки сигналов / А. П. Разгонов и др. // Тезисы IV Международной научно-практической конференции «Электромагнитная совместимость и безопасность на железнодорожном транспорте», пгт. Чинадиево. – Д.: ДИИТ, 2011. – С. 65-66.
7. Гончаров, К. В. Исследование цифрового путевого приемника тональных рельсовых цепей / К. В. Гончаров // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту. – 2011. – № 37. – С. 176-181.
8. Тихонов, В. И. Оптимальный прием сигналов

выполнение которых на старой элементной базе было затруднительно или практически невозможно.

2. В результате исследований было установлено, что в качестве входного фильтра в путевом приемнике можно использовать коррелятор, амплитудно-частотная характеристика которого согласована со спектром сигнала контроля рельсовой линии.

3. При воздействии белого гауссовского шума корреляционный приемник обеспечивает лучшую помехозащищенность, чем приемник с традиционным входным полосовым фильтром. При воздействии сигналов смежных рельсовых цепей помехозащищенность путевых приемников практически одинакова.

4. Дальнейшие исследования в данном направлении связаны с разработкой вероятностных моделей помех, которые влияют на работу рельсовых цепей, а также с получением характеристик обнаружения сигнала контроля рельсовой линии.

#### REFERENCES

1. Kotljarenko N. F. Putevaja blokirovka i avtoregulirovka [The ground blocking and autoregulation]. Moscow, Transport Publ., 1983, 408 p.
2. Fedorov N. E. Sovremennye sistemy avto-blokirovki s tonal'nymi rel'sovymi cepjami [Modern systems of automatic lock-out with voice-frequency claotype chains]. Samara, SamGAPS, 2004, 132 p.
3. Kulik P. D., Ivakin N. S., Udovikov A. A. Tonal'nye rel'sovye cepi v sistemah ZhAT: postroenie, regulirovka, obsluzhiva-nie, poisk i ustranenie neispravnostej, povyshe-nie jekspluatacionnoj nadezhnosti [Voice-frequency claotype chains in the systems ZhAT: construction, regulation, service, search and debugging, an increase of operating reliability]. Kiev, «Manufaktura» Publ., 2004, 288 p.
4. Speranskij, V. S. Signal'nye mikroprocessory i ih primenenie v sistemah telekommunikacij i elektroniki [The alarm microprocessors and their application in the systems of telecommunications and electronics]. Moscow, Gorjachaja linija-Telekom Publ., 2008, 168 p.
5. Chepcov, M. M., Bojnik, A. B., Kuzmenko D. M. Metodi sintezu signal'no-procesornoj centralizacii strilok i signaliv [Methods of synthesis the alarm procesornoj centralizacii strilok i signaliv]. Donec'k, DonIZT Publ., 2010, 181 p.
6. Razgonov A. P. O povyshenii nadezhnosti rel'sovyh cepej s ispol'zovaniem cifrovoj obrabotki signalov [About the increase of reliability of claotype chains with the use of digital treatment of signals]. Tezisy IV Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii «Jelektromagnitnaja sovmestimost' i bezopasnost' na zheleznodorozhnom transporte» [Theses of IV International Scientific and Prfctical conference "Electromagnetic compatibility and safety on a railway transport"]. Dnipropetrovsk, 2011, pp. 65-66.
7. Goncharov, K. V. Issledovanie cifrovojo putevogo

/ В. И. Тихонов. – М.: Радио и связь, 1983. – 320 с.

9. Тихонов, В. И. Статистический анализ и синтез радиотехнических устройств и систем / В. И. Тихонов, В. Н. Харисов. – М.: Радио связь, 1991. – 608 с.

10. Липкин, И. А. Статистическая радиотехника. Теория информации и кодирования / И. А. Липкин. – М.: Вузовская книга, 2002. – 216 с.

11. Изюмов, Н. М. Основы радиотехники / Н. М. Изюмов, Д. П. Линде. – М.: Радио и связь, 1983. – 376 с.

12. Smith, S. W. Digital signal processing / S. W. Smith. – California Technical Publishing. 1999. – 650 p.

13. Ермаков, С. М. Курс статистического моделирования / С. М. Ермаков, Г. А. Михайлов. – М.: Наука. – 320 с.

14. Методичні вказівки з експлуатації тональних рейкових кіл: керівний нормативний документ «Укрзалізниця», ЦШ/0034, затверджено наказом «Укрзалізниця» від 23.02.2004 №030-Ц. – К.: Мінтранс України, 2004. – 48 с.

Поступила в печать 01.12.2012.

**Ключевые слова:** тональные рельсовые цепи, приемник прямого усиления, корреляционный приемник, амплитудно-частотная характеристика, аддитивные помехи, имитационное моделирование.

Статья рекомендована к печати д.т.н., профессором *Н. В. Панасенком*

В настоящее время на сети железных дорог Украины и стран СНГ базовым элементом автоматизированных систем управления движением поездов являются рельсовые цепи, с помощью которых контролируется свобода участков и целостность рельсовых нитей. Наиболее ответственным элементом рельсовой цепи является путевой приемник, который выполняет обработку сигнала контроля рельсовой линии и управляет путевым реле. Одно из направлений дальнейшего совершенствования рельсовых цепей связано с переводом технических средств на современную элементную базу, использованием более совершенных методов обработки сигналов.

Целью работы является дальнейшее совершенствование методов обработки сигналов контроля рельсовой линии, проведение сравнительного анализа различных типов цифровых приемников тональных рельсовых цепей.

В работе рассмотрены два направления применения цифровой обработки сигналов в путевых приемниках рельсовых цепей: 1) выполнение в цифровой форме традиционных алгоритмов; 2) реализация корреляционных методов приема. Показано, что коррелятор можно использовать в качестве входного фильтра путевого приемника, так как его амплитудно-частотная характеристика согласована со спектром сигнального тока. Для сравнения разных типов цифровых путевых приемников было проведено имитационное моделирование с использованием метода статистических испытаний. Установлено, что корреляционный приемник позволяет уменьшить мощность шума на входе порогового элемента в 1,7 раз и уменьшить коэффициент ошибки в 1,4...1,8 раз по сравнению с традиционным приемником.

Использование коррелятора в качестве входного фильтра путевого приемника позволит повысить помехозащищенность тональной рельсовой цепи и уменьшить вероятность ошибки при обнаружении сигнала контроля рельсовой линии.

priemnika tonal'nyh rel'sovyh cepej [Research of the digital ground receiver of voice-frequency claotype chains]. Visnik Dnipropetrovs'kogo nacional'nogo universitetu zaliznichnogo transportu [Bulletin of Dnepropetrovsk national university of railway transport], 2011, no. 37, pp. 176-181.

8. Tihonov, V. I. Optimal'nyj priem signalov [An optimal reception of signals]. Moscow, Radio i svjaz' Publ., 1983, 320 p.

9. Tihonov, V. I., Harisov V. N. Statisticheskij analiz i sintez radiotekhnicheskikh ustrojstv i sistem [Statistical analysis and synthesis of radiotechnical devices and systems]. Moscow, Radio svjaz' Publ., 1991, 608 p.

10. Lipkin, I. A. Statisticheskaja radiotekhnika. Teorija informacii i kodirovanija [Statistical radio engineering. An information and encoding theory]. Moscow, Vuzovskaja kniga Publ., 2002, 216 p.

11. Izjumov N. M., Linde D. P. Osnovy radiotekhniki [Basis of the radio engineering]. Moscow, Radio i svjaz' Publ., 1983, 376 p.

12. Smith, S. W. Digital signal processing [Текст] / S. W. Smith. – California Technical Publishing. 1999. – 650 p.

13. Ermakov S. M., Mihajlov G. A. Kurs statisticheskogo modelirovanija [Course of statistical design]. Moscow, Nauka Publ., 320 p.

14. Metodichni vказivki z ekspluatacii tonal'nih rejkovih kil [Methodical pointing from exploitation of voice-frequency claotype circles]. Kiyv, 2004, 48 p.

УДК 656.259.12:656.256.3

К. В. ГОНЧАРОВ (ДНУЗТ)

Кафедра Автоматики, телемеханіка та зв'язок, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна 2, Дніпропетровськ, Україна, 49010, тел.: (056) 373-15-04, ел. пошта: [goncharov\\_k@inbox.ru](mailto:goncharov_k@inbox.ru)

## УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ ОБРОБКИ СИГНАЛІВ КОНТРОЛЮ РЕЙКОВОЇ ЛІНІЇ

В даний час на мережі залізниць України і країн СНД базовим елементом автоматизованих систем управління рухом поїздів є рейкові кола, за допомогою яких контролюється вільність колійних ділянок і цілісність рейкових ниток. Найбільш відповідальним елементом рейкового кола є колійний приймач, який виконує обробку сигналу контролю рейкової лінії та управляє колійним реле. Один з напрямків подальшого вдосконалення рейкових кіл пов'язаний з переводом технічних засобів на сучасну елементну базу, використанням більш досконалих методів обробки сигналів.

Метою роботи є подальше вдосконалення методів обробки сигналів контролю рейкової лінії, проведення порівняльного аналізу різних типів цифрових приймачів тональних рейкових кіл.

У роботі розглянуті два напрями застосування цифрової обробки сигналів у колійних приймачах рейкових кіл: 1) виконання в цифровій формі традиційних алгоритмів; 2) реалізація кореляційних методів прийому. Показано, що корелятор можна використовувати в якості вхідного фільтра колійного приймача, так як його амплітудно-частотна характеристика узгоджена зі спектром сигнального струму. Для порівняння різних типів цифрових колійних приймачів було проведено імітаційне моделювання з використанням методу статистичних випробувань. Встановлено, що кореляційний приймач дозволяє зменшити потужність шуму на вході порогового елементу в 1,7 рази і зменшити коефіцієнт помилки у 1,4 ... 1,8 рази у порівнянні з традиційним приймачем.

Використання корелятора в якості вхідного фільтра колійного приймача дозволить підвищити перешкодозахищеність тональних рейкових кіл та зменшити ймовірність помилки при виявленні сигналу контролю рейкової лінії.

**Ключові слова:** тональні рейкові кола, приймач прямого підсилення, кореляційний приймач, амплітудно-частотна характеристика, адитивні завади, імітаційне моделювання.

Статтю рекомендовано до друку д.т.н, професором *М. В. Панасенком*

UDC 656.259.12:656.256.3

K. V. GONCHAROV (DNURT)

Department of Automatics, Remote Control and Communications, Dnepropetrovsk National University of Railway Transport named after academician V. Lazaryan, 2 Lazaryan Street, Dnepropetrovsk, Ukraine, 49010, tel.: (056) 373-15-04, e-mail: [goncharov\\_k@inbox.ru](mailto:goncharov_k@inbox.ru)

## IMPROVEMENT METHODS OF SIGNAL PROCESSING FOR CONTROL OF THE RAIL LINE

Currently, the railway network in Ukraine and CIS countries the basic element of automated train control systems are the track circuit, which is controlled by the freeness of track sections and the integrity of rail strings. The most crucial element of the track is the track circuit receiver, which performs signal processing and control of the rail line runs roadway relay. One direction of further improvement of rail circuits due to the transfer of technical means on modern element base, the use of more sophisticated methods of signal processing.

The aim is to further improve the signal processing control rail line, a comparative analysis of different types of digital receivers tone track circuits.

The paper discusses two areas of digital signal processing in the receiver rail travel circuits: 1) implementation of digital traditional algorithms, and 2) the implementation of correlation methods reception. It is shown that the correlation function can be used as an input filter track receiver, as its frequency response is compatible with the range of the signal current. To compare the different types of digital receivers travel simulation was conducted using the statistical tests. Found that the correlation receiver to reduce the noise power at the input of the threshold element is 1.7 times and reduce the error rate of 1.4 ... 1.8 times compared with a traditional receiver.

The use of correlation as the input filter will increase the track receiver immunity tonal track circuit and reduce the probability of error when a signal controlling the rail line.

**Keywords:** tone rail circuits, direct amplifier receiver, correlation receiver, frequency response, additive hindrances, simulation modeling.

Prof. *M. V. Panasenko*, D. Sc. (Tech.) recommended this article to be published.