

Лобанов О. В., Ступицкий В. П.

Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, Российская Федерация

МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИКИ ОПОРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ КОНТАКТНОЙ СЕТИ С УЧЕТОМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ОБСТАНОВКИ

Аннотация. Объекты железнодорожной инфраструктуры испытывают большие нагрузки в связи с динамикой увеличения объема перевозок и сокращения интервала движения. Для безопасного и бесперебойного движения поездов, объекты инфраструктуры должны иметь не только высокую надёжность, но и подвергаться постоянному техническому обслуживанию, обеспечивающему поддержание заданной надёжности. В значимой степени это относится к устройствам контактной сети, а именно опорных конструкций. Важным аспектом этого вопроса является влияния электромагнитного поля (ЭМП) на систему диагностики. Разработка и улучшения способов диагностики позволяет повысить надёжность и безопасность движения поездов.

Ключевые слова: контактная сеть, моделирование, опорные конструкции, электромагнитное поле, система диагностики, неисправности.

Lobanov O. V., Stupitsky V. P.

Irkutsk State Transport University, Irkutsk, the Russian Federation

MODERNIZATION OF THE DIAGNOSTIC SYSTEM FOR CONTACT NETWORK SUPPORT STRUCTURES, TAKING INTO ACCOUNT THE ELECTROMAGNETIC ENVIRONMENT

Abstract. Railway infrastructure facilities are experiencing heavy loads due to the dynamics of increasing traffic volume and shortening the travel interval. For safe and uninterrupted train service, infrastructure facilities must not only have high reliability, but also undergo constant maintenance to ensure that the specified reliability is maintained. To a significant extent, this applies to contact network devices, namely support structures. An important aspect of this issue is the influence of the electromagnetic field on the diagnostic system. The development and improvement of diagnostic methods makes it possible to increase the reliability and safety of train traffic.

Key words: contact network, modeling, supporting structures, electromagnetic field, diagnostic system, malfunctions.

Введение

Современные методы диагностики устройств контактной сети (КС), выполняют проверку их состояния, осуществляемую такими автоматизированными диагностическими средствами как вагонами-путьеизмерителями, дефектоскопами, вагонами-лабораториями служб электрификации и электроснабжения, автоматики и телемеханики [1-3]. Эти средства значительно повышают безотказность устройств КС, осуществляя мониторинг состояния, и позволяют строго соблюдать график движения поездов [4]. Однако, несмотря на технологичность данных средств, требуется особое внимание к разработке новых автоматических систем.

Опоры, стоящие на перегонах и станциях, поддерживают контактные подвески и испытывают на себе большие нагрузки, в том числе и вибрационные: от автоколебаний проводов контактных подвесок и от прохождения поездов. Такие нагрузки в течение периода эксплуатации опор приводят к деформации и усталости металла. При осмотрах опор обращается внимание на силовые уголки и раскосы, на состояние фундамента, коррозию металла. Потому что указанные факторы являются предпосылками к отказам, снижающим несущую способность опор.

С большей точностью прогнозировать и предупреждать отказы, вызываемые постепенным снижением несущей способности опор можно с помощью мониторинга

посредством датчиков для определения нагрузок, возникающих в опорах во время эксплуатации [5]. Информация с датчиков может быть собрана автоматически и необходима для прогнозирования отказов и оптимизации процесса обслуживания. Разрабатываемая в ИрГУПС система диагностики [6], представлена на рисунке 1.

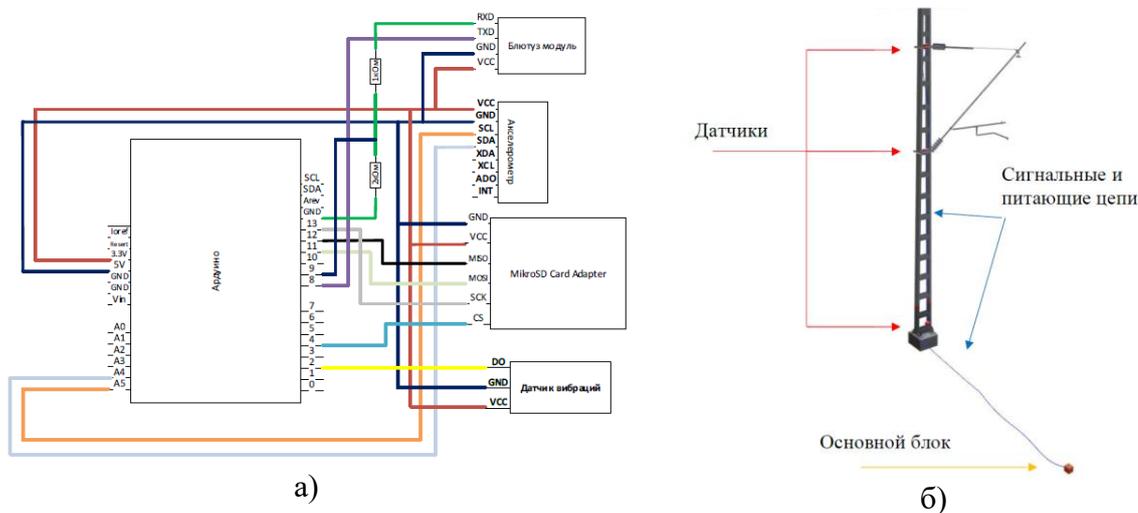


Рисунок 1. Система диагностики:

- а) Структурная схема;
- б) Места установки датчиков.

Расчет влияния электромагнитного поля

Рассматриваемая система диагностики, состоящее из электронных компонентов и датчиков, испытывает влияния ЭМП. Воздействия ЭМП можно разделить на две основные группы:

- наведённое напряжение в сигнальных цепях и цепях питания датчика (проводные линии, соединяющие датчик с принимающим устройством). В Fazonord удобно смотреть наведённое напряжение на схемах без коротких проводов. Однако, особенность расчёта в данном случае заключается в том, что цепи питания и сигнала – это короткие провода, как правило не более 10 метров, в пространстве расположенные не параллельно проводов контактной сети, как в случае с воздушными линиями (ВЛ). Для расчёта принимаем, что провода сигнальных и питающих цепей датчика расположены параллельно проводов контактной сети, чтобы получить наихудший случай, при котором наведённое напряжение будет максимально;

- воздействие ЭМП на микросхемы. При данном варианте расчёта, расчётная модель обязательно должна содержать провода сигнальных и питающих цепей, поскольку производится расчёт напряжённости электрического и магнитного полей, при котором интересует воздействие ЭМП на датчик.

Для расчёта сигнальные цепи в Fazonord располагаются на следующих высотах:

$h_1=0,1$ м; $h_2=6$ м; $h_3=7,5$ м, на уровне условного обреза фундамента на уровне головок рельса, на высоте подвеса контактного провода и на высоте подвеса несущего троса, соответственно.

Проводится расчёт в следующих вариантах:

- расчёт статической нагрузки и для различных графиков движения поездов, при минимальном интервале между поездами 8 минут с применением виртуальной сцепки, при сокращённом интервале между поездами до 4 минут;
- расчёт с электромагнитного поля с учётом опор.

Расчетная схема представлена на рисунке 2.

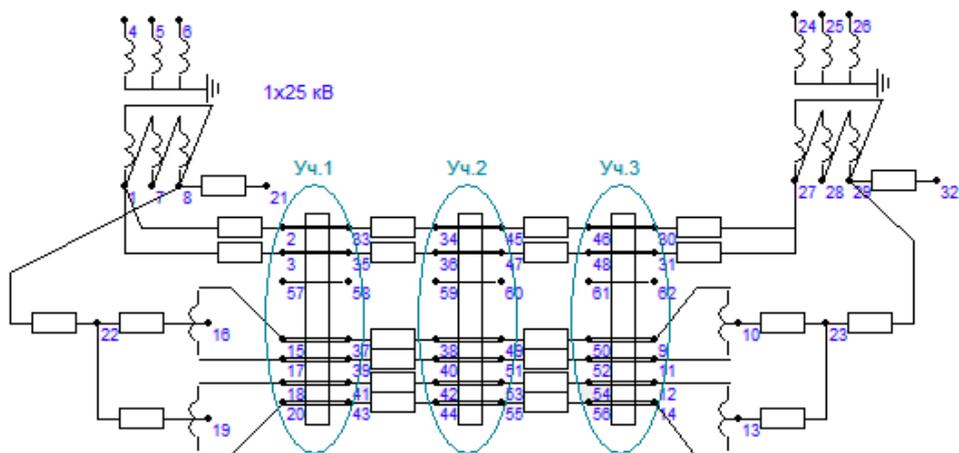


Рисунок 2. Расчетная схема в Fazonord.

В результате расчетов, с учетом различных режимов работы контактной сети, получены диаграммы распределения напряженности магнитных и электрических полей. Величина влияния ЭМП зависит от высоты расположения и протекающих токов в контактной подвеске. Диаграмма распределения напряженности магнитного поля наложенную на сечение представлена на рисунке 3.

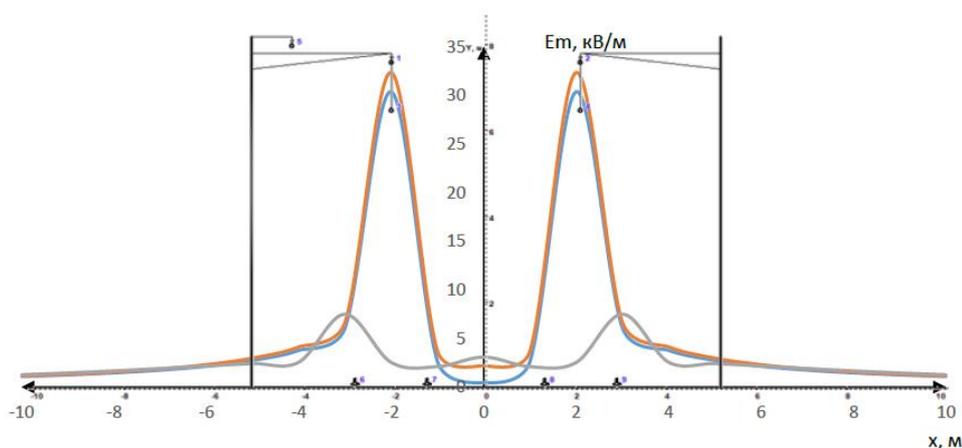


Рисунок 3. Наложение изображения сечения системы на диаграмму напряжённости электрического поля.

Максимальная напряжённость полей достигается в точке подвеса проводов контактной сети, а к месту крепления датчиков независимо от высоты подвеса значение напряжённостей электрического и магнитного поля становится примерно одинаковым, соответственно, полагаем из результатов расчётов полей при прохождении поездов разных масс, необходимо защитить датчик от полей по условиям:

- а) $E_m < 10 \text{ кВ/м}$;
- б) $H_m < 150 \text{ А/м}$.

При соблюдении этих условий показания датчика не будут искажаться помехами от воздействия электромагнитных полей от контактной сети. На систему диагностики так же влияние оказывает наведенное напряжения. Поэтому защиту датчиков необходимо организовывать с учетом всех перечисленных влияний.

Организация электромагнитных средств защиты

Основным способом уменьшения влияния является установка экранирующего материала на корпус для установки датчика. Реализация данного способа возможна при изготовлении корпуса методом литья, с проложением проволоки. В результате происходит уменьшение влияния ЭМП в области наведенного напряжения, что позволяет достоверно снимать параметры технического состояния опорных конструкций контактной сети. На рисунке 4 приведен пример корпуса с экраном.

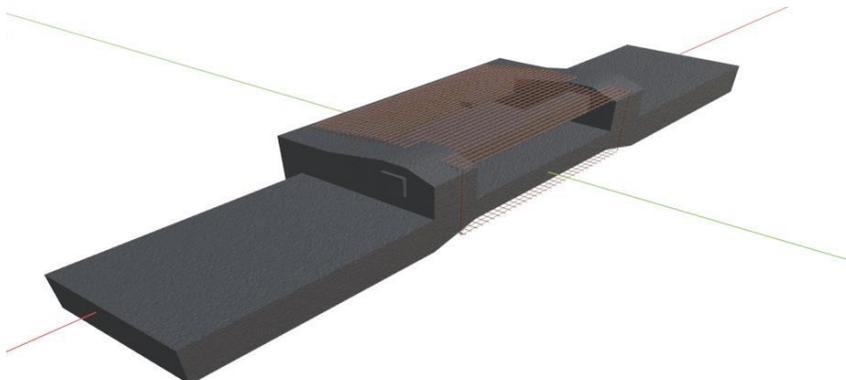


Рисунок 4. Корпус датчика с экранируемой сеткой, вшитой в корпус датчика.

Заключение

В ходе исследования был проведен анализ, рассмотрение методов для защиты системы контроля параметров контактной сети и моделирование схемы системы контроля, что позволило сделать следующие выводы:

- разработанные методы позволяют снизить уровни наведённого напряжения и уровень поля, воздействующего на систему контроля, что обеспечивает её надлежащую работу.
- созданные модели позволяют моделировать различные аварийные ситуации и предоставляет детальные данные о токах и напряжениях в различных участках системы. Это даёт возможность разработки иных систем контроля и учитывать их электромагнитную совместимость.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лобанов О.В. Определение критериев оценки качества токосъема на основе работы вагона испытания контактной сети/ ОБРАЗОВАНИЕ – НАУКА – ПРОИЗВОДСТВО: материалы III Всероссийской научно-практической конференции, 20 декабря 2019 г. Чита: ЗаБИЖТ ИрГУПС, 2019. С. 199 – 203.

2. Ступицкий В.П. Повышение достоверности диагностирования состояния несущего троса контактной сети / В. П. Ступицкий, И. А. Худоногов, В. А. Тихомиров, О. В. Лобанов// Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. –2020. – Т. 65 № 1. – С.136–143.

3. Ступицкий, В.П. Определение остаточной несущей способности металлических конструкций контактной сети / В. П. Ступицкий, И. А. Худоногов, В.А. Тихомиров, О.В. Лобанов. // Известия Транссиба /Омский гос. ун-т путей сообщения. – Омск. – 2019. – № 3 (39). – С. 88 – 99.

4. Ерохин Е.А. Устройство, эксплуатация и техническое обслуживание контактной сети и воздушных линий / Е.А. Ерохин. М.: УМЦ ЖДТ, 2007. 404 с.

5. Филиппов, Д. М. Проблемы диагностики параметров контактной сети / Д. М. Филиппов, В. П. Ступицкий, О. В. Лобанов // Молодая наука Сибири. – 2021. – № 2(12). – С. 125-131.

6. Лобанов, О. В. Система мониторинга работоспособности металлических опорных конструкций для скоростного и высокоскоростного движения электроподвижного состава / О. В. Лобанов // Инновационные производственные технологии и ресурсосберегающая энергетика: Материалы международной научно-практической конференции, Омск, 08–09 декабря 2021 года. – Омск: Омский государственный университет путей сообщения, 2021. – С. 245-250.

REFERENCES

1. Lobanov O. V. Opredeleniye kriteriyev otsenki kachestva tokos'yema na osnove raboty vagona ispytaniya kontaktnoy seti [Definition of evaluation criteria-quality current collection based on the work of the car testing contact network]. *OBRAZOVANIYE – NAUKA – PROIZVODSTVO: materialy III Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [EDUCATION – SCIENCE – PRODUCTION: proceedings III all-Russian scientific-practical conference], December 20, 2019 Chita: ZIRT ISTU, 2019. pp. 199 – 203.

2. Stupitskii V. P., Khudonogov I. A., Tikhomirov V. A., Lobanov O. V. Povyshenie dostovernosti diagnostirovaniya sostoyaniya nesushchego trosa kontaktnoi seti [Increase in reliability of diagnosing of the contact network bearer cable condition]. *Sovremennye tekhnologii. Sistemnyi analiz. Modelirovanie* [Modern Technologies. System Analysis. Modeling], 2020, Vol. 65, No. 1, pp. 136–143.

3. Stupitskiy V.P., Khudonogov I.A., Tikhomirov V.A., Lobanov O.V. Opredelenie ostatochnoy nesushchej sposobnosti metallicheskih konstrukcij kontaktnoj seti [Determination of residual bearing capacity of metal structures of the contact network]. *Izvestiya Transsiba [Journal of Transsib Railway Studies]*, 2019, No. 3 (39), pp. 88–99.

4. Erokhin E.A. Ustroystvo, ekspluatatsiya i tekhnicheskoye obsluzhivaniye kontaktnoj seti i vozdushnykh liniy [Device, operation and maintenance of the contact network and overhead lines] /. Moscow: UMTS ZHDT Publ., 2007. 404 p.

5. Filippov, D.M., Stupitskii V.P., Lobanov O.V. Problemy diagnostiki parametrov kontaktnoj seti [Problems of diagnostics of contact network parameters]. *Molodaya nauka Sibiri* [Young Science of Siberia]. 2021, no 2(12), pp. 125-131

6. Lobanov O.V. Sistema monitoringa rabotosposobnosti metallicheskih opornykh konstruksii dlya skorostnogo i vysokoskorostnogo dvizheniya elektropodvizhnogo sostava [System for monitoring the operability of metal support structures for high-speed and high-speed movement of electric rolling stock]. *Materialy mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Innovatsionnye proizvodstvennyye tekhnologii i resursosberegayushchaya energetika»* [Materials of the international scientific and practical conference «Innovative production technologies and resource-saving energy»]. Омск, 2021, pp. 245-250.

Информация об авторах

Лобанов Олег Викторович – аспирант кафедры «Электроэнергетика транспорта», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: oleg.6965@mail.ru

Ступицкий Валерий Петрович – к.т.н., доцент кафедры «Электроэнергетика транспорта», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, email: dokasvp@mail.ru

Information about the authors

Lobanov Oleg Viktorovich – postgraduate student of the department «Electrical Power Industry of Transport», Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: oleg.6965@mail.ru

Stupitskiy Valerii Petrovich – Ph. D. in Engineering, Associate Professor of the department «Electrical Power Industry of Transport», Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: dokasvp@mail.ru