



Е.М. Тарасов, А.Е. Тарасова

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕДАТОЧНОЙ ФУНКЦИИ ПО НАПРЯЖЕНИЮ В РЕЛЬСОВЫХ ЛИНИЯХ С РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ

(Самарский государственный университет путей сообщения)

Введение

Основным датчиком современных систем интервального управления движением поездов являются электрические рельсовые цепи, чувствительным элементом которых являются рельсовые линии. Топология схемы рельсовых цепей – одноканальная структура, реализованная разомкнутой системой без обратных связей. В качестве сигнала опроса рельсовых линий используются источники сигнала постоянного тока, переменного тока 25 Гц и 50 Гц, а также тональной частоты – 420 или 480 Гц, и в особых случаях источники с частотой 5 кГц.

Участки контроля – электрически изолированные от смежных рельсовых цепей рельсовые линии, которые, являясь линиями с распределенными параметрами с высокими потерями $g \gg \omega C$, $Z_{PL} \gg Z_{PL\text{norm}}$, где $Z_{PL\text{norm}}$ – нормативное продольное сопротивление рельсовой линии на определенной частоте, или на постоянном токе: $Z_{PL(\text{пост.})} = 0,2(\text{Ом} \cdot \text{км})$, $Z_{PL(25)} = 0,5e^{j52^\circ} (\text{Ом} \cdot \text{км})$, $Z_{PL(50)} = 0,8e^{j65^\circ} (\text{Ом} \cdot \text{км})$, $Z_{PL(420)} = 4,9e^{j79^\circ} (\text{Ом} \cdot \text{км})$, $Z_{PL(480)} = 5,4e^{j80^\circ} (\text{Ом} \cdot \text{км})$, $Z_{PL(5000)} = 48,7e^{j88^\circ} (\text{Ом} \cdot \text{км})$ [1], значительно влияют на информативный сигнал на выходе рельсовой линии U , и, следовательно, U имеет значительный динамический диапазон изменения. Это приводит к пересечению пространства классов состояний и к ошибкам I и II рода [2, 3].

Рельсовые цепи и классификаторы состояний рельсовых линий, построенные на информации рельсовых цепей, не должны допускать ошибки I и II рода. Поэтому непрерывно ведутся работы по совершенствованию классификаторов состояний и поиску принципов обеспечения инвариантности классификаторов состояний рельсовых линий.

Материалы и методы

Классификация состояний рельсовых линий осуществляется по информации комплексной амплитуды напряжения на выходе рельсовой линии $U_2 e^{j\varphi} U_2$, на входе которой подключен источник сигнала опроса рельсовой линии [4].

Определим математическую модель комплексной передаточной функции по напряжению. Как правило, рельсовая линия с распределенными первичными параметрами:

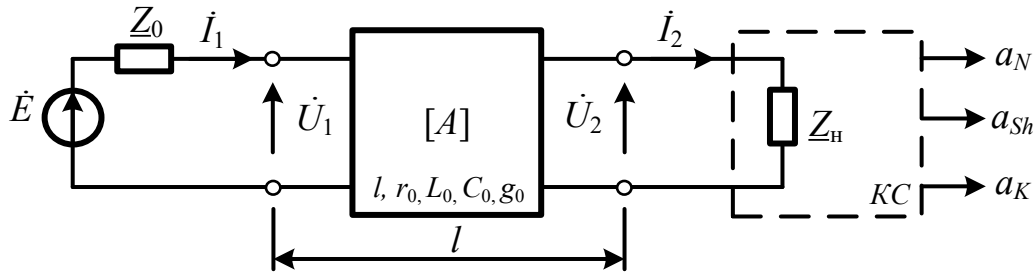


Рис. 2. Схема рельсовой цепи с четырехполюсной схемой замещения рельсовой линии: a_N, a_{Sh}, a_K – классы нормального, шунтового и контрольного режимов соответственно; КС – классификатор состояний; Z_n – входной импеданс классификатора состояний, являющийся нагрузкой рельсовой линии

Преобразуем (4) в соответствии с принятыми допущениями и получим:

$$\dot{U} = \frac{h \gamma l}{Z_n} \dot{U}_2 \quad (5)$$

В соответствии с топологией схемы, представленной на рис. 2, с учетом второго уравнения системы (2) и допущения получим:

$$\dot{U} = \frac{+ \text{sh } \gamma l Z_0}{Z_n Z_0} \dot{U}_2 \quad (6)$$

Приравняем (5) и (6), т.к. в левой части у обоих выражений \dot{U} :

$$\frac{h \gamma l}{Z_n} \dot{U}_2 = \frac{\text{sh } \gamma l Z_0}{Z_n Z_0} \dot{U}_2$$

Определим передаточную функцию:

$$\dot{I}_2$$

Для этого преобразуем предыдущее выражение:

$$\dot{I}_2 = \left(\frac{Z_n + Z_0 \text{sh } \gamma l}{Z_n} + \frac{\text{sh } \gamma l Z_n + \text{sh } \gamma l Z_0}{Z_n Z_0} \right) \dot{U}_2 \quad (7)$$

Разделим обе части выражения (7) на \dot{U}_2 и получим:

$$\begin{aligned} \dot{I}_2 &= \frac{Z_n + Z_0 \text{sh } \gamma l}{Z_n} + \frac{\text{sh } \gamma l Z_n + \text{sh } \gamma l Z_0}{Z_n Z_0} = \\ &= \frac{Z_0 (\text{ch } \gamma l Z_n + Z_0 \text{sh } \gamma l) + \text{sh } \gamma l Z_n + \text{sh } \gamma l Z_0}{Z_n Z_0} \end{aligned} \quad (8)$$

Полученная математическая модель передаточной функции по напряжению (8) включает в себя первичные и вторичные параметры рельсовой линии, полное сопротивление нагрузки и ограничителя тока и длину рельсовой линии. Модель универсальная, она применима ко всем видам рельсовых цепей.



Выводы

В работе сформированная математическая модель передаточной функции рельсовой цепи как отношения комплексной амплитуды напряжения на выходе источника питания к комплексной амплитуде напряжения на входе классификатора позволяет анализировать влияние дестабилизирующих внешних факторов Z_o , Z_n , f_{uc} , первичных параметров рельсовой линии на информационный сигнал на входе классификатора \dot{U} и учитывать динамический диапазон изменения информативного сигнала датчика при синтезе многопараметральных классификаторов состояний рельсовых линий.

Литература

1. Аркатов, В.С. Рельсовые цепи. Анализ работы и техническое обслуживание / В.С. Аркатов, Ю.А. Кравцов, Б.М. Степенский. – М. : Транспорт, 1990. 295 с.
2. Тарасов, Е.М. Анализ дестабилизирующих воздействий на рельсовые линии и принцип обеспечения инвариантности классификатора [Текст] / Е.М. Тарасов, А.С. Белоногов // Вестник СамГУПС. – 2013. – № 4 (22). – С. 60-65.
3. Тарасов, Е.М. Обеспечение инвариантности к возмущающим воздействиям в рельсовых линиях [Текст] / Е.М. Тарасов, Д.В. Железнов, Н.Н. Васин, А.Е. Тарасова // Инженерные технологии и системы. – 2019. – Т. 29. № 2. – С. 152-168.
4. Брылеев, А.М. Теория, устройство и работа рельсовых цепей [Текст] / А.М. Брылеев, Ю.А. Кравцов, А.В. Шишляков. – Москва : Транспорт, 1978. – 344 с.
5. Железнов, Д.В. Возмущающие воздействия на рельсовые линии и их компенсация принципами инвариантности / Д.В. Железнов, Е.М. Тарасов, В.Л. Герус, А.Е. Тарасова // Транспорт, наука, образование в XXI веке: опыт, перспективы, инновации : материалы VII Междунар. науч.-практ. конф. – 2017. – С. 25-29.

А.Е. Тарасова

РАЗРАБОТКА ИНВАРИАНТНОГО АЛГОРИТМА КЛАССИФИКАЦИИ СОСТОЯНИЙ РЕЛЬСОВЫХ ЛИНИЙ УЧАСТКОВ ПРИБЛИЖЕНИЯ К ПЕРЕЕЗДАМ

(Самарский государственный университет путей сообщения)

Введение

Выходной сигнал рельсовой линии – комплексная амплитуда $U_2 e^{j\varphi} U_2$ – подвержен влиянию дестабилизирующих факторов, связанных с изменением в широких пределах междурельсовой проводимости g_0 (См/км), полного сопро-