

УДК 656.259.2: 621.315

О. А. ГОЛОЛОБОВА, Днепрпетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, Украина

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ЛОКОМОТИВНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ В УСЛОВИЯХ ПОМЕХ

Рассмотрено влияние электромагнитного поля на систему автоматической локомотивной сигнализации на участках сближения и пересечения с линией электропередачи 750 кВ. Проведено исследование влияния линии электропередачи в местах косоугольного пересечения железнодорожных путей на работу системы на перегоне Пришиб-Бурчацк Приднепровской железной дороги Украины. Получены результаты экспериментальных исследований кодов автоматической локомотивной сигнализации в рельсовых цепях, находящихся под влиянием линии электропередачи. Разработана и предложена адекватная имитационная компьютерная модель входных устройств автоматической локомотивной сигнализации в среде MATLAB+Simulink, которую предлагается использовать для дальнейшего изучения и разработки защитных мероприятий от мешающего воздействия линий электропередачи. Приведены результаты компьютерного моделирования на выходе фильтра при подаче на вход кодовых комбинаций. Рассмотрены возможные методы повышения помехозащищенности автоматической локомотивной сигнализации.

Введение. В последнее время большое значение приобретает увеличение скоростей движения поездов, внедрение ускоренного, а в будущем и скоростного, движения, что требует обеспечения необходимого уровня безопасности движения поездов. Важную роль в этом играет бесперебойная работа автоматической локомотивной сигнализации (АЛС). В процессе эксплуатации на работу АЛС влияет большое количество дестабилизирующих факторов: частотные составляющие тягового тока, электромагнитные поля ЛЭП, асимметрия рельсовых цепей, зоны изолирующих стыков и многое другое, что приводит к сбоям и отказам [1, 5].

Существующие методы изучения влияния помех различного происхождения не являются совершенными. Наиболее высокую достоверность анализа дают использование вагона-лаборатории и автоматизированная обработка полученной информации, требующие значительных финансовых расходов [2]. Поэтому на сегодняшний день более целесообразным является применение имитационного компьютерного моделирования с использованием современного программного обеспечения, что дает возможность изучить влияние внешних факторов и спрогнозировать возможные сбои и отказы в работе АЛС.

Влияние линии электропередачи на работу АЛС. Сбои, вызванные влиянием линии электропередачи (ЛЭП), являются наиболее значительными по отношению к общему количеству повторяющихся сбоев по вине службы сигнализации и связи (служба Ш) (рисунок 1).

Степень влияния ЛЭП на приемные устройства АЛС зависит от множества факторов [3, 4]. К наиболее важным из них относятся угол пересечения ЛЭП с железнодорожной линией, тип подвески проводов на опоре, фазовые токи и их асимметрия, асимметрия приемных катушек локомотива по отношению к проводам влияющей линии и др. [8]. Помехи от ЛЭП проявляются в местах сближения ЛЭП с железной дорогой в виде пересечений или взаимного параллельного расположе-

ния и имеют синусоидальный характер [6]. Зона мешающего влияния невелика (примерно 30–40 м на каждую сторону от оси ЛЭП). Однако на ряде дорог сбои в районе пересечения с ЛЭП значительны. Линии, которые параллельны железной дороге, обычно маломощные, поэтому не требуют особых мер защиты. А вот линии, пересекающие под разным углом путь, оказывают решающее значение на приемную систему АЛС [7].

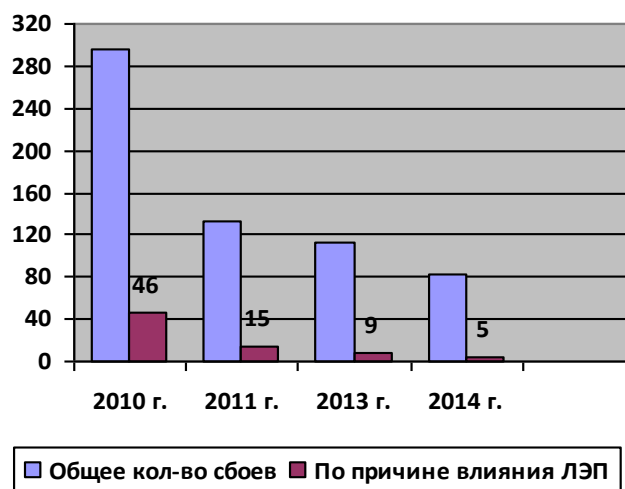


Рисунок 1 – Количество сбоев, вызванных влиянием ЛЭП, на фоне общего количества сбоев по вине службы Ш на Приднепровской железной дороге

Существуют различные способы защиты: применение автоматической регулировки усиления, увеличение высоты подвески и уменьшение расстояния между проводами ЛЭП в местах пересечения, устройство специальных замкнутых подвешенных или уложенных на землю шлейфов, в которые подается ток частоты 50 Гц, сдвинутый по фазе по отношению к току наведенной помехи, компенсация тока помехи специальным проложенным на локомотиве контуром и увеличение сигнала тока в районе пересечения [8, 12–16].

Практические исследования влияния ЛЭП проводились на участке пересечения с ЛЭП 750 кВ на перегоне Пришиб-Бурчацк в Запорожской области,

Украина (рисунок 2). Перегон Пришиб-Бурчацк электрифицирован постоянным током. Измерения проводились системой «Контроль» на базе вагон-лаборатории службы сигнализации и связи Приднепровской железной дороги.



Рисунок 2 – Перегон Пришиб-Бурчацк

Результаты измерений сигнального тока кода зеленого (З) и желтого (Ж) огней представлены на рисунке 3.

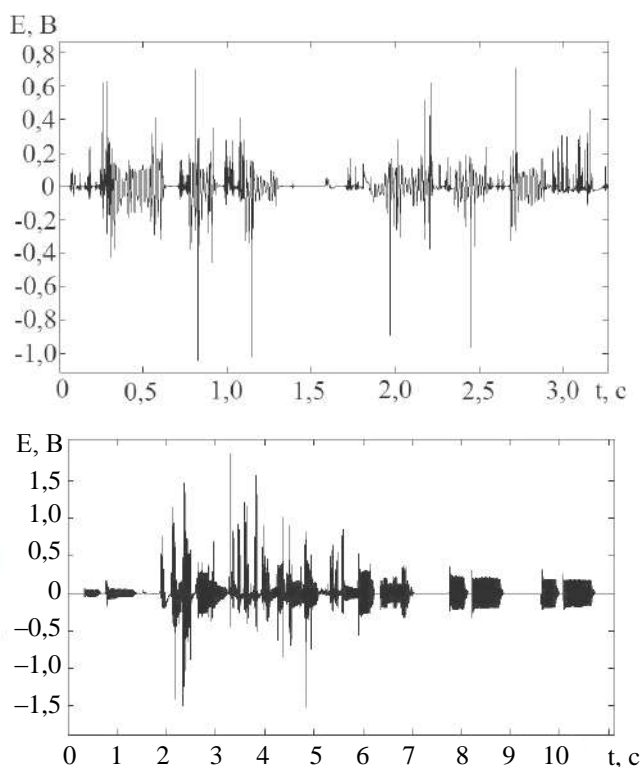


Рисунок 3 – Сигнальный ток кода З и Ж.

Как видно из рисунка 3, помехи в катушках, наведенные ЛЭП 750 кВ, настолько сильны, что с трудом различается наличие кода [3]. Помехи заполняют короткие паузы, длинный интервал между кодами, накладываются на импульсы кода. Величина наибольшей помехи достигает свыше 1 В, что примерно эквивалентно мешающему току в рельсах величиной 6 А.

В обоих случаях сигнал через АЦП снимался

непосредственно с локомотивных катушек, поэтому здесь мы можем говорить о проявлениях как прямого, так и косвенного влияния ЛЭП.

Разработка имитационной компьютерной модели. Для того, чтобы иметь возможность в лабораторных условиях оценить эффективность применения различных защитных мер, была разработана имитационная компьютерная модель входных устройств АЛС в среде MATLAB+Simulink (рисунок 4). Благодаря использованию разработанной модели можно изучать и определять поведение схемы в нормальном режиме эксплуатации и при влиянии различного рода помех [17, 18].

В данной модели использована эквивалентная схема замещения фильтра частотой 50 Гц и следующие блоки:

- Z – генератор кода «З»;
- W – генератор кода «Ж»;
- KW – генератор кода «КЖ».

Параметры каждого из этих генераторов, создают комбинации интервалов и импульсов определенной длительности, точно отражающие комбинации соответствующих кодовых сигналов.

Scope – осциллограф;

AC Voltage Source – источник переменного напряжения;

Ideal Switch – переключатель;

Current Measurement – измеритель тока;

2Lk – индуктивность двух приемных катушек;

C1, C2 – конденсаторы;

Linear Transformer – трансформатор;

Rvx – нагрузка усилителя.

В электрическом отношении по действующим техническим условиям приемная катушка характеризуется следующими параметрами: активное сопротивление переменному току с частотой 50 Гц более 650 Ом, индуктивность $7,1 \pm 0,35$ Гн, добротность 3,5. При подвеске на высоте 150 мм, токе в рельсах 10 А частотой 50 Гц в катушке наводится соответствующая электродвижущая сила (ЭДС) не менее 0,75 В.

Две соединенные последовательно приемные катушки на частоте 50 Гц должны иметь добротность 3,5–4,0 и индуктивность 14,0 Гн. ЭДС, которая наводится в разомкнутых и отключенных от пульта катушках, при токе в цепи 10 А должна составлять 1,3 В.

Трансформатор фильтра и его конденсаторы входят в конструкцию самого усилителя (тип УК25/50М). Первичная обмотка I (820 витков) входит вместе с конденсатором C1 (типа МБГП, $0,75 \text{ мкФ} \pm 5 \%$, 200 В) в контур приемных катушек. Вторичная обмотка II (1700 витков с выводами от 60, 75, 90 и 105-го витков) имеет дополнительную секционированную обмотку III (161 виток с выводами от 92-го и 115-го витка), при помощи которой второй контур с конденсатором C2 (емкостью $4 \text{ мкФ} \pm 5 \%$, 200 В) настраивается в резонанс на частоту 50 Гц. Магнитопровод трансформатора имеет фиксированный воздушный зазор 0,9 мм для стабилизации индуктивности его обмоток [11].

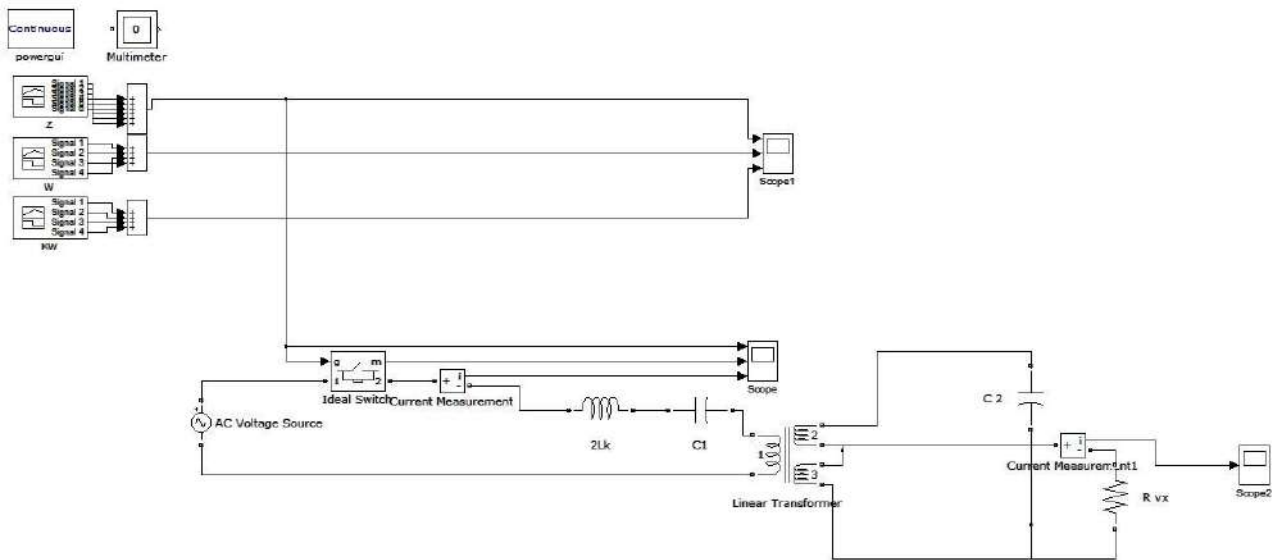


Рисунок 4 – Математическая модель входных устройств АЛС

При подаче на вход компьютерной модели кодов «З» и «Ж» на выходе фильтра получаем соответствующий амплитудно-модулированный сигнал (рисунок 5), что свидетельствует об адекватности разработанной модели входных устройств АЛС.

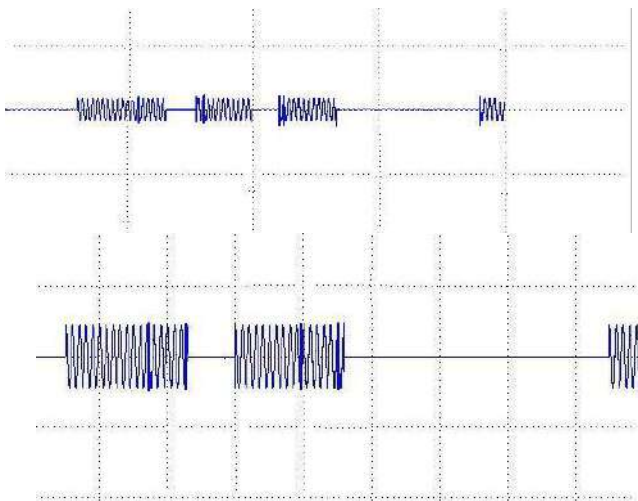


Рисунок 5 – Кодовый сигнал «З» и «Ж» на выходе фильтра

Заключение. Особое место занимает проблема защиты работы системы АЛС от влияния ЛЭП на участках с электрической тягой постоянного тока и тепловозной тягой, когда устройства локомотивной сигнализации работают на частоте 50 Гц, и поэтому методы частотного разделения сигнала и гармонической помехи неприменимы [1]. Так как влияние ЛЭП можно условно разделить на прямое и косвенное, то необходимо учитывать, что большинство способов защиты нивелируют прямое влияние магнитного поля ЛЭП на катушки АЛС. Исследования [13] показывают, что уровень помехи определяется в основном косвенным влиянием, т. е. является следствием наведения в электромагнитных массах (рама, тележки, корпус и т. д.) локомотива вихревых токов, магнитное поле которых непосредственно и воздействует на приёмные катушки. Поэтому задача

разработки защитных мероприятий не теряет своей актуальности.

Для решения этой задачи удобно использовать имитационную компьютерную модель входных устройств АЛС, которая позволяет экспериментально изучать работу системы в условиях возникновения помех и искажений кодового сигнала путем использования MATLAB+Simulink. Дальнейшая разработка данной модели позволит в лабораторных условиях изучать и разрабатывать схемные решения для уменьшения проявлений различных помех, в том числе и методы защиты от влияния ЛЭП, что в свою очередь, приведет к повышению помехозащищенности АЛС [9, 10].

Список литературы

- 1 Гаврилюк, В. І. Ймовірнісна модель впливу тягового струму на рейкові кола / В. І. Гаврилюк, О. В. Завгородній // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – Х., 2010. – № 4. – С. 73–76.
- 2 Інструкція з технічного обслуговування локомотивних пристроїв автоматичної локомотивної сигналізації безперервного типу (АЛС) і пристроїв контролю пильності машиніста на залізницях України. ЦТ-ЦШ-0072. – К. : Укрзалізниця, 2004. – 92 с.
- 3 Казаков, А. А. Автоблокировка, локомотивная сигнализация и автостопа : учеб. для техникумов ж.-д. трансп. / А. А. Казаков, Е. А. Казаков. – 7-е изд., перераб. и доп. – М. : Транспорт, 1980. – 360 с.
- 4 Конструктивные параметры воздушных линий электропередачи [Электронный ресурс] // Школа для электрика. – 2010–2014. – Режим доступа: <http://electricalschool.info/main/v1/829-konstruktivnye-parametry-vozdushnykh.html>. – Дата доступа: 10.08.2014.
- 5 Кошевий, С. В. Електромагнітні завади в межах рейкової лінії і їх вплив на роботу автоматичної локомотивної сигналізації / С. В. Кошевий, М. С. Кошевий, М. М. Бабаєв // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – Х., 2008. – № 4. – С. 13.
- 6 Системы железнодорожной автоматики и телемеханики : учеб. для вузов / Ю. А. Кравцов [и др.] ; под ред. Ю. А. Кравцова. – М. : Транспорт, 1996. – 400 с.
- 7 Леонов, А. А. Техническое обслуживание автоматической локомотивной сигнализации. – 5-е изд., перераб. и доп. – М. : Транспорт, 1982. – 255 с.

8 Электромагнитная совместимость устройств автоматической локомотивной сигнализации с тяговой сетью [Электронный ресурс] // Центральная научная библиотека. – 2013. – Режим доступа: http://www.0ck.ru/transport/elektromagnitnaya_sovmestimost_ustrojstv.html. – Дата доступа: 27.07.2014 г.

9 Railroad-Highway Grade Crossing Handbook – Revised Second Edition August [Electronic resource] // U. S. Department of Transportation. Federal Highway Administration. – 2007. – Mode of access: http://safety.fhwa.dot.gov/xings/com_roaduser/07010/sec04b.htm. – Date of access: 2.09.2014.

10 **Theeg, G.** Railway Signalling and Interlocking. International Compendium / G. Theeg, S. Vlasenko. – Hamburg : Eurailpress, 2009. – 448 p.

11 **Гончаров, К. В.** Синтез цифрового локомотивного приемника автоматической локомотивной сигнализации // «Наука и прогресс транспорта». Вестник Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна. – 2013. – Вып. 1 (43). – С. 30–38.

12 **Горенбейн, Е. В.** Сбои кодов АЛСН и их учет / Е. В. Горенбейн, С. В. Лукоянов, В. В. Вологжанин // Автоматика, связь, информатика. – 2012. – № 7. – С. 18–22.

13 **Киякина, Т. Е.** Причины сбоев в работе автоматической локомотивной сигнализации, методы решения проблем / Т. Е. Киякина, Д. И. Селиверов // Технические науки в России и за рубежом: материалы II междунар. науч. конф. (г. Москва, ноябрь 2012 г.). – М. : Буки-Веди, 2012. – С. 47–49.

14 **Леушин, В. Б.** Анализ причин сбоев в системе АЛСН // В. Б. Леушин, К. Э. Блачев, Р. Р. Юсупов // Автоматика, связь, информатика. – 2013. – № 4. – С. 20–25.

15 **Лукоянов, С. В.** Сбоев кодов АЛСН на скоростном участке стало меньше / С. В. Лукоянов // Автоматика, связь, информатика. – 2011. – № 9. – С. 22–25.

16 **Лукоянов, С. В.** Сбоев кодов АЛСН на скоростном участке стало меньше // Автоматика, связь, информатика. – 2011. – № 11. – С. 34–36.

17 **Gavrilyuk, V. I.** Telemetric system for the control of signal parameters of rail circuits / V. I. Gavrilyuk, T. N. Serdyuk // Transport systems telematics. II International Conference. – Katowice-Ustron (Poland). – 2002. – P. 185–190.

18 **Gavrilyuk, V.** Computer simulation of electromagnetic interference from railway electric power system harmonics / V. Gavrilyuk, A. Zavgorodnyj // Archives of transport system telematics. – 2009. – Vol. 2. – № 1. – P. 33–37.

Получено 10.10.2016.

О. А. Gololobova. Research the operation of the automatic locomotive signaling system continuous under noisy conditions.

It had reviewed of the effect of electromagnetic field on the automatic locomotive signaling system in the areas of convergence and intersection with the 750 kW power line. The results were obtained of influence of power lines in places oblique crossing railway tracks on the operation of the automatic locomotive signaling system on the stretch Prishib-Burchatsk Pridneprovskoy railroad of Ukraine. The results of experimental studies of codes automatic locomotive signaling track circuits under the influence of the transmission line were obtained. Developed and offered adequate computer simulation model of the input devices of automatic locomotive signaling environment MATLAB + Simulink, which is proposed to be used for further research and development of protective measures to prevent the effect of power lines. The results of computer simulation on the filter output when the input code combinations had been. The possible methods for improving noise immunity automatic locomotive signaling had reviewed.