

ОТЗЫВ

официального оппонента, заведующего кафедрой «СЭАСС»
Академии ГПС МЧС России, д.т.н., профессора В.И. Зыкова на
диссертационную работу Журавлева Олега Евгеньевича «Повышение
эффективности поездной радиосвязи», представленную на соискание
ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.13
"Системы, сети и устройства телекоммуникации"

Организация надежной поездной радиосвязи (ПРС) на железнодорожном транспорте связана с повышением ее помехоустойчивости, которая не всегда удовлетворительная, что может отрицательно сказываться на обеспечении безопасности движения поездов.

Поэтому решение проблемы повышения помехоустойчивости поездной радиосвязи путем разработки в материалах данной диссертации новых способов и устройств является весьма актуальной.

Практическая значимость результатов исследования состоит в том, что разработанные способы и устройства способствуют повышению не только частотной эффективности, но и помехоустойчивости, что благоприятно сказывается на безопасности движения поездов:

- установлено, что однопроводная направляющая линия (НЛ) для проводной радиосвязи – это антенна Бевереджа, и необходимо учитывать снижение к.п.д. при работе в режиме передачи и снижение помехоустойчивости в режиме приёма;
- предложено в качестве стационарной антенны ПРС использовать прожекторную осветительную мачту высотой 32 м в качестве четвертьволнового заземлённого вибратора с шунтовым питанием;
- разработан способ преобразования сигнала двухполосной ЧМн в цифровой системе железнодорожной радиосвязи GSM-R (GSM-R) в сигнал однополосной ФМн на 180^0 , что повысит её помехоустойчивость и частотную эффективность в 2 раза.

Научная новизна диссертационного исследования заключается в разработке новых способов и устройств, повышающих помехоустойчивость ПРС. По итогам диссертационного исследования получены следующие основные результаты, содержащие элементы новизны.

1. Разработана корреляционная методика точного определения выигрыша γ в помехоустойчивости действующей ПРС за счёт клиппирования речевого сигнала (РС) при допустимом уровне его нелинейных искажений и восстановлении огибающей клиппированного сигнала на приёмной стороне;
2. Получена новая формула коэффициента корреляции однополосного сигнала, который является входным для амплитудного ограничителя, и уточнена формула первого слагаемого функции корреляции на его выходе для п.1.
3. Предложен способ восстановления огибающей клиппированного РС, что позволило повысить качество ПРС.

4. Разработаны новые аналого-цифровой преобразователь (АЦП) и цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП) с меньшими шумами квантования для передачи информации от ДНЦ машинисту локомотива.

Для решения поставленных задач автором применен комплекс современных методов системного анализа, теории информации, методов оптимизации.

Диссертация состоит из 5-и глав, введения, заключения, списка литературы и приложения.

Во введении достаточно убедительно обоснована актуальность темы диссертационной работы, определены цели и задачи исследований, проведен анализ современного состояния вопросов, затрагиваемых в диссертации.

Первая глава посвящена обзору источников по теме диссертации с указанием их недостатков, на основании которых сформулированы задачи исследования. Кроме того предложены критерии эффективности ПРС (помехоустойчивости и частотной эффективности),

Вторая глава посвящена повышению помехоустойчивости и частотной эффективностью аналоговой ПРС. В эксплуатируемой ПРС используется узкополосная ЧМ. Уровень помех на ж.д. транспорте высок, поэтому помехоустойчивость ПРС не всегда удовлетворительная. Это может отрицательно сказаться на безопасности движения поездов. Для ее повышения в диссертации предложено использовать глубокое ограничение по амплитуде (клиппирование) модулирующего речевого сигнала. Помехоустойчивость систем с аналоговыми видами модуляции определяется обобщенным выигрышем, который обратно пропорциональный квадрату пикфактору РС.

Но при клиппировании очень высок уровень нелинейных искажений в основном из-за широкополосности РС. Поэтому в работе клиппируют не низкочастотный РС, а сформированный по нему высокочастотный однополосный (узкополосный) сигнал с последующим переносом его в тональный диапазон частот путем когерентного детектирования. Такое клиппирующее устройство может быть выполнено отдельным блоком и подключено к микрофонному входу передатчика эксплуатируемой железнодорожной радиосвязи (ЖР).

Для количественной оценки выигрыша в помехоустойчивости γ и уровня нелинейных искажений k_f от клиппирования в диссертации разработана корреляционная методика, существенно отличающаяся от известной. Предложена более простая формула коэффициента корреляции $R_o(\tau)$ однополосного сигнала на входе ограничителя и уточнены коэффициенты ряда функций корреляции $B(\tau)$ на его входе.

В результате расчетов получено $\gamma_f = 7,4 \%$, что допустимо, а $\gamma = 4,33$ раза или 6,3 дБ, что хорошо совпало с известными экспериментальными данными. Поэтому в диссертации предлагается и в канале поездного диспетчера (ДНЦ) вместо цифровых сигналов использовать клиппированные сигналы, что повысит частотную эффективность канала в 2,7 раза.

Третья глава посвящена повышению помехоустойчивости эксплуатируемой ПРС за счет увеличения эффективности антенно-фидерных устройств (АФЦ). Для этого предложено использовать в качестве стационарной антенны ПРС станционную прожекторную мачту высотой 32м (вместо стандартных 9м) как заземленный четвертьволновый вибратор с шунтовым питанием. При этом увеличивается надежность ПДС.

Исследовано влияние путевых опор контактной сети на диаграмму направленности (ДН) локомотивной антенны. Так как высота опоры во много раз больше высоты антенны, то для анализа использован нестандартный метод (метод вектора Герца). Показано, что опоры больше влияют на фазовую ДН, чем на амплитудную, что дает дополнительные редкие импульсные помехи на выходе частотного детектора приемника радиостанции. Показано, что однопроводная направляющая линия ПРС конструктивно является антенной Бевереджа и поэтому надо учитывать дополнительное снижение к.п.д. передатчика за счет излучения и дополнительные помехи в режиме приема.

В диссертации приведен расчет нормированной ДН направляющей линии, что подтверждает выше изложенное. Провод направляющей линии (НЛ) подвешивается на опорах контактной сети, расположенных вдоль пути на расстоянии r около 10 м от его центра. Так как длина волны ПРС $\lambda = 141$ м, т.е. $r \ll \lambda$, то и опоры, и НЛ находятся в зоне индукции локомотивной антенны, где точное измерение электромагнитного поля является проблематичным.

В диссертации разработан измеритель напряженности поля, погрешность измерения которым в 4 раза меньше, чем в стандартном и погрешность измерения достигает 10 %. Это результат получен за счет того, что вместо проводной линии между датчиком электромагнитного поля и измерителем использовано оптическое волокно (тем самым исключен антенный эффект). Новизна данной разработки подтверждена патентом РФ на изобретение.

Четвертая глава посвящена детектированию сигнала ОБП-ФМк и повышению качества восстановленной речи. Для этого разработан способ формирования опорного колебания для когерентного детектирования сигнала ОБН-ФМн на 180^0 и предложен способ восстановления огибающей у клиппированного РС с устранением обратно-пропорциональной зависимости сигнала на входе восстановителя.

В будущей цифровой системе ж.д. радиосвязи GSM-R полоса частот канала составляет 25кГц вместо полосы в 18,8кГц в отечественных ж.д. радиостанциях метрового диапазона радиоволн. Поэтому в диссертации предложено во второй ступени модуляции передатчика заменить двухполосную ЧМ (GMSK) на однополосную с фазовой манипуляцией на 180^0 (ОБП-ФМн), используя в основном имеющиеся в ней элементы. При этом повышается в 2 раза и помехоустойчивость, и частотная эффективность.

Основой такой замены является разработанный широкополосный фазовращатель на 90^0 , выполненный на операционных усилителях. При этом погрешность фазового сдвига на 90^0 составляет $\Delta\varphi < 0,2^0$ в полосе частот от 0

до 100 кГц вместо погрешности $\Delta\varphi = (2 - 3)^\circ$ в полосе частот 300-3400 Гц в известных фазовращателях.

Разработан ЦАП для приема цифрового сигнала ж.д. радиостанций GSM-R, новизна которого подтверждена патентом РФ на изобретение.

Пятая глава посвящена повышению энергетической эффективности ПРС за счет восстановления 3-ей гармоники выходного сигнала передатчика. При угле отсечки этого сигнала $\theta = 90^\circ$ третья гармоника отсутствует и поэтому такой режим ранее не исследовался. Для угла отсечки $\theta = 90^\circ$ в диссертации предложено использовать дополнительный утроитель частоты, подключенный параллельно предоконечному каскаду передатчика. Показано, что при этом к.п.д. передатчика возрастает с 70% в критическом режиме до 89 %. С учетом того, что число радиостанций ПРС на всей сети дорог достаточно велико, то этот итоговый результат является существенным.

По работе имеются следующие замечания и предложения

1. Предмет и объект исследования сформулированы некорректно, т.к. «способ восстановления огибающей клиппированного речевого сигнала» и разработанные новые аналого-цифровой преобразователь и цифро-аналоговый преобразователь с меньшими шумами квантования» скорее можно отнести к объекту исследования, чем к предмету исследования (см. стр.4 и стр.5 автореферата).
2. Исходное основополагающее выражение $\alpha = \log_2(1 - \frac{\alpha}{\beta})$ не совсем корректно, т.к. представленная функция непрерывна, а при решении этого выражения непрерывность не подтверждается расчетом.
3. На стр. 23 диссертации имеется ссылка на временные диаграммы рис. 3.1., однако самих временных диаграмм в работе нет.
4. Утверждение о том, что для увеличения дальности поездной радиосвязи в качестве стационарной антенны ПРС предлагается использовать станционную прожекторную мачту как заземлённый четвертьволновый вибратор с шунтовым питанием и при этом дальность действия поездной радиосвязи увеличится примерно в два раза, является весьма спорным, т.к. не подтверждено результатами экспериментальных исследований непосредственно на каком – либо опытном участке сети железных дорог. При этом необходимо учитывать влияние контактной сети, уровни индустриальных помех и одновременно решать вопросы ЭМС радиосредств.
5. Нет научного обоснования расположения направляющей линии, подвешенной на высоту 2м от поверхности земли, для индуктивной связи с горизонтальным проводом П-образной локомотивной антенны, при этом общая высота локомотива и локомотивной антенны составляет более 5,5м. Размещение направляющей линии на высоте 2м может быть небезопасно для технического персонала работников пути.
6. В 4-той главе при формировании ОБП-ФМн на 180° клипируется сигнал БМ, который является узкополосным, но двухполосным.

Следовало бы и для этого случая определить нелинейные искажения при клиппировании.

7. На стр.87 представлена схема модулятор-демодулятор (рис.4.7) без указания конкретных типов операционных усилителей и их ТТХ, что не позволяет оценить достоверность восстановленного сигнала, представленного на рис. 4.8.
8. Большинство сформулированных выводов носят аннотационный характер (выводы: 1, 2, 5 и 6 по главе 2; выводы: 1-3 по главе 3; выводы 3-6 по главе 4 и в заключении).
9. Акт о внедрении результатов работы, полученный от ООО НПП «АКСИОН – РТИ», только предполагает их использование при проектировании сетей поездной радиосвязи.
10. Не представлено технико-экономическое обоснование эффективности предложенных в работе технических решений.

Перечисленные недостатки не умаляют ценность и практическую значимость диссертации, которая является законченным научным исследованием.

Количество и содержание публикаций в журналах и выступлениях на конференциях вполне достаточно для освещения результатов, полученных в диссертации. Результаты опубликованы в изданиях, рекомендованных ВАК, в том числе и в ведущих радиотехнических журналах.

Автореферат полностью соответствует диссертации. Основные положения диссертации достаточно полно отражены в автореферате.

В целом диссертационная работа Журавлева О.Е. выполнена на достаточном научном уровне, является завершенным научным исследованием и отличается актуальностью, новизной и практической ценностью.

Диссертация отвечает всем требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор, Журавлев О.Е., достоин присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.13 «Системы, сети и устройства телекоммуникации».

Официальный оппонент:

лауреат премии Правительства России в области

науки и техники,

доктор технических наук, профессор

18 сентября 2014г.



В.И. Зыков

Подпись руки профессора Зыкова В.И. удостоверяю:
начальник общего отдела Академии

ГПС МЧС России

Е.Г. Зых