Проведенные испытания показали, что система работает устойчиво, а задержка реакции составляет менее 50 мс. Механическая модель плавно повторяет движения пользователя, реализованные алгоритмы фильтрации эффективно устраняют дрожание и обеспечивают стабильность.

Литература

1. Google AI. MediaPipe Face Landmarker // Google Developers. – URL: https://developers.google.com/mediapipe (date of access: 05.03.2026).
2. Официальная документация Arduino // Arduino.cc. URL: https://www.arduino.cc/ (дата обращения: 22.03.2026).
3. NXP Semiconductors. PCA9685 – 16-Channel PWM Driver Datasheet // NXP.com. – URL: https://www.nxp.com/ (date of access: 27.03.2026).
4. PySerial. Python Serial Port Extension Documentation [Электронный ресурс].

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ НАГРУЗОЧНЫХ ИСПЫТАНИЙ ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРНЫХ УСТАНОВОК ТЕПЛОВОЗА

Яо Бинь

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь, Шаньдунский технологический институт Хуаюй, г. Дэчжоу, Китайская Народная Республика

Научный руководитель М. Н. Погуляев

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Рассмотрена проблема высоких энергетических затрат при проведении нагрузочных испытаний дизель-генераторных установок тепловозов. Традиционные методы испытаний сопровождаются значительным рассеянием электрической энергии в виде тепла на нагрузочных реостатах, что снижает общую энергоэффективность испытательного процесса. Предложено энергосберегающее устройство, обеспечивающее рациональное использование вырабатываемой электроэнергии в ходе испытаний. Конструктивное решение основано на преобразовании и перераспределении электрической мощности с возможностью ее полезного использования во внутренних технологических цепях предприятия либо возврата в сеть. Проведен анализ принципа действия устройства, определены его основные функциональные узлы и оценен ожидаемый экономический эффект от внедрения. Результаты исследования показывают, что применение предлагаемого устройства позволяет сократить непроизводительные потери энергии, повысить энергетическую эффективность испытаний и снизить эксплуатационные затраты локомотивного хозяйства.

Ключевые слова: тепловоз, дизель-генераторная установка, нагрузочные испытания, энергосбережение, электрическая нагрузка, реостат, преобразователь энергии.

Дизель-генераторные установки (ДГУ) локомотивов являются основным источником энергии, от их надежности зависит безопасность и эффективность движения поездов.

Нагрузочные испытания дизель-генераторных установок тепловозов являются важным этапом технического обслуживания, ремонта и послеремонтной диагностики тягового подвижного состава. Их проведение позволяет оценить работоспособность си-

ловой установки, проверить стабильность выходных параметров генератора, а также определить соответствие фактических характеристик нормативным требованиям.

Несмотря на техническую необходимость таких испытаний, традиционные методы их проведения характеризуются низкой энергетической эффективностью. В большинстве случаев электрическая энергия, вырабатываемая генератором в процессе испытаний, передается на балластную нагрузку и преобразуется в тепловую энергию в нагрузочных реостатах [1]. Данная энергия не используется повторно, что приводит к дополнительным затратам и снижает общую эффективность эксплуатации испытательного оборудования.

В современных условиях повышения требований к энергосбережению и рациональному использованию ресурсов актуальной задачей является разработка технических решений, позволяющих использовать вырабатываемую при испытаниях энергию с минимальными потерями.

Целью работы является разработка и обоснование применения энергосберегающего устройства для нагрузочных испытаний дизель-генераторной установки тепловоза, обеспечивающего снижение потерь электрической энергии и повышение энергетической эффективности испытательного процесса.

В работе использованы методы технического анализа, структурно-функционального моделирования, инженерной оценки энергетических потерь и сравнительного анализа традиционной и усовершенствованной схем испытаний [2].

Предлагаемое энергосберегающее устройство включает следующие основные элементы: блок подключения к выходным цепям дизель-генераторной установки; систему регулирования испытательной нагрузки; блок контроля и измерения электрических параметров; узел передачи энергии на полезную нагрузку либо в сеть предприятия (рис. 1).

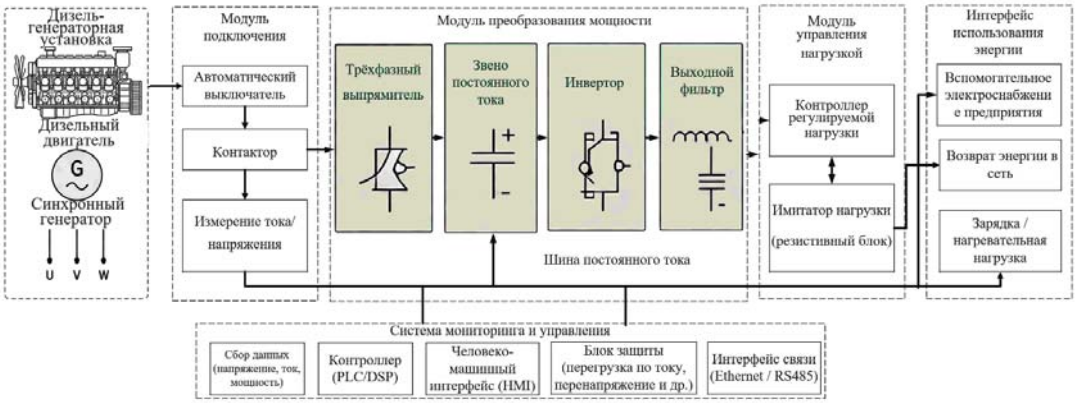


Рис. 1. Структурная схема энергосберегающего устройства

Принцип работы устройства заключается в следующем. В процессе испытаний электрическая энергия, вырабатываемая дизель-генераторной установкой тепловоза, направляется не только на моделирование требуемой испытательной нагрузки, но и на полезное использование. В зависимости от технических условий предприятия эта энергия может быть использована для питания вспомогательных потребителей, систем нагрева, зарядных установок, осветительных и технологических сетей либо возвращена в локальную электрическую сеть через согласующее преобразовательное оборудование.

Коэффициент полезного использования вырабатываемой энергии может быть определен по формуле

$$\eta = \frac{W_{\text{полез}}}{W_{\text{общ}}} 100\ \%,$$

где $W_{\text{полез}}$ – полезно использованная энергия, кВт · ч; $W_{\text{общ}}$ – общая энергия, выработанная дизель-генераторной установкой в процессе испытаний, кВт · ч.

При традиционной схеме испытаний величина $W_{\text{полез}}$ близка к нулю, так как почти вся выработанная энергия расходуется на нагрев нагрузочных элементов. При использовании предлагаемого устройства значительная часть этой энергии может быть возвращена в полезный оборот.

Для оценки возможного энергетического эффекта рассмотрим следующий пример. Предположим, что в ходе нагрузочного испытания дизель-генераторная установка тепловоза работает с активной мощностью 300 кВт в течение 2 ч. Тогда общее количество выработанной энергии составит

$$W = Pt = 300 \cdot 2 = 600\ \text{кВт} \cdot \text{ч}.$$

При традиционной схеме проведения испытаний практически вся эта энергия теряется в виде тепла. Если принять, что предлагаемое энергосберегающее устройство обеспечивает полезное использование 65 % вырабатываемой энергии, то

$$W_{\text{полез}} = 600 \cdot 0{,}65 = 390\ \text{кВт} \cdot \text{ч}.$$

Следовательно, потенциальная экономия электроэнергии за одно испытание составит 390 кВт · ч. Если в течение года на предприятии выполняется, например, 120 аналогичных испытаний, то суммарный годовой энергетический эффект может достигать

$$W_{\text{общ}} = 390 \cdot 120 = 46800\ \text{кВт} \cdot \text{ч}.$$

Полученные расчеты подтверждают, что внедрение энергосберегающего устройства является особенно целесообразным на локомотиворемонтных и сервисных предприятиях с регулярным проведением нагрузочных испытаний.

Таким образом, предлагаемое устройство не только обеспечивает выполнение необходимых диагностических и контрольных операций, но и позволяет повысить ресурсную и экономическую эффективность всего процесса испытаний.

В результате проведенного исследования установлено, что традиционная схема нагрузочных испытаний дизель-генераторной установки тепловоза сопровождается значительными непроизводительными потерями электрической энергии. Разработанное энергосберегающее устройство позволяет частично использовать вырабатываемую энергию в полезных целях, тем самым повышая общую энергетическую эффективность испытательного процесса.

Применение данного решения способствует снижению эксплуатационных затрат, уменьшению тепловой нагрузки на испытательный участок и более рациональному использованию энергетических ресурсов локомотивного хозяйства. Перспективным направлением дальнейших исследований является разработка опытного образца устройства и проведение его экспериментальной апробации в условиях локомотивного депо.

Литература

1. Погуляев, М. Н. Энергосберегающее устройство нагружения резервных электрогенераторов на основе статических преобразователей / М. Н. Погуляев // Вестник Гомельмкого государственного технического университета имени П. О. Сухого. – 2022. – № 3 (90). – С. 96–103.
2. Обзор современных проблем и перспективных технологий повышения энергоэффективности, безопасности и устойчивости железнодорожного транспорта / З. И. Кляич, Д. М. Павкович, М. А. Ципек, М. К. Никшич // Future Internet. – 2023. – Т. 15. – С. 347.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ДВУХ НЕКОГЕРЕНТНЫХ ПУЧКОВ В НЕЛИНЕЙНЫХ СРЕДАХ

И. С. Шашок

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель П. С. Шаповалов

Рассмотрена задача вывода нелинейной системы уравнений Шредингера для описания взаимодействия двух некогерентных пучков в среде с керровской нелинейностью в пренебрежении интерференции между ними.

Ключевые слова: керровская нелинейность, нелинейное взаимодействие, некогерентные пучки, нелинейная фокусировка.

В последнее время развитие электроники требует создания электронных устройств на базе оптических элементов, которые обладают значительным быстродействием и большой пропускной способностью. Уже подавляющий объем информации передается с помощью различных типов световодов. Обработка информации также производится с помощью оптоэлектронных устройств, например, акустооптических преобразователей. Также широко исследуется применение нелинейных оптических явлений в оптоэлектронных устройствах. Наиболее перспективными являются устройства на основе керровской нелинейности. В таких средах показатель преломления среды (n) зависит от интенсивности света [1]:

$$n = n_0(1+\beta I)\,. \qquad (1)$$

Здесь n_0 – линейная часть показателя преломления; β – коэффициент нелинейности; I – интенсивность света. Подробно исследовано распространение круговых лазерных пучков в таких средах. Также подробно исследовано распространение эллиптических и вращающихся эллиптических пучков в нелинейных средах типа (1). Но остается не исследованным распространение в нелинейных средах двух световых пучков.

Теоретическое исследование явлений предполагает решение дифференциальных уравнений. Решение можно произвести аналитически, т. е. найти решение в виде аналитической функции. Это позволяет подробно исследовать поведение световых пучков в нелинейной среде, найти критическую мощность самофокусировки, ее зависимость от начальных параметров пучка, а также изменение формы световых пучков при распространении в нелинейной среде. Численное решение можно произвести в сложных случаях, когда аналитические методы нельзя применить. Но численные решения обладают существенным недостатком: они позволяют найти поведение в частном случаи, но они не обладают свойством общности. Для нелинейных явлений аналитические методы в массе своей – приближенные, и численные методы позволяют контролировать точность аналитических исследований.