

Украинская государственная академия железнодорожного транспорта

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ТЯГОВОЙ ПЕРЕДАЧИ
ПАССАЖИРСКОГО ЭЛЕКТРОВОЗА**

Рассмотрено математическое описание и структура модели экипажной части электровоза постоянного тока, которая позволяет изучать поведение электромеханической системы с учётом технологических и эксплуатационных зазоров в тяговом редукторе подвижного состава. Данная модель максимально приближает результаты моделирования к реальным процессам, в реальном приводе электровоза.

Розглянуто математичний опис та структуру моделі екіпажної частини електровозу постійного струму, яка дає можливість досліджувати поведінку електромеханічної системи з урахуванням технологічних та експлуатаційних проміжків у тяговому редукторі рухомого складу. Наведена модель максимально наближує результати моделювання до процесів, які виникають в реальному приводі електровозу.

The mathematical description of the structure and model of vehicle-electric dc. Which allows us to study the behavior of the electromechanical system, taking into account technological and operational gaps in the traction gear of the rolling stock. This model is most ap-em simulation results to the processes taking place in real-electric drive.

Для исследования современного электропривода инженерами всего мира используется компьютерное моделирование. С помощью адекватных математических моделей появляется возможность прогнозировать поведение электромеханических объектов в различных условиях и режимах работы, а также анализировать способы управления ими. Имея представление о процессах, возникающих в механизме тележки электровоза, можно еще на стадии проектирования электропривода уйти от нежелательных процессов.

В настоящее время существует множество программных пакетов, которые позволяют создавать модели электромеханических систем на основе их математического описания. Основным недостатком данных продуктов является их дороговизна.

Ниже рассмотрен метод построения математической модели тележки электровоза как электромеханической системы с упругими связями в виде многомассовой системы. Построение проводится по методике, изложенной в [1,2].

Объектом исследования является тележка электровоза постоянного тока ЧС7. Она имеет тяговый привод с опорно-рамным подвешиванием электродвигателя и односторонней силовой передачей, связь кузова и тележки осуществляется с помощью центрального подвешивания. Механическая часть привода представляет собой совокупность дискретных масс, взаимодействующих между собой посредством других связей (рис. 1).

На рис.1 обозначено: $J_{к1}$, $J_{к2}$ – моменты инерции колес со стороны редуктора и с противоположной стороны, $J_{р1}$, $J_{р2}$, J_{S1} , J_{S2} – моменты инерции шестерен тягового редуктора, J_{a1} , J_{a2} – моменты инерции ротора двигателя, J_T – момент инерции рамы тележки, J_K – момент инерции кузова вагона, c_0 – жесткость оси колесной пары, β_0 – коэффициент внутреннего вязкого трения, колесной пары, c_τ – торсионная жесткость муфты, β_τ – коэффициент внутреннего вязкого трения муфты, c_p – жесткость подвески редуктора,

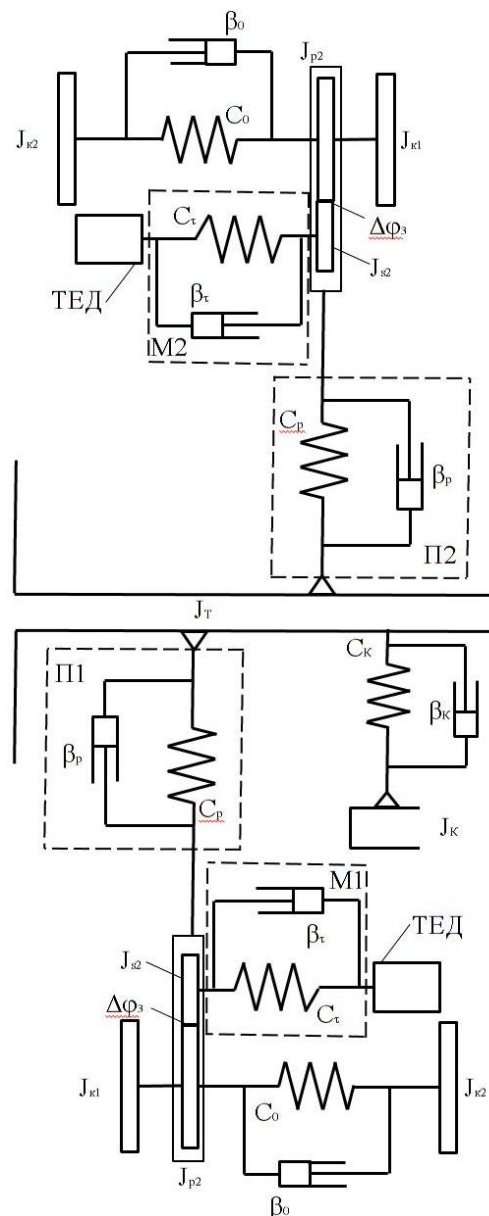


Рис.1. Расчетная кинематическая схема тележки

β_p – коэффициент внутреннего вязкого трения подвески редуктора, c_k – жесткость связи рамы тележки с кузовом, β_k – коэффициент внутреннего вязкого трения связи рамы тележки с кузовом, c_p – жесткость подвески редуктора, $\Delta\varphi$ – зазор в редукторе, M_1, M_2 – муфты, ТЕД1, ТЕД2 – тяговые двигатели, П1, П2 – подвеска редуктора.

Показанную кинематическую схему можно представить в виде структурной схемы многомассовой динамической системы с упругими связями (рис. 2). Для упрощения расчетов вводится суммарный приведенный момент инерции колесной пары

$$J_{кп1} = J_{кп2} = \frac{J_{к1}}{i_p^2} + \frac{J_{к2}}{i_p^2} + J_s. \quad (1)$$

В условиях решаемой задачи момент в упругих элементах кинематической цепи

$$M_{ij} = M_{ij,упр} + M_{ij,эм}, \quad (2)$$

где момент упругости

$$M_{ij,упр} = c_{ij} \int (\omega_i - \omega_j) dt, \quad (3)$$

момент вязкого трения

$$M_{ij,эм} = \beta_{ij} (\omega_i - \omega_j). \quad (4)$$

Наличие зазора $\Delta\varphi$ обуславливает нелинейность упругого момента в редукторе M_{12} , который определяется по следующим условиям:

$$M_{12} = \begin{cases} 0, & \text{если } |\varphi_1 - \varphi_2| = |\Delta\varphi| \leq \frac{\Delta\varphi_3}{2} \\ c_{12} \left(\varphi_1 - \varphi_2 - \frac{\Delta\varphi_3}{2} \right), & \text{если } |\varphi_1 - \varphi_2| = |\Delta\varphi| > \frac{\Delta\varphi_3}{2} \\ c_{12} \left(\varphi_1 - \varphi_2 + \frac{\Delta\varphi_3}{2} \right), & \text{если } |\varphi_1 - \varphi_2| = |\Delta\varphi| > \frac{\Delta\varphi_3}{2} \end{cases}. \quad (5)$$

Многомассовая динамическая модель описывается следующей системой линейных дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} J_{a1} \frac{d\omega_{a1}}{dt} = M_{d1} - M_{\text{муф}} \\ J_s \frac{d\omega_s}{dt} = M_{\text{муф}} - M_{12} \\ J_{кп1} \frac{d\omega_{кп1}}{dt} = M_{12} - M_{np1} \\ J_{a2} \frac{d\omega_{a2}}{dt} = M_{d2} - M_{\text{муф}} \\ J_p \frac{d\omega_p}{dt} = M_{\text{муф}} - M_{12} \\ J_{кп2} \frac{d\omega_{кп2}}{dt} = M_{12} - M_{np2} \\ J_T \frac{d\omega_T}{dt} = (M_{np1} + M_{np2}) - M_K \\ J_K \frac{d\omega_K}{dt} = M_K \end{cases}, \quad (6)$$

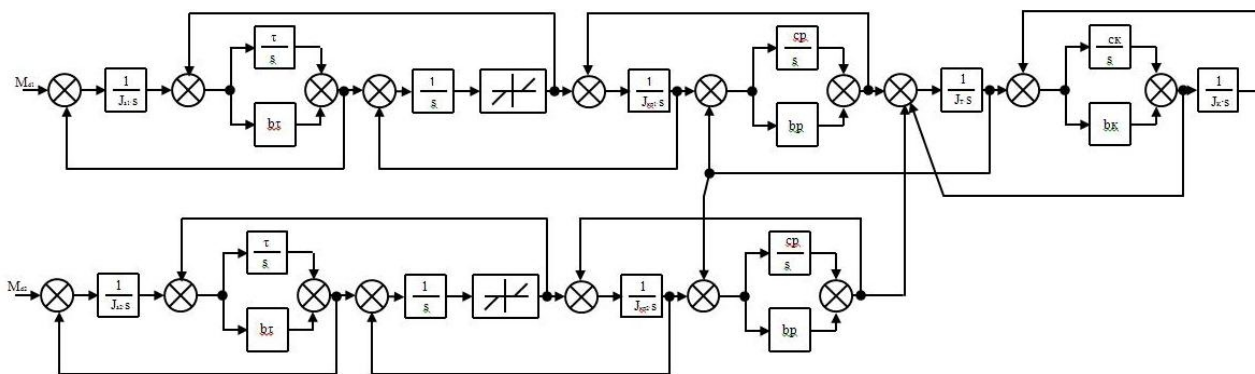


Рис.2. Многомассовая динамическая модель тележки

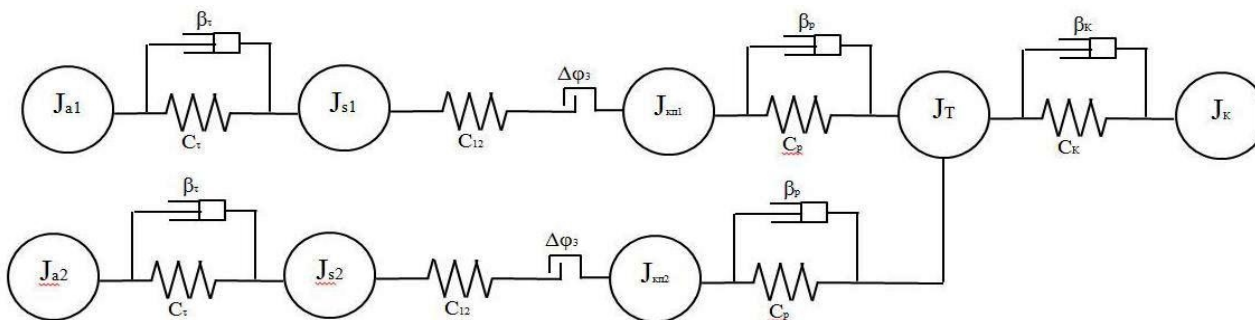


Рис.3. Структурная схема тележки

где M_{d1} – электромагнитный момент двигателя; $M_{муф}$ – упругий момент муфты; M_{12} – упругий момент редуктора с зазором; $M_{пр}$ – упругий момент в элементе подвески редуктора; $M_{к}$ – упругий момент в элементе центрального подвешивания; Ω – угловая скорость в соответствующем звене кинематической цепи.

Система позволяет проанализировать как статические, так и динамические особенности механической части тягового электропривода, рассматривая ее как объект управления. А учет зазора в редукторе позволяет изучить негативное влияние последнего на движение механической части, так как наличие зазора приводит к ударам, интенсивному износу элементов и снижению точности управления приводом в целом. На рис.3 приведена структурная схема тележки.

Используя приведенные формулы и схемы, не сложно создать математическую модель моторной тележки электровоза в более доступных математических пакетах. Это дает возможность проводить качественное проектирование и изучение электроприводов, а также их систем управления проектантами и инженерами.

Список использованной литературы

1. Ключев В. И. Теория электропривода / В.И. Ключев – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 560 с.
2. Киреев А.В. Исследование электромеханических процессов в тяговой передаче с реактивным индукторным двигателем / А.В.Киреев, О.С. Веригин // Вестн. ВЭЛНИИ. – 2009.– № 2(58). - С. 34-54.

Получено 19.07.2011



Буряковский
Сергей Геннадиевич,
к.т.н., доц. Укр. акад.
жел-дор. тр-та,
Харьков, ул. Фейербаха, 7



Мастепан
Антон Геннадиевич,
аспирант Укр. акад.
жел-дор. тр-та,
Харьков, ул. Фейербаха, 7
E-mail: antonua86@bk.ru