

УДК 621.391:681.518

**ВИДЫ И ПАРАМЕТРЫ ПОМЕХ, ДЕЙСТВУЮЩИХ В КАНАЛЕ СВЯЗИ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ЛОКОМОТИВНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ**

Кандидаты техн. наук О. М. Ананьева, М. Г. Давиденко,  
д-р техн. наук М. М. Бабаев

**ВИДИ Й ПАРАМЕТРИ ЗАВАД, ЩО ДІЮТЬ У КАНАЛІ ЗВ'ЯЗКУ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОЇ ЛОКОМОТИВНОЇ СИГНАЛІЗАЦІЇ**

Кандидати техн. наук О. М. Ананьєва, М. Г. Давиденко,  
д-р техн. наук М. М. Бабаєв

**TYPES AND PARAMETERS OF THE HINDRANCES OPERATING IN THE COMMUNICATING CHANNEL OF SYSTEM OF AUTOMATIC CAB SIGNALLING**

Cand. of techn. sciences O. M. Anan'yeva, cand. of techn. sciences M. G. Davidenko,  
doct. of techn. sciences M. M. Babaev

*Помехи, действующие в канале передачи информационных сигналов автоматической локомотивной сигнализации непрерывного типа, носят как аддитивный, так и мультипликативный характер. При этом пиковые мощности импульсных помех в десятки-сотни раз превосходят мощность сигнала. Для обеспечения максимальной помехоустойчивости целесообразно исследовать возможность построения приемника сигналов, в той или иной мере адаптирующегося к помеховой обстановке.*

**Ключевые слова:** сигнал, канал связи, рельсовая линия, флуктуационная помеха, импульсная помеха, тяговый ток, линия электропередачи.

*Завади, що діють у каналі передачі інформаційних сигналів автоматичної локомотивної сигналізації безперервного типу, носять як адитивний, так і мультипликативний характер. При цьому пікові потужності імпульсних завад у десятки-сотні разів перевершують потужність сигналу. Для забезпечення максимальної завадостійкості доцільно досліджувати можливість побудови приймача сигналів, що тією чи іншою мірою адаптується до завадової обстановки.*

**Ключові слова:** сигнал, канал зв'язку, рейкова лінія, флуктуаційна завада, імпульсна завада, тяговий струм, лінія електропередачі.

*The hindrances operating in transmission channel of information signals of automatic cab signaling of continuous type carry both additive, and multiplicative character. These are the hindrances caused by instability of electric contacts, aimings from voltage changers of power supply, influence of power distribution circuits of electricity transmission, change in time of geometry of system "rail - receiving coil", local magnetic heterogenities of way, etc. The structure and characteristics of this complex of hindrances at train movements change difficult to predict. Thus peak capacities of pulse hindrances in tens-hundreds times exceed signal power. For providing the maximum noise stability it is reasonable to investigate possibility of creation of the signal receiver of system of automatic cab signaling to some extent adapting for interfering situation by continuous correction of all algorithm of processing or its some parameters on the basis of the analysis of the current characteristics of mix of signal and hindrance.*

**Keywords:** signal, communicating channel, rail line, fluctuation hindrance, pulse hindrance, traction current, power transmission line.

**Введение.** Наличие или отсутствие помех того или иного вида, действующих в конкретной рельсовой линии как узле канала связи системы автоматической локомотивной сигнализации (АЛСН) зависит от типа электротяги, применяемого на данном участке железной дороги, от качества контактов токосъемников и проводов, а также колес электроподвижного состава и рельсов, наличия поблизости высоковольтных линий электропередачи, от погодных условий (наличие грозových разрядов), от локальных магнитных свойств рельсов и элементов их крепления к шпалам, от технических характеристик местного оборудования автоматики и связи [1-5]; нельзя исключить и другие факторы малопредсказуемого характера. Вибрации и раскачивания локомотива – носителя конкретного комплекта оборудования АЛСН – также вносят вклад в состав комплекса помех на выходе приемных локомотивных катушек ввиду имеющей место в этом случае переменности магнитной связи катушек и рельсов [1].

**Постановка задачи и анализ исследований.** Целью данной работы является анализ видов и параметров помех, действующих в канале связи системы АЛСН. Чтобы оценить величину вклада каждой из перечисленных помех в напряжение на зажимах приемных локомотивных катушек, рассмотрим

временные и (или) частотные характеристики этих помех. Помехи, возникающие в результате проникновения в тракт АЛСН энергии, создаваемой источниками, не являющимися генератором кодовых посылок данной рельсовой цепи, носят аддитивный характер, т. е. алгебраически складываются с полезным сигналом. Часть из них имеет флуктуационный характер, т. е. являются непрерывными стохастическими колебаниями, длительность которых многократно превышает период следования сигналов АЛСН. Эти помехи вызваны временными нестабильностями контактов токосъемников с проводами и колес с рельсами; они имеют место при любом виде электротяги. Экспериментально установлено, что среднеквадратичная величина напряжения этих помех на участках с тягой на постоянном токе составляет 0,3...0,4 В в диапазоне частот от 0 до 70 Гц [1]. В этой же работе показано, что на участках с тягой на переменном токе в рельсовой цепи имеют место флуктуационные помехи, вызывающие на выходах фильтров ФП-25 и ФП-75 случайные процессы со среднеквадратичной величиной напряжения в десятые доли вольта. В обоих случаях напряжение флуктуационных помех имеет величину того же порядка, что и величина напряжения сигнала АЛСН; сам же

помеховый процесс в общем случае является нестационарным.

**Основной материал.** Влияние высоковольтных линий электропередачи (ЛЭП) на работу АЛСН ощутимо на расстояниях до 70 м при напряжении ЛЭП 500 кВ, оно обуславливает значительную часть сбоев в работе системы [1, 6, 15, 21]. Величина ЭДС, возникающей из-за влияния ЛЭП в локомотивных катушках, колеблется в пределах 0,33...0,54 В; сам же помеховый процесс, строго говоря, является случайным узкополосным (с центральной частотой 50 Гц) и нестационарным (из-за непрерывных колебаний величины расстояния от ЛЭП до рельсовой линии вдоль трассы).

Помехи, сопровождающие преобразование тягового тока и регулирование напряжения на тяговых электродвигателях, преимущественно являются сосредоточенными по спектру вблизи частоты тягового тока и частот ее гармоник [1, 3, 4, 7, 8], их величины соответствуют току гармоники в рельсовой линии, составляющему единицы процентов от величины тягового тока вплоть до 13-й гармоники [7].

Полупроводниковые регуляторы напряжения, используемые в тяговых электроприводах постоянного тока, служат источниками импульсных помех [1, 9, 15]. Мощные одиночные и групповые импульсные помехи возникают при коммутации схем соединения тяговых электродвигателей постоянного тока из последовательной в параллельную (или последовательно-параллельную), широко используемую как при локомотивной, так и при моторвагонной тяге [1, 9-11]. По данным источника [1] амплитуда ЭДС помехи в локомотивных катушках достигает 12 В при длительности импульса около 0,03 с (эффективная ширина спектра 300...500 Гц), при этом в течение существования группы импульсов средний интервал между импульсами составляет величину около 1 с. При прохождении

локомотивных катушек над изостыками могут возникать одиночные дипольные импульсные помехи амплитудой в единицы вольт и длительностью около 0,06 с при скорости локомотива 80 км/ч [1] с пропорциональным уменьшением (увеличением) длительности по мере роста (уменьшения) скорости. Грозы служат источниками мощных импульсных помех с длительностью одиночного импульса порядка  $10^{-3}$  с и широким диапазоном амплитуд [12]. Отметим также как источник аддитивных помех так называемый шпальный эффект, обусловленный пространственно-периодической неоднородностью магнитного поля тягового тока, вызванной периодическим расположением добавочных ферромагнитных масс в виде стальных подкладок [1].

Рассмотрев источники и параметры аддитивных помех, перейдем к аналогичному анализу мультипликативных помех. Мультипликативными называют помехи, влияние которых на сигнал описывается оператором перемножения [12]. Физической причиной возникновения таких помех в системе АЛСН является изменение во времени величины магнитной связи приемных локомотивных катушек и рельсов. Такое изменение вызвано двумя факторами, действующими порознь или совместно:

- 1) изменение во времени геометрии системы «рельсы-катушки»;
- 2) наличие вдоль рельсовой линии локальных неоднородностей магнитного поля сигнала.

Наличие первого фактора обусловлено нестабильностью траектории кузова локомотива и жестко связанных с ним приемных катушек относительно рельсовых нитей [1, 13]. Данная нестабильность вызвана раскачиванием кузова и, строго говоря, имеет место в течение всего времени движения локомотива. Относительно кратковременное изменение геометрии

системы «рельсы-катушки» имеет место также при проследовании изостыков.

Наличие второго фактора обусловлено неоднородностями рельсовых нитей как ферромагнитных тел ввиду наличия уже упомянутых стальных подкладок под рельсы [1], стрелок, крестовин и пр., рассмотрению чего посвящен раздел 3 настоящей работы.

Поскольку мультипликативные помехи так или иначе связаны с динамикой локомотива, то их амплитуды и временные характеристики существенно зависят от скорости его движения.

Принимая во внимание представленную совокупность помех приему сигнала АЛСН и учитывая, что сигнальная ЭДС, наведенная суммарно в обеих катушках на частоте 25 Гц имеет величину порядка 0,1 В [1, 14], можно сделать вывод, что в самом общем случае прием сигналов АЛСН осуществляется на фоне комплекса аддитивных и мультипликативных помех, состав и характеристики которого при движении по маршруту изменяются малопредсказуемым образом, при этом пиковые мощности импульсных помех в десятки – сотни раз превосходят мощность сигнала. Как известно [16-18], общий подход к решению задачи приема в таких условиях состоит в построении адекватной модели совокупности сигнала и помех и в дальнейшем принятии статистических

решений о наличии и виде сигнала на основе непрерывного анализа помеховой обстановки и соответствующей коррекции параметров модели (так называемый адаптивный метод приема). Иногда применяют упрощенный способ приема, состоящий в раздельном подавлении мощных импульсных помех и флуктуационных помех. Импульсные помехи ослабляют цепочкой «широкополосный усилитель – амплитудный ограничитель – узкополосный усилитель» в разных модификациях [15, 19, 20], а затем выполняют обработку такой отфильтрованной смеси сигнала и помехи методами, развитыми для приема сигнала на фоне флуктуационных помех. Однако помехи, сосредоточенные по спектру, существенно снижают помехоустойчивость такого вида приема [20].

**Выводы из исследования и перспективы, дальнейшее развитие в данном направлении.** Таким образом с точки зрения обеспечения максимальной помехоустойчивости целесообразно исследовать возможность построения приемника сигналов АЛСН, в той или иной мере адаптирующегося к помеховой обстановке путем непрерывной коррекции всего алгоритма обработки или некоторых его параметров на основе анализа текущих характеристик смеси сигнала и помехи.

#### *Список использованных источников*

1. Лисенков, В.М. Теория автоматических систем интервального регулирования [Текст] / В.М. Лисенков. – М.: Транспорт, 1987. – 150 с.
2. Соболев, Ю.В. Путьевые преобразователи автоматизированных систем управления железнодорожного транспорта [Текст] / Ю.В. Соболев. – Харьков: ХФИ «Транспорт Украины», 1999. – 200 с.
3. Кулик, П. Д. Тональные рельсовые цепи в системах ЖАТ: построение, регулировка, обслуживание, поиск и устранение неисправностей, повышение эксплуатационной надежности [Текст] / П.Д. Кулик, Н.С. Ивакин, А.А. Удовиков. – К.: Издательский дом «Мануфактура», 2004. – 288 с.
4. Бадер, М. П. Электромагнитная совместимость [Текст] / М.П. Бадер. – М.: УМК МПС, 2002. – 638 с.

5. Леушин, В. Б. Анализ причин сбоев в системе АЛСН [Текст] / В.Б. Леушин, К.Э. Блачев, Р.Р. Юсупов // Автоматика, связь, информатика. – 2013. - № 4. – С. 20-25.
6. Михайлеску, Д. Неблагоприятные влияния и уровни помех при электрической тяге [Текст] / Д. Михайлеску, М. Пантелимон // Железные дороги мира. – 1982. – № 10. – С. 57-63.
7. Мамошин, Р. Р. Повышение качества энергии на тяговых подстанциях дорог переменного тока [Текст] / Р.Р. Мамошин. – М.: Транспорт, 1973. – 224 с.
8. Шаманов, В.И. Защищенность локомотивных приемников АЛС от помех [Текст] / В.И. Шаманов // Автоматика, связь, информатика. – 2013. – № 4. – С. 14-19.
9. Дюбей, Гопал К. Основные принципы устройства электроприводов [Текст] / Гопал К. Дюбей. – М.: Техносфера, 2009. – 480 с.
10. Тулупов, В. Д. Автоматическое регулирование сил тяги и торможения электроподвижного состава [Текст] / В.Д. Тулупов. – М.: Транспорт, 1976. – 368 с.
11. Баранов, В. А. Совершенствование электрооборудования электропоездов с коллекторным тяговым приводом [Текст] / В. А. Баранов // Локомотив. – 2012. – № 1. – С. 26-27.
12. Радіотехніка: Енциклопедичний навчальний довідник [Текст] / В.Т. Белінський, Г.І. Васюк, Вал.С. Вунтесмері [та ін.]; за ред. Ю.Л. Мазора, Є.А. Мачуського, В.І. Правди. – К.: Вища школа, 1999. – 838 с.
13. Лисенков, В. М. Индуктивная связь с поездами [Текст] / В.М. Лисенков. – М.: Транспорт, 1976. – 112 с.
14. Сороко, В. И. Аппаратура железнодорожной автоматики и телемеханики: в 2 т. Т. 2 [Текст] / В.И. Сороко, Е.Н. Розенберг. – М.: НПФ «Планета», 2000. – 1008 с.
15. Леонов, А. А. Техническое обслуживание автоматической локомотивной сигнализации [Текст] / А.А. Леонов. М.: Транспорт, 1982. – 256 с.
16. Репин, В. Г. Статистический синтез при априорной неопределенности и адаптация информационных систем [Текст] / В.Г. Репин, Г.П. Тартаковский. – М.: Советское радио, 1977. – 432 с.
17. Тартаковский, Г. П. Теория информационных систем [Текст] / Г.П. Тартаковский. – М.: Физматкнига, 2005. – 304 с.
18. Тихонов, В. И. Статистический анализ и синтез радиотехнических устройств и систем [Текст] / В.И. Тихонов, В.Н. Харисов. – М.: Радио и связь, 2004. – 608 с.
19. Гоноровский, И. С. Радиотехнические цепи и сигналы [Текст] / И.С. Гоноровский. – М.: Советское радио, 1971. – 672 с.
20. Батаев, О. П. Теорія електричного зв'язку [Текст] / О.П. Батаев, Н.А. Корольова, І.В. Ковтун. – Харків: УкрДАЗТ, 2010. – 630 с.
21. Meidani, Mohammadreza Introducing new algorithms for realising an FIR filter with less hardware in order to eliminate power line interference from the ECG signal [Text] / Mohammadreza Meidani, Behboud Mashoufi // IET Signal Processing. – 2016. – Vol. 10, Issue 7, 9. – P. 709-716.

---

Ананьева Ольга Михайлівна, канд. техн. наук, докторант кафедри автоматики та комп'ютерного телекерування рухом поїздів Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: (057) 730-19-96.

E-mail: eltech@kart.edu.ua.

Давиденко Михайло Георгійович, канд. техн. наук, доцент кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: (057) 730-19-96.

E-mail: eltech@kart.edu.ua.

Бабаєв Михайло Михайлович, д-р техн. наук, професор кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: (057) 730-19-96.

E-mail: eltech@kart.edu.ua.

---

Anan'yeva O.M., Candidate of Technical Sciences, doctoral student of department of automation and computer telecontrol train traffic Ukrainian state university of railway transport. Kharkov, Ukraine. Ph.: (057) 730-19-96. E-mail: eltech@kart.edu.ua.

Davidenko M.G., Candidate of Technical Sciences, associate professor of department of electrical equipment and electrical machines Ukrainian state university of railway transport. Kharkov, Ukraine. Ph.: (057) 730-19-96. E-mail: eltech@kart.edu.ua.

Babaev M., Doctor of Engineering, professor of department of electrical equipment and electrical machines Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv, Ukraine. Тел.: (057) 730-19-96. E-mail: eltech@kart.edu.ua.

Стаття прийнята 30.06.2016 р.