

УДК 621.331

М.В. Кузин, В.А. Алексеенко, Р.С. Большаков

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

ОБЗОР СПОСОБОВ И СРЕДСТВ ПРОВЕДЕНИЯ УДАЛЁННОГО МОНИТОРИНГА КОНТАКТНОЙ СЕТИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Аннотация. Проведён сравнительный обзор способов оценки технического состояния контактной сети железнодорожного транспорта с целью контроля визуальных параметров. Рассматриваются вопросы важности непрерывного и качественного мониторинга объектов инфраструктуры железнодорожного транспорта. Приведены примеры использования различных систем мониторинга контактной сети. Рассмотрена реализация удаленного контроля за объектами железнодорожного транспорта при помощи технологий технического зрения с использованием средств беспилотных летательных аппаратов. Проанализированы достоинства и недостатки приведенных способов и средств.

Ключевые слова: системы мониторинга, контактная сеть, беспилотный летательный аппарат, квадрокоптеры, дроны, техническое зрение, развитие Восточного полигона.

M.V. Kuzin, V.A. Alekseenko, R.S. Bolshakov

Irkutsk state transport university, Irkutsk, the Russian Federation

REVIEW OF METHODS AND TOOLS FOR REMOTE MONITORING OF THE RAILWAY TRANSPORT CONTACT NETWORK

Abstract. A comparative review of methods for assessing the technical condition of the contact network of railway transport in order to control visual parameters has been carried out. The issues of the importance of continuous and high-quality monitoring of railway infrastructure facilities are considered. Examples of the use of various contact network monitoring systems are given. The implementation of remote control over railway transport objects using technical vision technologies using unmanned aerial vehicles is considered. The advantages and disadvantages of the above methods and means are analyzed.

Key words: monitoring systems, contact network, unmanned aerial vehicle, quadcopters, drones, technical vision, development of the Eastern test site.

Введение

Важными показателями, характеризующими эффективность железнодорожных перевозок, являются бесперебойность и безопасность движения. Первое реализуется с помощью увеличения скорости движения, внедрения современных систем интервального регулирования, модернизирования уже используемых устройств и т. д. Но в связи с применением всех вышеперечисленных способов повышения бесперебойности необходимо уделять большое внимание и безопасности движения. Одним из самых эффективных способов повышения этого показателя является качественный контроль состояния всех объектов инфраструктуры на железнодорожном транспорте [1 – 3].

Контроль за состоянием объектов инфраструктуры реализуется с помощью систем мониторинга. В состав этих систем входит большое количество разнообразных датчиков, в том числе вибрационных, датчиков скорости, а также видео-визуальный учёт изменения различных видимых параметров рассматриваемого объекта. На основании информации, полученной с этих датчиков, можно делать выводы по качеству работы тех или иных устройств и о состоянии объектов инфраструктуры железнодорожного транспорта [4, 5].

Для некоторых объектов установка диагностической аппаратуры в непосредственной близости является нецелесообразной. В качестве примера можно привести контактную сеть, которая имеет большую протяжённость и удаление от отдельных пунктов. В таком случае более эффективным способом мониторинга является удаленный мониторинг с применением беспилотных летательных аппаратов, которые могут безопасно и качественно осуществлять контроль за техническими объектами [6, 7].

В предлагаемой статье приведены примеры различных систем мониторинга, в частности, с использованием беспилотных летательных аппаратов, оснащённых техническим зрением, и приведена их сравнительная характеристика.

Общие положения

На сегодняшний день, эксплуатационная длина электрифицированных железных дорог в России составляет примерно половину длины всего полигона – свыше 41 тыс. км. (При длине полигона в 86 тыс. км). Учитывая пути станции и то, что большинство линий в России двухпутные, то полная длина контактной сети равна приблизительно 80 тыс. км. Это гораздо больше, чем в Германии – стране, обладающей наибольшей длиной электрифицированных линий. В России с помощью электрифицированных линий обеспечивается до 70% перевозок в России.

Контактная сеть – это часть электротяговой сети, состоящая из контактных подвесок с проводами или жестких рельсов вместе с расположенными вдоль электрифицированных путей опорно-поддерживающими, изолирующими, защитными, секционирующими и диагностическими устройствами и служащая для подвода электрической энергии к подвижному составу через непосредственные контакты с его токоприемниками.

Основные достоинства применения электрифицированных железных дорог:

- высокая пропускная и провозная способность;
- окупаемость капитальных затрат за 3-4 года;
- электротяга является очень экологичным методом перевозки. Это связано не только с сокращением выбросов самим транспортом, но и с тем, что часть электроэнергии выделяется с помощью ГЭС и АЭС, которые гораздо являются более безвредными для окружающей среды;

- снижение себестоимости перевозок на 30-40% за счет повышения производительности труда;

- повышение устойчивости работы железных дорог особенно в районах с тяжелыми климатическими условиями. Суммарное количество порч, сопровождаемое заходами электровозов на внеплановые ремонты, в 2—2,5 раза меньше, чем тепловозов;

- возможность применения рекуперативного торможения, которое позволяет вырабатывать и возвращать электроэнергию, а также оно обеспечивает повышение безопасности движения на горных участках;

- электрифицированные железные дороги повышают загрузку энергосистем (особенно в ночное время), создают условия для объединения отдельных энергосистем. При этом оказывается возможным закрыть местные нерентабельные электростанции;

Главным недостатком электрифицированных линий является то, что контактные сети не имеют резерва, а на их обслуживание приходится до 30-45% капиталовложений. Поэтому проблема диагностирования и прогнозирования отказов при обслуживании контактной сети имеет очень важную роль.

Также стоит отметить то, что работники, выполняющие техническое обслуживание контактной сети, постоянно подвергаются большой опасности из-за многих факторов: большие значения напряжений и токов, электромагнитное влияние, работа на большой высоте и т. д. Особенно сложно проводить такие работы в достаточном удалении от населенных пунктов, где рядом только сплошной лес и тайга, как в Сибири, что также влияет на безопасность сотрудников.

Для решения большого количества задач предлагается применять следующие:

- Комплексные системы мониторинга электрифицированных линий, позволяющие проводить сбор информации и анализировать состояние контактной сети для прогнозирования и качественного обслуживания устройств контактной сети;

- Беспилотные летательные аппараты. Дроны и квадрокоптеры, имеющие на борту датчики и камеры, помогут более качественно и безопасно проводить работы по осмотру

контактной сети. Для автоматизации этих процессов можно применять камеры, оборудованные машинным зрением.

Задачей исследования является анализ предлагаемых систем, на примере изобретений и полезных моделей, с целью обоснования их введения.

II. Системы мониторинга контактной сети

Использование комплексных систем мониторинга имеют гораздо большую эффективность перед отдельными устройствами. Связано это с тем, что такие системы могут собирать большое количество данных о состоянии контактной сети, передавать их на большое расстояние, например с помощью радиосвязи, или же сразу же анализировать информацию и информировать обслуживающий персонал о появлении неисправности или отклонении какого-либо параметра от нормы.

Известно изобретение № 2444449 «Способ и система диагностики и удаленного мониторинга контактной сети железной дороги» Непомнящего В.Г.

Способ диагностики и удаленного мониторинга контактной сети обеспечивает сбор и передачу информации о техническом состоянии элементов контактной сети посредством блоков сбора и передачи информации, а также последующий их анализ. Акустические и вибрационные характеристики, изменение магнитного поля и температуры элементов, полученные с помощью датчиков передаются на концентраторы информации.

Система диагностики и удаленного мониторинга (СДУМ) контактной сети железной дороги содержит блоки сбора и передачи информации, размещенные по всей длине контактной сети и состоящие из датчиков виброакустики и вибродиагностики, датчика магнитного поля и температуры, а также автономный источник питания, микропроцессорное устройство и устройство радиосвязи между блоком и концентратором информации СДУМ состояния элементов контактной сети [8].

К основным достоинствам данного способа и системы можно отнести следующее: позволяют выявлять следующее: обрыв несущего троса (одной или нескольких жил троса), обрыв контактного провода; изменение величины натяжения несущего троса и/или контактного провода при нарушении нормальной работы компенсирующих устройств или падения посторонних предметов на трос и/или контактный провод; контроль целостности элементов грузокомпенсации; перемещение грузов под воздействием температур; выскальзывание контактного провода из зажимов; контроль обрыва одной или более жил несущего провода; возникновение резонансных колебаний в элементах контактной сети; позволяют осуществлять безопасное высокоскоростное движение по фактической погоде (при сильном ветре, обледенении); снижение расходов на эксплуатацию контактной сети железной дороги за счет своевременного обнаружения предаварийных и аварийных ситуаций и возможности принятия превентивных ремонтных мероприятий; непрерывный во времени автоматизированный контроль состояния элементов контактной сети.

Но в то же время предложенные способ и система имеют ряд недостатков: наличие источников питания, требующих обслуживания (замены); ограничение по стойкости к внешним воздействующим факторам (отрицательные температуры эксплуатации); ложность блока сбора и передачи информации и его высокая стоимость; высокая трудоемкость применения в условиях железнодорожного транспорта; отсутствие контроля натяжения контактного провода.

На сегодняшний день, все системы мониторинга контактной сети производят контроль состояния с помощью датчиков, находящихся в непосредственной близости с устройствами контактной сети. А так как линии проходят на большой высоте, начинают возникать трудности в обслуживании уже самой аппаратуры контроля.

Также стоит отметить то, что для установки датчиков нужно иметь какой-либо строгие требования к установке. Потому что установка датчиков на всей протяженности контактной сети будет дорогостоящей и нецелесообразной.

I

Мониторинг объектов крепящихся к контактам контактной сети с помощью БПЛА которые возникают в ходе мониторинга. Во-первых, с помощью дронов можно подниматься на большую высоту, без вреда для здоровья человека, а с последующей модернизацией беспилотных летательных аппаратов, все осмотры технических объектов можно производить из единого поста управления. Во-вторых, одним дроном можно проводить мониторинг большого количества объектов. В-третьих, стоимость одного БПЛА с набором датчиков, гораздо ниже, чем большое количество блоков для различных систем. В-четвертых, дроны можно оснащать креплениями для съемных датчиков и камер, что в свою очередь расширит функциональные возможности одного аппарата.

Известна полезная модель № 210640 «Устройство для дистанционного магнитного сканирования провода или грозотроса ВЛ» Лебедева Ф. С.

Устройство для дистанционного магнитного сканирования металлического каната, включающее в себя беспилотный летательный аппарат, снабженный роликами для передвижения по канату и контактному тоннелю, в котором установлена магнитная головка, также снабженная роликами для передвижения по сканируемому канату и включающая в себя стальной магнитопровод с расположенными на его концах магнитами, обращенными к каналу для прохождения каната. Внутри магнитной головки расположены магниточувствительные датчики Холла, подключенные к расположенному в контактном тоннеле блоку управления, отличающийся тем, что внутри магнитной головки расположены концентраторы магнитного поля, обеспечивающие прохождение силовых линий магнитного поля по траектории, пронизывающей датчики Холла. На беспилотном летательном аппарате установлен подключенный к датчикам Холла блок управления, предназначенный для сбора и обработки данных с датчиков и неподвижно закрепленный на магнитной головке, которая в свою очередь установлена в контактном тоннеле на подвижном подпружиненном подвесе. Блок управления выполнен с возможностью передачи результатов произведенных вычислений на бортовой компьютер беспилотного летательного аппарата, к которому подсоединен GPS-приемник для определения координат беспилотного летательного аппарата и его положения на канате. При этом для корректировки температурной зависимости выходного напряжения датчиков Холла от напряженности магнитного поля внутри магнитной головки установлен датчик температуры [9].

Основные достоинства данного устройства:

применение БПЛА, о достоинствах которого было написано выше;
повышенная точность сканирования за счет применения магнитного метода неразрушающего контроля;
возможность передачи результатов произведенных вычислений на бортовой компьютер.

Заключение

Таким образом, системы удалённого мониторинга объектов инфраструктуры железнодорожного транспорта достаточно разнообразны как по используемым техническим средствам, так и по принципу сбора информационных данных. Также можно отметить повсеместное использование в качестве основного инструмента анализа технического состояния различных инфраструктурных объектов беспилотных летательных аппаратов. В этом случае параллельно применяются различные системы датчиков, учитывающих основных параметры технических объектов.

Вместе с тем, необходимо отметить, что для успешного применения совокупных мониторинговых систем, состоящих из беспилотных летательных аппаратов и датчиков,

необходимы «дроны», способные нести достаточную нагрузку, что провоцирует увеличение их стоимости. Такой подход не всегда оправдан, в связи с чем целесообразным выглядит применение совместно с беспилотными летательными аппаратами технологий технического зрения, что позволит оценивать состояние объектов инфраструктуры при адекватных затратах на необходимое оборудование.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Белоногов, А. С. Мониторинг состояния объектов инфраструктуры железнодорожного транспорта на основе технологии FUSN / А. С. Белоногов, Н. С. Шорохов // Инфокоммуникационные технологии. – 2021. – Т. 19. – № 1. – С. 40-46. – DOI 10.18469/ikt.2021.19.1.05.

Алексеев, В. А. Применение статистических методов для анализа повреждаемости устройств электроснабжения железных дорог / В. А. Алексеев, А. В. Крюков // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2011. – № 1(29). – С. 101-105.

Крюков, А. В. Повышение эффективности оперативного управления в системах тягового электроснабжения / А. В. Крюков, В. А. Алексеев // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2011. – № 4(32). – С. 158-162.

Сепетый, А. А. Мониторинг объектов инфраструктуры в СТДМ АДК-СЦБ / А. А. Сепетый, И. А. Фарапонов, А. А. Карпов // Автоматика, связь, информатика. – 2014. – № 12. – С. 33-35.

Русанов, Ю. А. Мониторинг протяженных объектов транспортной инфраструктуры. Неэлектрические решения / Ю. А. Русанов // Мониторинг. Наука и безопасность. – 2011. – № 1. – С. 62-73.

Лебедин, А. П. Мониторинг технического состояния объектов военной инфраструктуры как способ оценки их технического состояния / А. П. Лебедин, Е. О. Добрышкин, С. А. Баранов // Вестник Военной академии материально-технического обеспечения им. генерала армии А.В.Хрулева. – 2018. – № 4(16). – С. 131-137.

Гура, Д. А. Мониторинг объектов транспортной инфраструктуры с применением сканирующих технологий / Д. А. Гура, И. Г. Марковский, К. В. Баранова // Электронный сетевой политематический журнал "Научные труды КубГТУ". – 2020. – № 8. – С. 960-973.

патент № 2444449 Российская Федерация, МПК В60М 1/12. Способ и система диагностики и удаленного мониторинга контактной сети железной дороги: № 2010137656/11, 07.09.2010: заявл. Соколов В.А., Соколов В.Б., Долинский К.Ю.

патент № 210640 С1 Российская Федерация, МПК G01N 27/82, В64С 39/02. Устройство для дистанционного магнитного сканирования провода или грозотроса ВЛ : № 2021139479,

REFERENCES

1. Belonogov, A. S. Monitoring of the state of railway infrastructure facilities based on FUSN technology / A. S. Belonogov, N. S. Shorokhov // Infocommunication technologies. - 2021. - T. 19. - No. 1. - P. 40-46. – DOI 10.18469/ikt.2021.19.1.05.

2. Alekseenko, V. A., Kryukov, A. V. Application of statistical methods for the analysis of damage to railway power supply devices / V. A. Alekseenko, A. V. Kryukov. System analysis. Modeling. - 2011. - No. 1 (29). - S. 101-105.

3. Kryukov, A. V. Improving the efficiency of operational management in traction power supply systems / A. V. Kryukov, V. A. Alekseenko // Modern technologies. System analysis. Modeling. - 2011. - No. 4 (32). - S. 158-162.

4. Sepety, A. A. Monitoring of infrastructure objects in STDM ADK-STsB / A. A. Sepety, I. A. Faraponov, A. A. Karpov // Automation, communication, informatics. - 2014. - No. 12. - P. 33-35.

5. Rusanov, Yu. A. Monitoring of extended objects of transport infrastructure. Non-electric solutions / Yu. A. Rusanov // Monitoring. Science and security. - 2011. - No. 1. - S. 62-73.

6. Lebedkin, A.P. Monitoring the technical condition of military infrastructure facilities as a way to assess their technical condition / A.P. Lebedkin, E.O. Dobryshkin, S.A. Baranov // Bulletin of the Military Academy of Logistics. Army General A.V. Khrulev. - 2018. - No. 4 (16). - S. 131-137.

7. Gura, D. A. Monitoring of transport infrastructure objects using scanning technologies /

D. A. Gura, I. G. Markovsky, K. V. Baranova // Electronic network polythematic journal "Scientific works of KubGTU". - 2020. - No. 8. - P. 960-973.

8. Patent №. 2444449 Russian Federation, IPC B60M 1/12. Method and system for diagnostics and remote monitoring of the railway contact network: No. 2010137656/11, 09/07/2010: Appl. 09/07/2010: publ. 03/10/2012 / Nepomnyashchy V.G., Osadchiy G.S., Pristensky D.N., Lykov A.A., Sokolov V.A., Sokolov V.B., Dolinsky K.Yu.

9. Patent №. 210640 C1 Russian Federation, IPC G01N 27/82, B64C 39/02. Device for remote magnetic scanning of a wire or ground wire VL: No. 2021139479, 12/29/2021: Appl. 12/29/2021: publ. 25.04.2022 / Lebedev F.S., Smirnov M.N., Startsev V.S.

Информация об авторах

Кузин Максим Витальевич – студент 4 курса, специальность – Системы обеспечения движения поездов, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: kuzinmv2000@outlook.com

Алексеев Владимир Александрович – к.т.н., доцент кафедры «Автоматика, телемеханика и связь», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: bezvoprosov03@mail.ru

Большаков Роман Сергеевич – к.т.н., доцент кафедры «Управление эксплуатационной работой», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: Bolshakov_rs@mail.ru

Information about the authors

Kuzin Maksim Vitalievich – 4th year student, Train traffic systems, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: kuzinmv2000@outlook.com

Alekseenko Vladimir Aleksandrovich – candidate of technical Sciences, associate Professor of the Department «Automation, telemechanics and communications», Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: bezvoprosov03@mail.ru

Bolshakov Roman Sergeevich – candidate of technical Sciences, associate Professor of the Department "operational work Management", Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: Bolshakov_rs@mail.ru