



Пересчитаем матрицы A , B , C и решим заново задачу линейного программирования. Матрица C трансформируется удалением (суб)оптимальных маршрутов, содержащих удалённые рёбра. Алгоритм повторяем циклически до завершения перевозки всего груза в пункты назначения.

Пример приложения алгоритма – оптимизация компоновки железнодорожных составов. Она характерна невозможностью обеспечить оптимальную компоновку составов объединением вагонов с одинаковыми пунктами отправления и назначения. Это влечёт необходимость поиска решения на множестве не только оптимальных, но и субоптимальных маршрутов.

Литература

1. Котенко А.П. Матричный алгоритм Беллмана–Мура / А.П. Котенко // Управление организационно-экономическими системами: моделирование взаимодействий, принятие решений. – Самара: Самарский национальный исследовательский университет, 2013. – т.10. – С.33–37.
2. Докучаев А.В. Свойства графов задач сетевого планирования и управления / А.В. Докучаев, А.П. Котенко // Вестник СамГТУ. Серия: Физико-математические науки. – Самара: Самарский государственный технический университет, 2010. – №5(21). – С.204–211.

А.Г. Исайчева, В.Б. Тепляков, Д.А. Шашин, И.С. Яшин, М.В. Башаркин

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДА МОНИТОРИНГА АСИММЕТРИИ ТЯГОВОГО ТОКА

(Самарский государственный университет путей сообщения)

На электрифицированных участках железных дорог существуют проблемы, влияющие на безотказную работу рельсовых цепей. Одной из таких проблем является асимметрия тягового тока, протекающего в тяговой рельсовой сети, которая возникает из-за неравенства токов в рельсовых нитях [1-3].

В соответствии со стратегией развития ОАО «РЖД» на период до 2030 года одними из основных задач развития перевозочного и логистического бизнеса холдинга являются повышение конкурентоспособности на рынке грузовых перевозок, а также увеличение транзитных перевозок грузов в 2-3 раза. Для достижения поставленных целей необходимо увеличивать длину и массу поездов, что в свою очередь приводит к повышению тяговых токов. Пропуск тяжеловесных поездов требует соответствующей инфраструктуры в области автоматики и телемеханики. Повышенные токи при нарушении содержания тяговой рельсовой сети приводят не только к отказам РЦ, но и к разрушительным последствиям (рис. 1).

В связи с этим необходимо снизить инфраструктурные ограничения для роста объемов и качества перевозок. Для решения этой задачи необходимо анализировать параметры тягового тока.

В СамГУПС апробировано информационно-измерительно устройство (УМ-ТТ), позволяющее производить мониторинг асимметрии и величины тягового тока, протекающего в рельсовых нитях [4, 5].



Рис. 1. Последствия воздействия
повышенных токов на тяговую рельсовую сеть

Исследования проводились на участках Куйбышевской железной дороги - филиал ОАО «РЖД» с электротягой постоянного тока.

Авторами проведены опытные напольные измерения тяговых токов в рельсовых нитях на участках железных дорог переменного тока. УМ-ТТ дополнено соответствующими элементами (рис. 2), с доработкой программного обеспечения (рис. 3). УМ-ТТ 2 позволяет обрабатывать результаты измерений как при электротяге переменного, так и постоянного тока, выводить на монитор экрана величину асимметрии превышающую нормативную.

В комплект УМ-ТТ 2 входят датчики тока, которые представляют собой прецизионные интегральные преобразователи НОР-500 SB/SP1 с коэффициентом преобразования $K_n = 8 \text{ мВ/А}$ и прямолинейной зависимостью величины напряжения от тока, позволяющие проводить измерение тока величиной до 500 А. Датчики тока устанавливаются на дроссельные перемычки дроссель-трансформатора. При измерении на участках с электротягой переменного тока с выхода преобразователей НОР-500 SB/SP1 выходит сигнал переменного напряжения $\pm 4 \text{ В}$, который поступает на выпрямительное устройство, выполненное на микросхемах TL072. Преимущество выпрямителей на микросхемах в сравнении с диодами заключается в высоком КПД, благодаря чему уровень сигнала имеет минимальные потери, которые программно учтены в микроконтроллере Arduino UNO, при измерении на участках с электротягой постоянного тока необходимо подключить разъемы виброустойчивых контактов минуя выпрямительное устройство. Далее сигнал с выхода выпрямителя поступает в микроконтроллер Arduino UNO, после чего с помощью беспроводной сети Wi-Fi по протоколу TCP/IP информация поступает в ноутбук (обеспечивается посредством платы NodeMCU V3).



Поступившая информация обрабатывается в программе, разработанной в среде разработки LabVIEW. При этом на мониторе строятся графики зависимости величины тока от времени в реальном времени, выводятся величины токов (рис. 4, 5), протекающих в перемычках дроссель-трансформатора, а также величина коэффициента асимметрии.

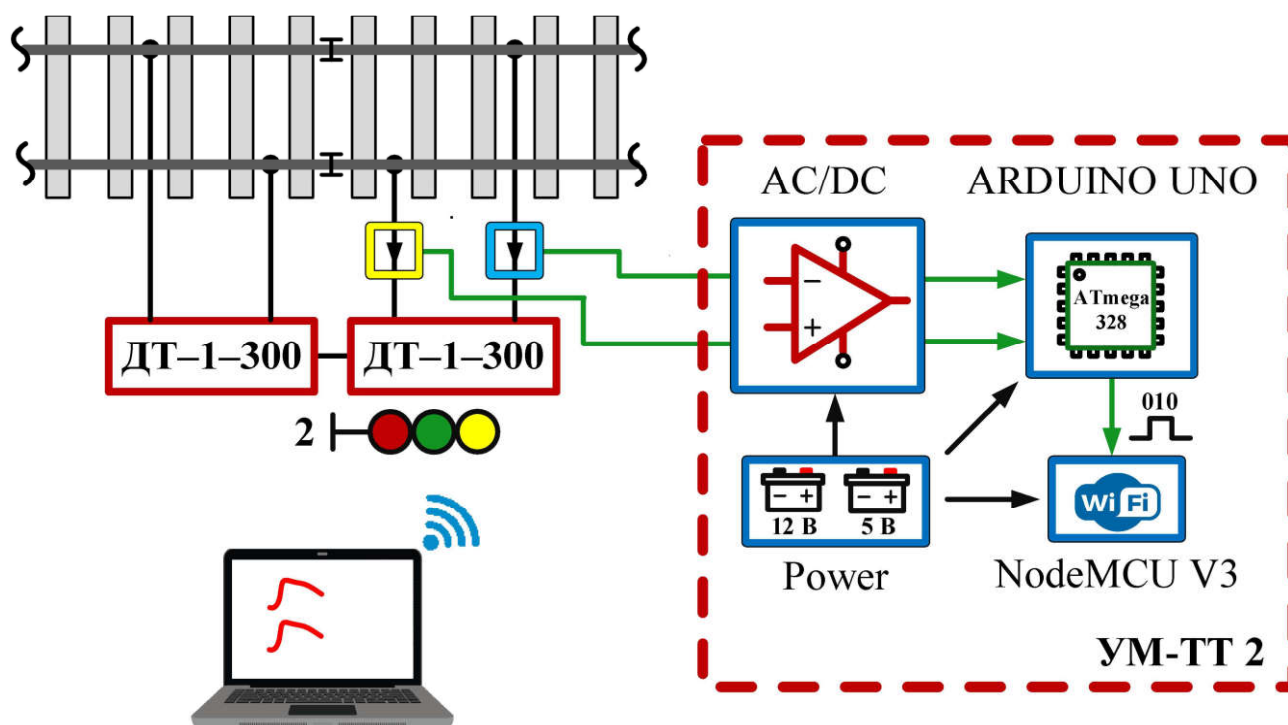


Рис. 2. Функциональная схема устройства УМ-ТТ 2: AC/DC - выпрямитель на усилителях TL 072; ARDUINO UNO - микроконтроллер на ATmega328; NodeMCU V3 - модуль Wi-Fi; Power - источник питания; D_1, D_2 - датчики тока НОР-500 SB/SP; $\sim U_1, \sim U_2$ - переменное напряжение с выхода датчиков; $=U_{\text{ВЫХ.1}}, =U_{\text{ВЫХ.2}}$ - постоянное напряжение с выхода выпрямителя

Интерфейс программы предусматривает индикатор асимметрии, изменяющий цвет при превышении коэффициента асимметрии более 4 % при электротяге переменного тока, и более 6 % при электротяге постоянного тока (система электротяги выбирается с помощью переключателя в интерфейсе программы). При нажатии кнопки СТОП процесс измерения останавливается и сохраняется отчет в файл Microsoft Excel, где происходит дальнейшая обработка информации.

Устройство как метод оперативной диагностики позволяет оценить состояние рельсовой линии и величину асимметрии тяговых токов во времени.

Влияние асимметрии обратного тягового тока на работоспособность аппаратуры РЦ снижается путем поддержания в исправном состоянии сборных токопроводящих рельсовых стыков и рельсовых соединителей [6] или путем замены дроссель-трансформаторов. Беспроводная сеть передачи данных



позволяет повысить безопасность и удобство измерения благодаря возможности находиться на расстоянии от железнодорожных путей, а также является экономически эффективнее применения кабельных сетей.

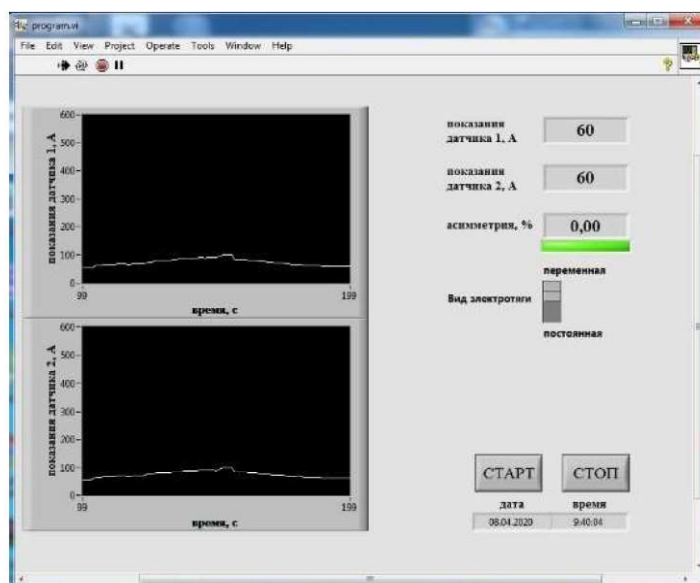


Рис. 3. Интерфейс программы



Рис. 4. Апробация устройства

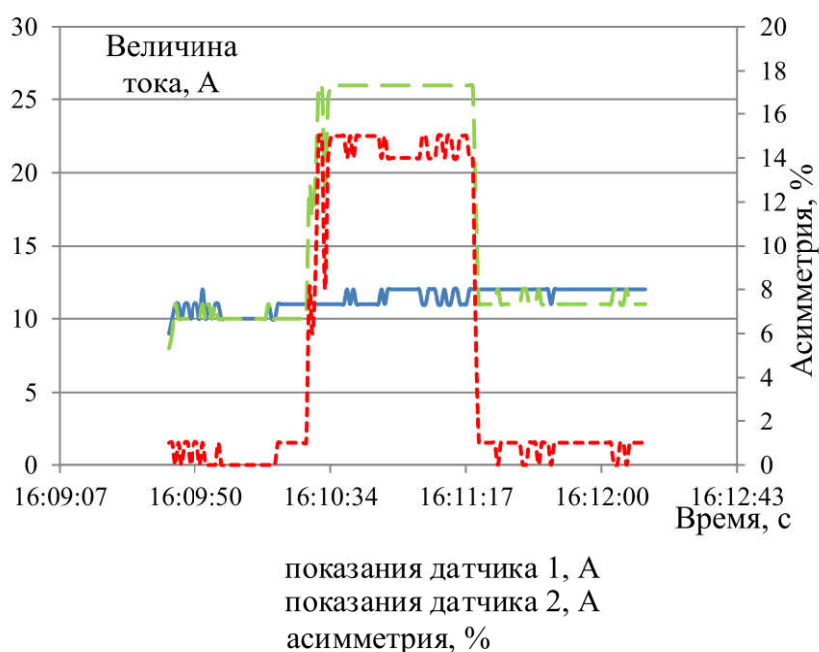


Рис. 5. Графики измерения тяговых токов и выявление асимметрии, превышающей 4%

Устройство возможно использовать не только как мобильную систему диагностики и мониторинга автономной работы до 24-х часов, но и как стационарную, при этом необходимо обеспечить бесперебойное питание датчиков двухполярным напряжением со средней точкой ± 12 В и плат микроконтроллеров неполярным напряжением 12 В.



Литература

1. Кириленко А.Г., Кузнецов Ю.В., Фоминов Д.А. Исследование работы рельсовых цепей на участках с тяжеловесным движением // Автоматика, связь, информатика. 2012. № 10. С. 14 – 17.
2. Шаманов В.И. Динамика асимметрии переменного тягового тока в рельсовых линиях на двухпутных перегонах / Шаманов В.И. // Электротехника. 2016. №10. С. 74 – 79.
3. Бушуев А.В. Рельсовые цепи: теоретические основы и эксплуатация : монография / А.В. Бушуев, В.И. Бушуев, С.В. Бушуев. – Екатеринбург : Изд-во УрГУПС, 2014. – 311 с.
4. Исайчева А.Г. К вопросу мониторинга асимметрии тягового тока / А.Г. Исайчева, В.Г. Волик, М.В. Башаркин И.С. Яшин, А.С. Белоногов // Наука и образование транспорту : материалы XII Международной научно-практической конференции (2019, Самара). Международная научно-практическая конференция «Наука и образование транспорту», 2019 г. Том 1 / редкол.: И. К. Андрончев [и др.] – Самара : СамГУПС, 2019. С. 324 – 326.
5. Исайчева А.Г. Применение информационно-измерительного устройства мониторинга асимметрии тягового тока в рельсовой линии / А.Г. Исайчева, В. Б. Тепляков, М. В. Башаркин, Л. В. Корытин // Вестник транспорта Поволжья. 2019. - № 5 (77). С. 71 – 77.
6. Андрончев И.К. Влияние неисправного состояния сборных токопроводящих стыков на работу рельсовых цепей / И. К. Андрончев, Е. М. Тарасов, А. Г. Исайчева, В. Б. Тепляков, А. А. Булатов // Вестник транспорта Поволжья. 2018. - № 6 (72). С. 40 – 45.

Д.С. Климова

ПРИМЕНЕНИЕ АЛГОРИТМА RANDOM FOREST В ПРОГНОЗИРОВАНИИ ДОРОЖНОГО ТРАФИКА НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА САМАРА

(Самарский университет)

Предоставление информации о загруженности автобусной сети играет важную роль в процессе повышения эффективности системы общественного транспорта и является одной из приоритетных задач в изучении управления пассажирским автотранспортом.

Большинство муниципальных и коммерческих автобусов оснащены системой GPS, что позволяет в режиме реального времени собирать и сохранять данные о времени и местонахождении транспортного средства на маршрутной линии. Эти данные отражают структуру трафика пассажирских перевозок и могут использоваться для различного рода прогностических исследований.