



Рисунок 1 – Автоматический пуск с ограничением по току и применяемое оборудование

Предлагаемая модернизация РУТ – замена устаревшего электромеханического реле Р-52Б на современный электронный аналог (электронный модуль ускорения и торможения). Данный модуль выпускается на различных предприятиях России и Украины. Данное реле предназначено для установки на вагоны моделей 81-717 и 81-714. Имеет простую светодиодную индикацию состояния и не требует специального оборудования для его обслуживания и ремонта. Данное реле выполняет также функцию реле перегрузки, установленные на вагоне: при увеличении тока в одной цепи тяговых электродвигателей или при резком его уменьшении данное реле срабатывает гораздо быстрее электромеханического реле перегрузки.

Таким образом, как показали тяговые расчеты, проведенные на участке «Уручье – Институт культуры» «Московской» линии Минского метрополитена, показали, что с учетом суточной неравномерности пассажиропотока (а значит, и загрузки составов) установка электронного модуля ускорения и торможения на вагоны метрополитена взамен электромеханического реле типа Р-52Б позволяет экономить 0,99 % электроэнергии на тягу поездов.

#### Список литературы

1 Плакс, А. В. Системы управления электрическим подвижным составом : учеб. для вузов ж.-д. трансп. / А. В. Плакс – М. : Учеб.-метод. центр по образованию на ж.-д. трансп.; Маршрут, 2005. – 358 с.

УДК 629.4.015

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОПЫТНОГО ОБРАЗЦА ГИДРАВЛИЧЕСКОГО АМОРТИЗАТОРА ПАССАЖИРСКОГО ВАГОНА

*В. Н. ИЩЕНКО, Ю. В. ЩЕРБИНА*

*Государственный университет инфраструктуры и технологий, г. Киев, Украина*

Анализ работы существующей конструкции гидравлического гасителя колебаний пассажирского вагона типа НЦ-1100 свидетельствует о существенных недостатках конструктивного исполнения его отдельных узлов и элементов. Поиск технических решений, направленных на улучшение работоспособности и повышение надежности гидравлического амортизатора в межремонтный период служит важной задачей обеспечения стабильной работы всей динамической системы вагона. Одним из предложенных решений по повышению эффективности работы и устранению конструктивных недостатков гидроамортизатора типа НЦ-1100 является проект комплексной модернизации гидравлического аппарата.

Разработанный опытный образец гидравлического гасителя колебаний усовершенствованной конструкции успешно прошел опытные стендовые испытания на стендовом оборудовании типа СВД11-

0,047 в условиях вагонного депо Киев-Пассажирский (ВЧД-1). Регистрация показаний параметров вязкого сопротивления выполнялась в соответствии с положениями программы и методики проведения испытаний ПМ.ДУИТ 002-2018 с записью рабочих диаграмм и занесением показаний исследуемых параметров в протокол проведения испытаний. По результатам проведенных испытаний гидравлических гасителей колебаний пассажирских вагонов измененной конструкции установлено, что параметры вязкого сопротивления превышают установленные нормативные значения на ходе сжатия практически на 98 % при минимально допустимом значении 80 кН·с/м, и практически на 17 % – на ходе растяжения, при максимально допустимом значении параметра сопротивления 130 кН·с/м.

Энергетическая эффективность работы гидравлического гасителя колебаний определяется площадью его рабочей диаграммы и может быть определена методом непосредственного интегрирования замкнутого контура. Среди наиболее распространенных методов численного интегрирования особенное внимание уделено классу расчетного метода – кусочно-линейной аппроксимации. Постановкой задачи является определение функции  $F(x)$  на интервале  $[a, b]$ , где заданы точки массива  $x_i, i = 0, 1, \dots, N; a \leq x_i \leq b$ , которая проходит через узлы интерполяции и будет принимать значения неизвестной функции в этих точках  $f_i$ . На каждом интервале  $[x_{i-1}, x_i]$  функция является линейной:  $F_i(x) = k_i x + l_i$ . Значения коэффициентов находятся при выполнении условия определения локальной интерполяции. При условии  $x_{i-1} \leq x \leq x_i$  функция может быть записана в виде

$$F(x) = \frac{f_i - f_{i-1}}{x_i - x_{i-1}} x + f_{i-1} - k_i x_{i-1}. \quad (1)$$

При выполнении обработки статистических данных возникает вопрос о законе распределения генеральной совокупности ансамбля опорных точек верхнего и нижнего контуров. Для оценивания согласования взаимосвязи между координатами исследуемых функций и точек данных по критерию Пирсона необходимым условием является соответствие нормальному закону распределения, при котором плотность нормального распределения (функция Гаусса) определяется по известной формуле

$$p(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}, \quad (2)$$

где  $\mu$  – математическое ожидание;  $\sigma$  – среднее квадратическое отклонение;  $\sigma^2$  – дисперсия распределения.

Для верхнего ряда набора данных коэффициент корреляции составляет  $k_{\text{кор.П.1}} = 0,999035$ , для нижнего –  $k_{\text{кор.П.2}} = 0,999998$ , что свидетельствует о приемлемости использования данного метода (условием выполнения является соответствие  $k_{\text{кор.П}} = 1$ ).

Площадь контура рабочей диаграммы, представленного в виде двух ограничительных функций, определяется методом численного интегрирования по формуле Ньютона-Лейбница:

$$S_{\text{погл.энергии}} = \int_a^b (f_1(x) - f_2(x)) dx. \quad (3)$$

С учетом принятых обозначений для установленного интервала  $[a, b]$  формула примет вид

$$S_{\text{погл.энергии}} = \int_{0,52}^{15,6} (c(x) - b(x)) dx.$$

Выполненный в программной среде Mathcad расчет площади с использованием адаптивного метода свидетельствует о том, что площадь энергии поглощения гасителем колебаний составит  $S_{\text{погл.энергии}} = 247,441$  Дж.

По предложенному методу оценка энергии поглощения гидравлического амортизатора может выполняться по действительной рабочей диаграмме с использованием контурного очертания зависимости перемещения штока от воздействующей на него силы, заданного отдельными функциями. Расчетная площадь рабочей диаграммы дает возможность проводить сравнительную оценку действительной энергетической эффективности гасителя колебаний.