

Разработка мероприятий по устранению ложного срабатывания телесигнализации системы телемеханики аппаратуры микропроцессорной телемеханики в границах Читинской дистанции электроснабжения Забайкальской железной дороги – филиала ОАО «РЖД»

А. В. Роголёв¹✉, А. Г. Емельянов¹, С. Н. Андалиев²

¹ *Забайкальский институт железнодорожного транспорта, г. Чита, Российская Федерация*

² *Читинская дистанция электроснабжения Забайкальской дирекции по энергообеспечению – структурного подразделения Трансэнерго – филиала ОАО «РЖД», г. Чита, Российская Федерация*

✉ a_rogalev@inbox.ru

Резюме

Статья посвящена актуальной проблеме наличия случайного ложного срабатывания подсистемы телесигнализации системы телемеханики аппаратуры микропроцессорной телемеханики. Детально проанализированы пути возможного попадания помехи во входные / выходные цепи модулей преобразования сигналов телесигнализации стойки ТУ-ТС АМТ-002, размещенной на посту электрической централизации станции Тургутуй, располагаемой в границах Читинской дистанции электроснабжения ЭЧ-1 Забайкальской железной дороги. Для исследования работы подсистемы телесигнализации аппаратуры микропроцессорной телемеханики была разработана имитационная модель входных цепей модулей оптронов системы телемеханики МСТ-95 и аппаратуры микропроцессорной телемеханики. Проведена оценка степени влияния схемотехнического решения на чувствительность входного элемента модуля оптронов системы телемеханики МСТ-95 и аппаратуры микропроцессорной телемеханики. В имитационную модель были заложены реальные параметры электронных компонентов стоек МСТ-95 и аппаратуры микропроцессорной телемеханики. На основании исполненных в программном комплексе «Мультисим 11.0» расчетов были определены реакции на воздействие помехи при четырех различных вариантах исключения ложного срабатывания. Проведенное имитационное моделирование показало, что на степень чувствительности входных цепей модулей оптронов систем телемеханики МСТ-95 и аппаратуры микропроцессорной телемеханики большое влияние оказывает входное сопротивление модуля оптронов. При этом под воздействием существенных по величине помех, превышающих паспортные значения напряжения срабатывания оптронов, вызывает срабатывания последних и в итоге приводит к появлению у энергодиспетчера дистанции электроснабжения ложной индикации срабатывания телесигнализации. При этом под воздействием напряжения помехи происходит формирование напряжения во входных цепях оптронов, приводящее к его нештатному срабатыванию. Выявлено, что повышение чувствительности у модуля оптронов системы телемеханики аппаратуры микропроцессорной телемеханики по сравнению с МСТ-95, заложенное конструктивно, является источником нештатного срабатывания фототранзистора оптрона как при наличии напряжения помехи, так и при ее отсутствии. Отмечено, что в условиях эксплуатации существующих схем модуля оптронов аппарата микропроцессорной телемеханики приводит к наличию ложного срабатывания подсистемы телесигнализации, что является существенным ограничением при организации энергодиспетчерского управления конфигурацией системы тягового электроснабжения. Это критически важно для обеспечения надежного и эффективного перевозочного процесса в границах Читинской дистанции электроснабжения ЭЧ-1 Забайкальской дирекции энергообеспечения.

Ключевые слова

телесигнализация, система телемеханики, сигнал помехи, «сухой» датчик-контакт, чувствительность модуля оптронов, ложное срабатывание, светодиод, сигнальный шлейф

Для цитирования

Роголёв А. В. Разработка мероприятий по устранению ложного срабатывания телесигнализации системы телемеханики аппаратуры микропроцессорной телемеханики в границах Читинской дистанции электроснабжения Забайкальской железной дороги – филиала ОАО «РЖД» / А. В. Роголёв, А. Г. Емельянов, С. Н. Андалиев // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2021. – № 3 (71). – С. 59–66. – DOI: 10.26731/1813-9108.2021.3(71).59-66

Информация о статье

поступила в редакцию: 10.09.2021, поступила после рецензирования: 20.09.2021, принята к публикации: 15.10.2021

Mesures for eradication of signaling subsystem false triggering in the AMT telemechanics system within the range of Chita power supply distance of Zabaykalskaya railroad, the subdepartment of Russian Railways

A. V. Rogalyov¹✉, A. G. Emeljanov¹, S. N. Andaliev²

¹Zabaikalsk Rail Transport Institute, a branch of Irkutsk State Transport University, Chita, the Russian Federation

²Chita power supply distance of Zabaykalskaya power supply directorate – structural subdivision of Transenergo – the subsidiary of JSC «RZSD», Chita, the Russian Federation

✉ a_rogalev@inbox.ru

Abstract

The article is dedicated to the actual problem of the occurrence of an accidental false triggering in the remote signaling subsystem of the AMT telemechanics system. The paths of possible interference into the input / output circuits of the signal conversion modules of the TS of the TU-TS AMT-002 rack located at the EC post of the Tyrgetyuy station located within the Chita power supply distance ECH-1 of the Trans-Baikal Railway are analyzed in detail. In order to research the AMT tele-signaling subsystem operation, a simulation model of the input circuits of the optocouplers of the MST-95 and AMT telemechanics system was developed. An assessment of the degree of circuitry influence upon the sensitivity of the input element of the MST-95 optocoupler module and AMT telemechanics system has been carried out. The simulation model was based on the real parameters of the electronic components of the MST-95 and AMT tracks. Based on the calculations performed in the Multisim 11.0 software package, the responses to the interference effect were determined for four different options of eliminating false alarms. The performed simulation showed that the degree of the input circuits sensitivity of the optocouplers of the MST-95 and AMT telemechanics systems is significantly influenced by the value of the input impedance of the optocoupler. At the same time, the influence of interference significantly exceeding the nominal values magnitude of the optocoupler actuation voltage, causes the latter's actuation, resulting in the emergence of a false indication of the telesignalization actuation at the ECH. In this case, under the influence of the interference voltage, a voltage is formed in the input circuits of the optocouplers, leading to its abnormal triggering. The increase in the sensitivity of the optocoupler module of the AMT telemechanics system, compared to the MST-95, as designed structurally, was found to be a source of abnormal triggering of the optocoupler phototransistor, both in the presence and the absence of the interference voltage. It was noted that the operating conditions of the existing circuits of the AMT optocoupler module results in a false triggering of the TS subsystem, the latter presenting a significant limitation in organizing energy dispatch control of the configuration of the traction power supply system, which is critically important to ensure a reliable and efficient transportation process within the boundaries of ECH-1 ZabNTE.

Keywords

telesignaling, telemechanics system, interference signal, «dry» sensor-contact, false positive, optron's module sensitivity, LED, signal loop

For citation

Rogalyov A.V., Emeljanov A.G., Andaliev S.N. Razrabotka meropriyatii po ustraneniyu lozhnogo sbratyvaniya telesignalizatsii sistemy telemekhaniki apparatury mikroprotssornoi telemekhaniki v granitsakh Chitinskoj distantsii elektrosnabzheniya Zabaikal'skoi zheleznoi dorogi – filiala OAO «RZhD» [Mesures for eradication of signaling subsystem false triggering in the AMT telemechanics system within the range of Chita power supply distance of Zabaykalskaya railroad, the subdepartment of Russian Railways]. *Sovremennye tekhnologii. Sistemyi analiz. Modelirovanie* [Modern Technologies. System Analysis. Modeling], 2021, No. 3 (71), pp. 59–66. – DOI: 10.26731/1813-9108.2021.3(71).59-66

Article Info

Received: 10.09.2021, Revised: 20.09.2021, Accepted: 15.10.2021

Введение

При проведении мероприятий по реконструкции систем телемеханики (СТМ) эксплуатируемых участков требуется привести их к единому показателю, так как условия эксплуатации на местах различны: в данном случае – при техническом перевооружении в 2020 году систем автоматики и телемеханики на Читинской дистанции электроснабжения (ЭЧ-1) Забайкальской дирекции энергообеспечения (ЗабНТЭ) структурного предприятия «Трансэнерго» – филиала ОАО РЖД. При замене ранее установленных стоек микроэлектронной СТМ МСТ-95 [1] на аппаратуру микропроцессорной телемеханики (АМТ) [2], выявилась проблема ложного срабатывания подсистемы телесигнализации (ТС), выражающаяся в ложном срабатывании аудио и визуальной индикации сбоя рабочего режима телесигнализации у энергодиспетчера дистанции электроснабжения

(ЭЧЦ), что приводит к нарушению работы всего комплекса диспетчерского управления конфигурацией системы тягового электроснабжения в границах ЭЧ-1. Определение причины нарушения работы ТС и разработка мероприятий по ее ликвидации – актуальная задача, требующая оперативного решения по обеспечению эффективной работы всего телемеханического комплекса [3].

Актуальность проблемы и постановка задачи

В настоящее время на участке Забайкальской железной дороги в границах ЭЧ-1 находятся в эксплуатации несколько типов СТМ: МСТ-95, АСТМУ-А, АМТ и «Торнадо-КП». СТМ МСТ-95 эксплуатируется с 1997 г. и проблем с ТС ранее не было, либо они решались установкой дополнительных промежуточных реле РП-21 железнодорожной автомати-

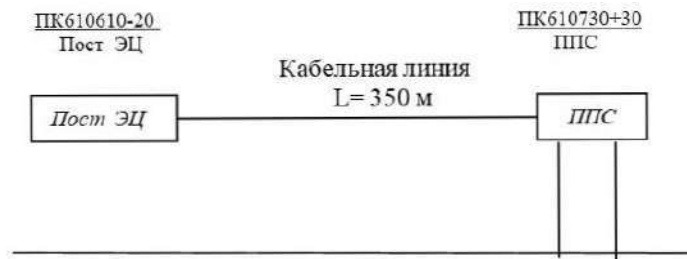


Рис. 1. Выкопировка из схемы питания и секционирования станции Тургутуй
Fig. 1. Catching from the power scheme and partitioning station Turgutuy

ки, телемеханики и связи между выходом стойки ТМ и объектом телеуправления (ОТУ).

По мере работы ТМ стали нарастать отказы, в том числе и ввиду срока эксплуатации, превышающей паспортную величину – 15 лет [1–3]. При выполнении работ по техническому перевооружению устройств ТМ в границах ЭЧ-1, на энергодиспетчерском участке Хилок – Яблоновая летом 2020 г. была произведена замена системы ТМ МСТ-95 на систему телемеханики АМТ [4].

В процессе пуско-наладочных работ у стойки ТМ АМТ-02 на станции Тургутуй возникла проблема с ТС, приходящей с поста параллельного соединения (ППС) Тургутуй, ЭЧЦ у себя на мнемосхеме пульта дистанционного управления (ДУ) видел то замкнутое, то разомкнутое их положение, т. е. ложную СТС по объектам контролируемых пунктом (КП) СТМ Тургутуй, что ставит под угрозу процесс ДУ работой разъединителей ППС и контактной сети станции. Тем самым нарушается работа ЭЧЦ по оперативному сопровождению системой тягового электроснабжения перевозочного процесса на данном участке Забайкальской железной дороги, что недопустимо в принципе.

Таким образом, надежность функционирования системы ТМ касается не только СТЭ, но и службы движения и локомотивного хозяйства, пассажирских перевозок и критически необходима для обеспечения безопасности, бесперебойности и надежности перевозочного процесса в целом.

Задачей проводимого исследования является определение возможного пути проникновения помехи, оказывающей критическое влияние на работу модулей оптронов МСТ-95 и АМТ для поиска вариантов решения поставленной задачи по исключению ложных срабатываний ТС у ЭЧЦ.

Применяемые методы исследования и построение имитационной модели

Работу ТС системы ТМ МСТ-95 и АМТ характеризует однозначность передаваемых сигналов на пульт ЭЧЦ. Появление ложной ТС вводит ЭЧЦ в заблуждение и может привести к появлению соответствующей ложной команды по ТУ, переключению на объект управления (ОУ), что приведет к со-

зданию неправильной конфигурации СТЭ, и, следовательно, к вероятности аварийной ситуации, как в СТЭ, так и в процессе перевозок.

Натурный эксперимент в подобных условиях с реальными устройствами ТМ в принципе невозможен, остается только имитационное моделирование с использованием современных аппаратно-программных комплексов, к примеру, таких как система компьютерной математики «Multisim» версии 11.0 [5].

На примере участка линии связи системы ТМ ППС – пост электрической централизации (ЭЦ) ЭЧ-1 (рис. 1) была разработана имитационная модель входных / выходных цепей модуля оптронов (МО) стоек ТМ МСТ-95 и АМТ, применяемых на этом участке (рис. 2, 3).

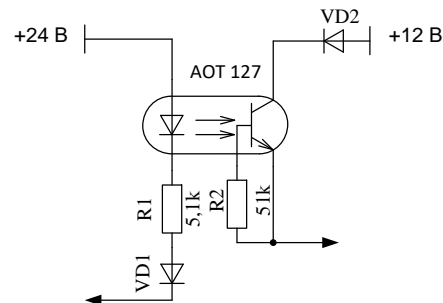


Рис. 2. Схема элемента телесигнализации модуля оптронов

Fig. 2. Remote signaling element scheme of the optocoupler module

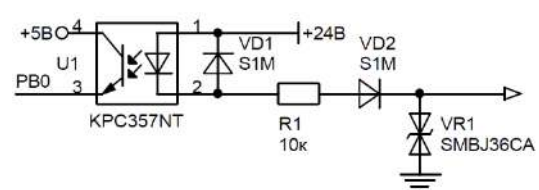


Рис. 3. Схема элемента цепи модуля оптронов подсистемы телесигнализации аппаратуры микропроцессорной телемеханики
Fig. 3. Scheme of optocoupler module element of the remote signaling subsystem of AMT telemechanics equipment

При выборе параметров схем замещения для реализации элементов имитационной модели были приняты допущения [6–8]. Упрощенная схема замещения линии связи ТМ, состоящая только из поперечных активно-реактивных сопротивлений, а также схема расположения ППС и ЭЦ относительно друг друга и железнодорожных путей, и КС, приведены ниже (рис. 4, 5).

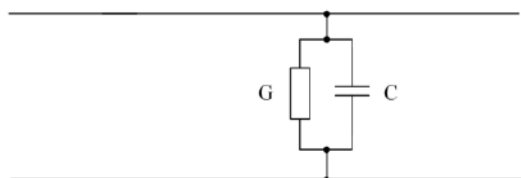


Рис. 4. Эквивалентная схема участка кабельной линии

Fig. 4. Equivalent scheme of the cable line section

Дополнительный учет схемотехники входных / выходных цепей модулей оптронов СТМ МСТ-95 и АМТ дает более широкие возможности имитационного поведения существующего оборудования СТМ на рассматриваемом участке [9, 10], что максимально приближает имитационную модель к реальным условиям эксплуатации СТМ.

Для задания параметров входных / выходных цепей СТМ были взяты принципиальные схемы од-

ного элемента МО СТМ МСТ-95 и АМТ [9, 10] (см. рис. 2, 3). В качестве пороговой чувствительности входной / выходной цепи МО была взята величина из нормативно-справочной литературы – 36 В [11]. В качестве модели оптопары модуля МТС выберем оптрон КРС357NT [12], элемент из имеющейся базы программы «Multisim 11.0» – оптрон MOC8101 BASSO. Вместо диодов VD_1 и VD_2 марки S1M, выберем имеющийся в базе программы «Multisim 11.0» аналог 1N3600 [13].

Для того чтобы увидеть влияние помехи на работу оптопары, в качестве нагрузки выходного транзистора вместо процессора, генерирующего сигнал ТС, включим светодиод, срабатывающий, когда ток в нем становится равным реальному току нагрузки. Помеха моделируется в виде генератора переменного напряжения с частотой 50 Гц, установленного на цепи шлейфа линии связи стойки ТМ и МО (рис. 6).

Кнопка S_1 имитирует «сухой» контакт. Получившиеся схемы представлены далее (рис. 7, 8). Путем подбора напряжения генератора, имитирующего помеху, определяется напряжение помехи, при которой загорится светодиод LED_1 при разомкнутом контакте S_1 . Подбор начинается с напряжения 4 В. При напряжении 34 В светодиод LED_1 заморгал при разомкнутом контакте S_1 .

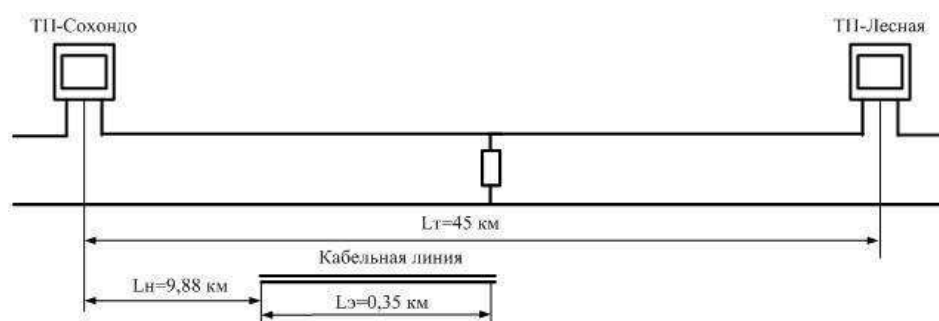


Рис. 5. Схема участка линии связи
Fig. 5. Scheme of the link line network

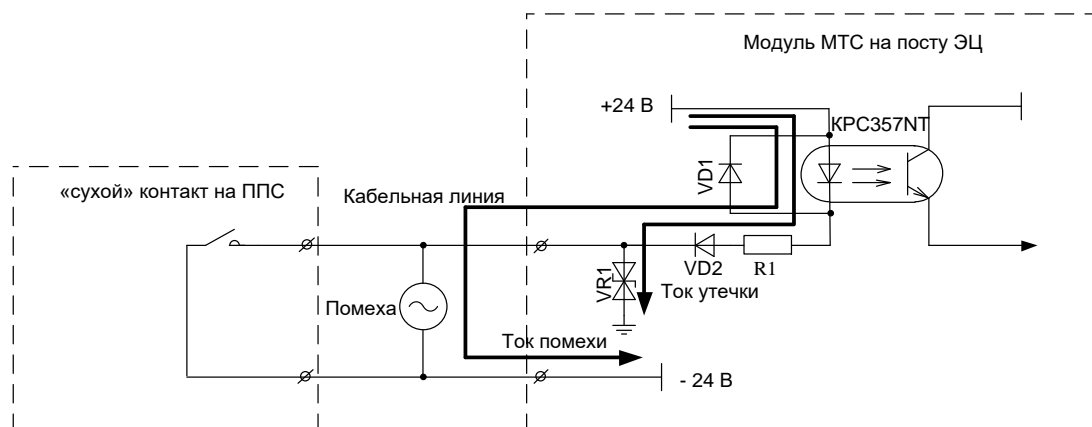


Рис. 6. Схема возможного пути проникновения помехи
Fig. 6. Scheme of the penetration route of interference

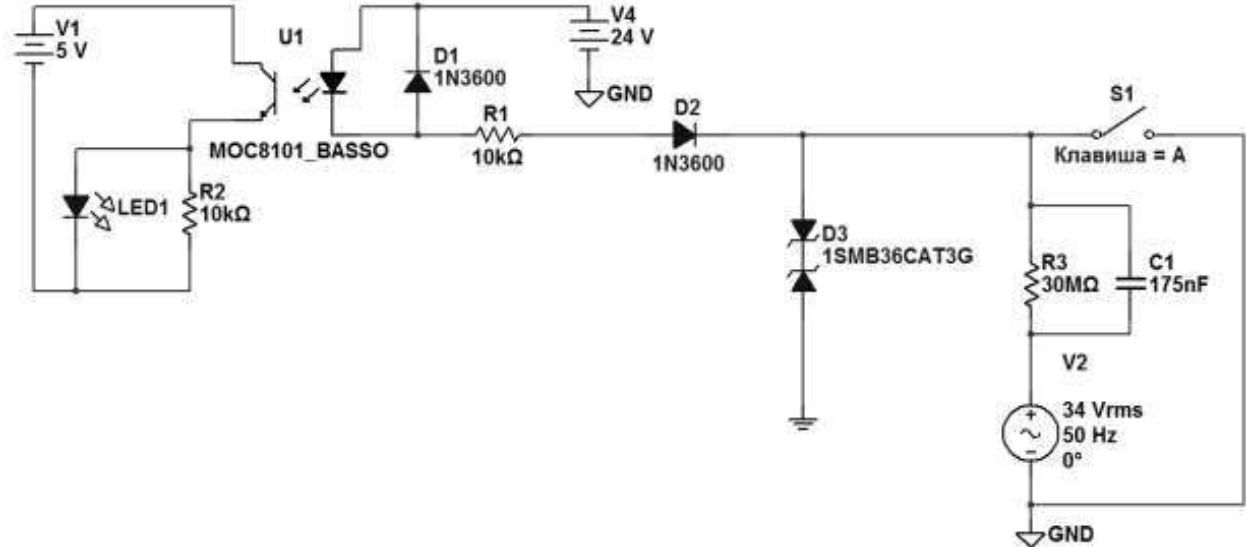


Рис. 7. Модель цепи телесигнализации элемента модуля оптронов аппаратуры микропроцессорной телемеханики

Fig. 7. Model of optocoupler module element of the remote signaling subsystem of AMT telemechanics equipment

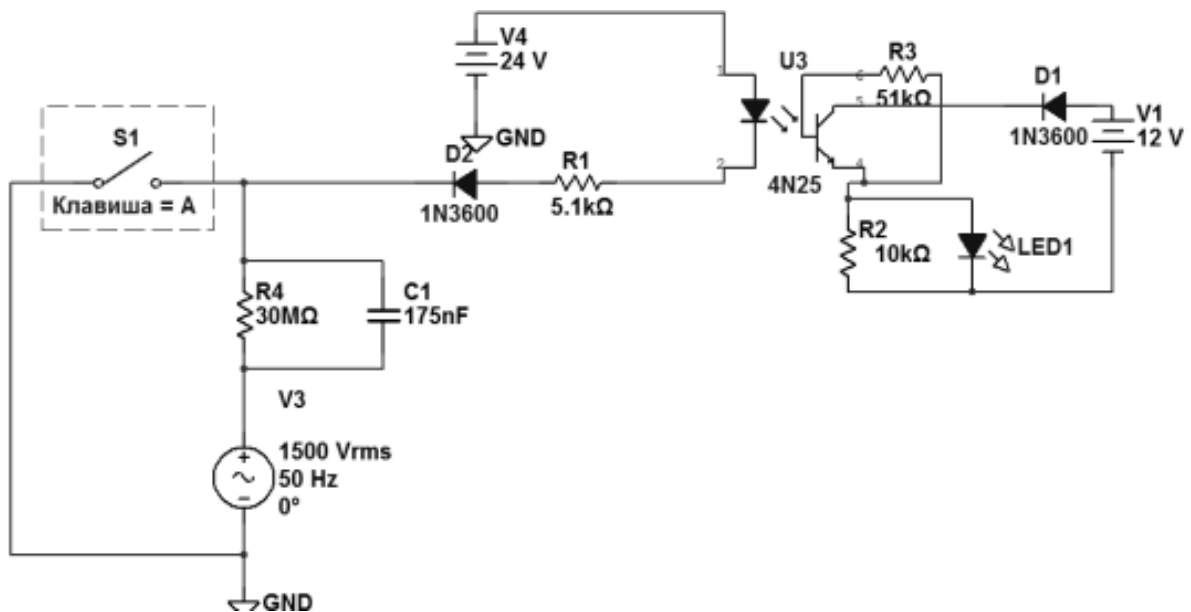


Рис. 8. Модель цепи телесигнализации элемента модуля оптронов MCT-95

Fig. 8. Model of the remote signaling circuit of the optocoupler module element MST-95

В качестве оптопары МО МСТ-95 взят аналог оптрона AOT127 из «Multisim 11.0» – оптрон 4N25. Диоды VD_1 и VD_2 аналогичны диодам МО АМТ. При замыкании контакта S_1 LED_1 светился без моргания, что дает увидеть величину помехи.

Результаты и обсуждение

Важность роли СТМ в сопровождении СТЭ перевозочного процесса за счет повыше-

ния надежности и эффективности ее работы в последнее время подчеркивается отечественными и зарубежными исследователями [14–16], поэтому работа МО при применении защитных мер была рассмотрена более подробно.

Работа имитационной модели ТС МО при изменении номинала конденсатора C_2 от 5 мкФ и выше, до 14 мкФ, представлена в виде кривых напряжений на элементах схемы (рис. 9–11).

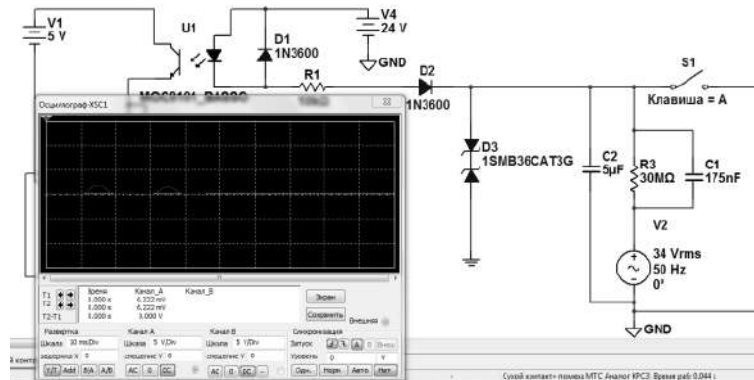


Рис. 9. Осциллограмма с выхода оптрона при номинале C_2 5 мкФ
 Fig. 9. Oscillogram from the optron output at a nominal value of C_2 5 μ F

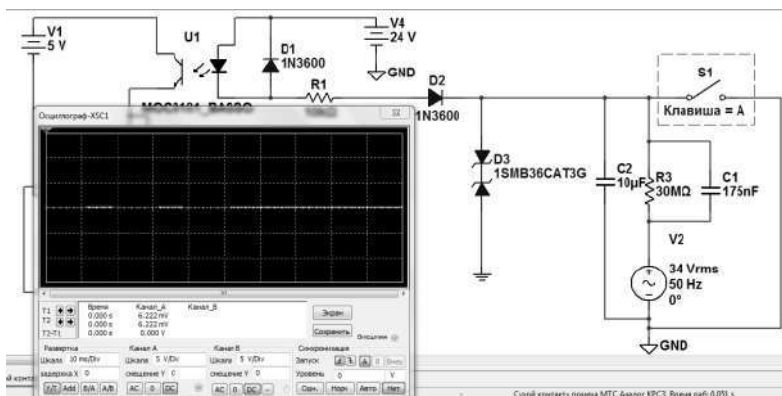


Рис. 10. Осциллограмма с выхода оптрона при номинале C_2 10 мкФ
 Fig. 10. Oscillogram from the optron output at a nominal value of C_2 10 μ F

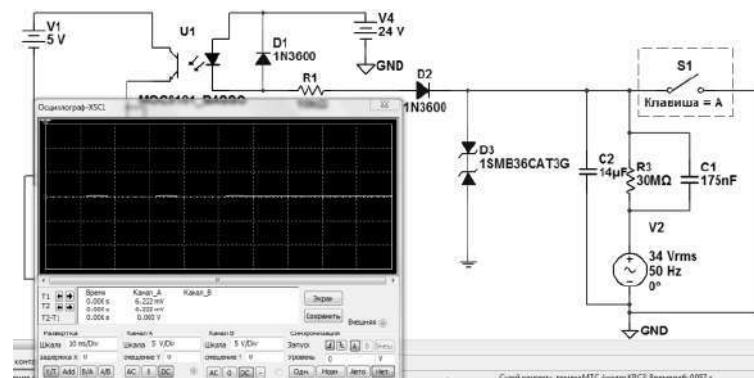


Рис. 11. Осциллограмма с выхода оптрона при номинале C_2 14 мкФ
 Fig. 11. Oscillogram from the optron output at a nominal value of C_2 14 μ F

При номинале емкости C_2 5 мкФ (см. рис. 9) видно, что кривая сигнала помехи имеет существенную величину и это означает, что на выходе схемы МО формируется сигнал логической «единицы», что означает наличие ложной ТС.

При номинале емкости C_2 1 мкФ (см. рис. 10) видно, что кривая сигнала помехи имеет величину, отличную от нуля, и это означает, что на выходе схемы МО формируется неустойчивый сигнал логической «единицы», что дает ненулевую вероятность формирования сигнала ложной ТС.

При номинале емкости C_2 14 мкФ (см. рис. 11) видно, что кривая сигнала генератора помех практически слилась с нулевой абсциссой осциллографа, что дает возможность говорить о компенсации сигнала помехи в достаточной мере, т. е. сигнал ложной ТС отсутствует.

Это дает основание утверждать, что поставленная задача решена. Найденное решение позволит исключить в дальнейшей работе ЭЧЦ ложную ТС.

Заключение

Исходя из полученных данных, можно заключить, что при номинале емкости конденсатора $C_2 = 14$ мкФ, мы добились практического понижения напряжения сигнала помехи. Таким образом, учитывая наличие напряжения помехи в реальном кабеле связи между ППС и ЭЦ станции Тургутуй, можно предложить несколько путей решения данной проблемы [6].

К таким вариантам решения поставленной задачи можно отнести:

1. Учет пороговой чувствительности элементов, входящих в схемотехнику МО, путем замены оптронов в МО АМТ. Однако это нарушает конструктивную целостность оборудования, а, следовательно, гарантийные обязательства заказчика перед поставщиком оборудования ТМ, что категорически неприемлемо.

2. Повышение напряжения питания МО с 24 до 60 В МО АМТ, аналогично, как в системе ТМ «Торнадо-КП» [17]. Практически реализуемо, но требует вмешательства в конструктивную целостность ТМ, нарушения гарантийных обязательств, что также неприемлемо.

3. Замена помехозащищенной линии связи ТМ на помехозащищенную в виде бронированной или экранированной кабельной линии связи, что также рекомендуется [18], но является проблематичным, так как потребует существенных материальных затрат, связанных с проведением целого комплекса строительно-монтажных работ по реконструкции существующей линии связи и достаточно больших сроков нарушения нормального рабочего режима работы ЭЦЦ и перевода с диспетчерского на дистанционное (ручное) управление ОТУ.

4. Применение дополнительных промежуточных реле, с тем чтобы разорвать гальваническую цепь, связывающую датчики – контакты ТС и входные цепи ТС (РП-21). Однако такое решение может быть только временным, так как имеют место случаи отказов ТМ, напрямую связанные с отказами именно самих реле [19]. Кроме того, присутствуют прямые материально-финансовые затраты, связанные как с закупкой комплектующих – достаточно мощных блоков питания реле РП-21, проводников для формирования схемы, что само по себе снижает надежность, так и самих реле, при этом потребуется сертификация [20].

5. Применение простейшего фильтра постоянного тока в виде конденсатора, подключенного к шлейфам ТС вне стойки ТУ-ТС ТМ. Данный вариант дает минимальную стоимость элементной базы (на стойку потребуется всего девять штук), максимальную простоту исполнения и надежности, нет никаких промежуточных элементов, как в блоках промежуточных реле.

Таким образом, авторам представляется целесообразным решением выбор варианта с применением простейшего емкостного фильтра в виде конденсатора, установленного во входной цепи МО, вне стойки ТМ. Тем самым не нарушаются гарантийные обязательства перед заводом-изготовителем аппаратуры, требуется минимальный объем капиталовложений, отсутствует необходимость сертификации, достигаются максимальный уровень надежности, оперативность применения и малый срок монтажных работ. Данный вариант может быть рекомендован к практическому внедрению не только на этом, конкретном участке СТЭ ЭЦ-1, но и по всей протяженности Забайкальской железной дороги, где проходит техническое перевооружение СТМ.

Список литературы

1. Аппаратура микроэлектронной системы телемеханики МСТ-95. М.: МЭЗ ДКРЭ ОАО РЖД, 2001. 14 с.
2. Аппаратура микропроцессорной системы телемеханики АМТ. М.: МЭЗ ДКРЭ ОАО РЖД, 2018. 31 с.
3. Протокол технического Совета ЗаБНТЭ. Приложение 2: приказ № 227 от 23 июля 2020 г. по РРУ ЭЦ-1. Чита: ЗаБНТЭ, 2020. 4 с.
4. Проект технического перевооружения системы телемеханики на участке Хилок – Яблоновая: рабочая документация 6036-0.0-ГЛМ. Чита: ЗаБНТЭ, 2018. 62 с.
5. Multisim – NI. URL: <https://www.ni.com/ru-ru/shop/electronic-test-instrumentation/application-software-for-electronic-test-and-instrumentation-category/what-is-multisim/multisim-education> (дата обращения: 21.07.2021).
6. Бадер М.П. Электромагнитная совместимость. М.: УМК МПС, 2002. 637 с.
7. Горлов Н.И., Михайловская Ж.А., Первушина Л.В. Методы и средства измерений параметров электрических кабелей связи. Новосибирск: СибГУТИ, 2009. 258 с.
8. Шалягин Д.В., Цыбуля Н.А., Косенко С.С., Волков А.А. и др. Устройства железнодорожной автоматики, телемеханики и связи. Ч. 1. М.: Маршрут, 2006. 587 с.
9. Московский электромеханический завод. URL: <https://mez.ru> (дата обращения: 12.01.2021).
10. Почаевец В.С. Автоматизированные системы управления устройствами электроснабжения железных дорог. М.: Маршрут, 2003. 318 с.
11. ГОСТ Р 33398-2015. Железнодорожная электросвязь. Правила защиты проводной связи от влияния тяговой сети электрифицированных железных дорог постоянного и переменного тока. М.: Стандартинформ, 2015. Т. II. 21 с.
12. ChipDip. URL: <https://www.chipdip.ru> (дата обращения: 9.02.2021).
13. Datasheet California Eastern Labs. URL: www.alldatasheet.com (дата обращения: 9.02.2021).
14. Чернов Ю.А. Электроснабжение электрических железных дорог. М.: УМЦ ЖДТ, 2016. 404с.

15. Володин С.В., Иванов В.В., Просви́ров Ю.Е и др. Электрические железные дороги. М.: УМЦ ЖДТ, 2010. 355 с.
16. Шишов О.В. Современные технологии промышленной автоматизации. Москва, Берлин: Директ-Медиа, 2015. 256 с.
17. Tornado modular systems. URL: <https://tornado.nsk.ru> (дата обращения: 10.01.2021).
18. Харлов Н.Н. Электромагнитная совместимость в электроэнергетике. Томск: Изд-во ТПУ, 2007. 207 с.
19. Протокол технического Совета ЗабНТЭ//Статистика отказов устройств ТМ ЭЧ-1 за период 2013 – 2020 гг. Чита: ЗабНТЭ, 2020.
20. ГОСТ IEC 60870-4 – 2011. Ч. 4. Технические требования. Устройства и системы телемеханики. М.: Стандартинформ, 2014. 23 с.

References

1. Apparatura mikroelektronnoj sistemy telemekhaniki MST-95 [The equipment of the microelectronic telemechanics system MST-95]. Moscow: MEZ DKRE JSC Russian Railways, 2001. 14 p.
2. Apparatura mikroprotsessornoj sistemy telemekhaniki AMT [The equipment of the microprocessor telemechanics system AMT]. Moscow: MEZ DKRE JSC RZHD, 2018. 31 p.
3. Minutes of the ZabNTE Technical Council. Appendix 2: order No. 227 dated July 23, 2020. according to RRU ECH-1. Chita: ZabNTE, 2020.4 p.
4. Proekt tekhnicheskogo perevoorzheniya sistemy telemekhaniki na uchastke KHilok-YAbulonovaya: rabochaya dokumentatsiya 6036-0.0-TLM [The project of technical re-equipment of the telemechanics system at the Khilok-Yablonovaya section: working documentation 6036-0.0-TLM]. Chita: ZabNTE, 2018. 62 p.
5. Multisim – NI. URL: <https://www.ni.com/ru-ru/shop/electronic-test-instrumentation/application-software-for-electronic-test-and-instrumentation-category/what-is-multisim/multisim-education> (date of access 21.07. 2021).
6. Bader M.P. Elektromagnitnaya sovmestimost'. Moscow: UMK MPS Publ., 2002. 637 p.
7. Gorlov N.I., Mikhailovskaya Zh.A., Pervushina L.V. Metody i sredstva izmerenij parametrov ehlektricheskikh kabelej svyazi [Methods and instruments for measuring the parameters of electrical communication cables]. Novosibirsk: SibGUTI Publ., 2009. 258 p.
8. Shalyagin D.V., Tsybulya N.A., Kosenko S.S., Volkov A.A. etc. Ustrojstva zheleznodorozhnoj avtomatiki, telemekhaniki i svyazi. Ch. 1. [Devices of railway automation, telemechanics and communication. Part 1]. Moscow: Marshrut Publ., 2006. 587 p.
9. Moscow Electromechanical Plant. URL: <https://mez.ru> (date of access: 12.01.2021).
10. Pochaevets V.S. Avtomatizirovannye sistemy upravleniya ustrojstvami ehlektrosnabzheniya zheleznykh dorog [Automated control systems for railway power supply devices]. Moscow: Marshrut Publ., 2003. 318 p.
11. GOST R 33398-2015. Zheleznodorozhnaya ehlektrosvyaz'. Pravila zashhity provodnoj svyazi ot vliyaniya tyagovoj seti ehlektrifitsirovannykh zheleznykh dorog postoyannogo i peremennogo toka [Railway telecommunication. Rules for the protection of wire communications from the influence of the traction network of DC and AC electrified railways]. Moscow: Standartinform Publ., 2015. Vol. II. 21 p.
12. ChipDip. URL: <https://www.chipdip.ru> (date of access: 9.02.2021).
13. Datasheet California Eastern Labs. URL: www.alldatasheet.com (date of access: 9.02.2021).
14. Chernov Yu.A. Elektrosnabzhenie ehlektricheskikh zheleznykh dorog [Power supply of electric railways]. Moscow: UMTS ZHDT, 2016. 404p.
15. Volodin S.V., Ivanov V.V., Prosvirov Yu.E. etc. EHlektricheskie zheleznye dorogi [Electric railways]. Moscow: UMTS ZHDT, 2010. 355 p.
16. Shishov O.V. Sovremennye tekhnologii promyshlennoj avtomatizatsii [Modern technologies of industrial automation]. Moscow; Berlin: Direct-Media Publ., 2015. 256 p.
17. Tornado modular systems. URL: <https://tornado.nsk.ru> (date of access: 10.01.2021).
18. Kharlov N.N. Elektromagnitnaya sovmestimost' v ehlektroehnergetike [Electromagnetic compatibility in the electric power industry]. Tomsk: TPU Publ., 2007. 207 p.
19. Minutes of the ZabNTE// Statistika otkazov ustrojstv TM ECH-1 za period 2013 – 2020 gg. [Failure statistics of TM ECH-1 devices for the period 2013 – 2020]. Chita: ZabNTE, 2020.
20. GOST IEC 60870-4 – 2011. Ч. 4 Tekhnicheskie trebovaniya. Ustrojstva i sistemy telemekhaniki [Part 4. Technical requirements. Devices and systems of telemechanics]. Moscow: Standartinform, 2014. 23 p.

Информация об авторах

Рогалёв Андрей Владимирович – канд. пед. наук, доцент кафедры электроснабжения, Забайкальский институт железнодорожного транспорта, г. Чита, e-mail: a_rogalev@inbox.ru

Емельянов Александр Геннадьевич – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры электроснабжения, Забайкальский институт железнодорожного транспорта, г. Чита, e-mail: aleksandr-emelja@mail.ru

Андалиев Сергей Николаевич – электромеханик ТУ-ДУ, Читинская дистанция электроснабжения ЭЧ-1, Забайкальская дирекция по энергообеспечению СП «Трансэнерго» – филиал ОАО Российские железные дороги, г. Чита, e-mail: s.andaliev@mail.ru

Information about the authors

Andrey V. Rogalyov – Ph.D. in Ped. Science, Associate Professor of the Subdepartment of Power Supply, Zabaikalsk Rail Transport Institute, a branch of Irkutsk State Transport University, Chita, e-mail: a_rogalev@inbox.ru

Alexander G. Emelyanov – Ph.D. in Engineering Science, Associate Professor of the Subdepartment Electricity Supply, Zabaikalsk Rail Transport Institute, a branch of Irkutsk State Transport University, Chita, e-mail: aleksandr-emelja@mail.ru

Sergey N. Andaliev – electro-mechanic TU-DU, Chita distance Power supply ECH-1, Trans-Baikal Directorate for Power Supply JV “Transenergo” – branch of the Russian Railways, Chita, e-mail: s.andaliev@mail.ru