Натяжная станция выделена в особое звено. Она, по предположению, должна, работая в следящем режиме (с обратной связью по положению: рассогласование парных ковшей), обеспечить невыход рассогласования за допустимые пределы. Поскольку заранее не известно, какая система привода наилучшим образом удовлетворяет этому требованию, алгоритм расчета КПУ выполнен с учетом допустимости сочленения с общей моделью установки, моделей различных известных электроприводов и систем управления ими либо заменой модели натяжной станции некоторым аналитическим выражением.

Система дифференциальных уравнений, описывающих режимы регулируемых пуска на холостом ходу, пуска загруженного конвейера, режима поочередной загрузки ковшей движущегося конвейера, режима изменения начального натяжения на ходу и режима контролируемого торможения решается методом Эйлера. Он достаточно прост и не требует вычисления начального участка. Последовательность расчета аналогична описанной в работе [2].

По протоколу печати для любого момента времени можно определить усилия в различных частях лент, параметры их движения, рассогласование парных ковшей в зоне стыковки конвейеров, электрические и механические параметры приводов.

Анализ протокола печати первого варианта программы, составленной на языке ФОРТРАН, показал хорошее соответствие скорости распространения волны упругих деформаций в ленте расчетной, определенной аналитически для принятых в модели модуля, упругости и погонного веса ленты и груза.

Список литературы: 1. *Геродес Г. А., Эллис С. В., Алехин С. И.* Регулируемый тиристорный электропривод с импульсно-фазовым управлением в цепи переменного тока ротора. — Вестн. Харьк. политехн. ин-та, 1980, № 166. Электромашиностроение и автоматизация промышленных предприятий, вып. 5, с. 43—45. 2. *Геродес Г. А.* Использование ЭЦВМ для расчета процессов пуска и торможения мощных конвейеров. — Вестн. Харьк. политехн. ин-та, 1978, № 144. Электромашиностроение и автоматизация промышленных предприятий, вып. 3, с. 58—60.

Поступила в редколлегию 26.10.81.

УДК 621.316.722.1

В. Б. КЛЕПИКОВ, канд. техн. наук,
Н. В. БОГДАНОВА. канд техн. наук,
О. С. УГВУСИЕ

К ИССЛЕДОВАНИЮ ДИНАМИКИ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ДВУХОСНОГО ЭЛЕКТРОВОЗА

Некоторые типы двухосных электровозов, например рудничных, работают в условиях низкого потенциального коэффициента сцепления Ψ_0, что способствует возникновению боксования (юза) колес. Боксование существенно снижа-

ет технико-экономические показатели электровоза. Один из наиболее эффективных путей решения данной проблемы — создание электроприводов с системами распознавания и устранения боксования. Для разработки таких систем и оценки их эффективности необходимо глубоко исследовать динамику электропривода в различных переходных режимах его работы. Исследована динамика электропривода двухосного электровоза АМ-8Д [1], где представлена математическая модель выше указанного электропривода для расчетов на цифровой ЭВМ.

В целях повышения наглядности при всестороннем исследовании влияния отдельных параметров на изменение любой переменной рассматриваемой системы в ряде случаев целесообразно отдать предпочтение методу структурного моделирования с помощью АВМ.

В настоящей работе представлена математическая модель электропривода двухосного электровоза в структурной форме для исследования на АВМ.

При составлении математической модели рассматриваемой системы полагаем, что 1) все кинематические связи в электроприводе жесткие и без зазоров; 2) характеристика сцепления на участках упругого и избыточного скольжений аппроксимирована линейными участками [1]; 3) характеристика намагничивания задана типовой кривой [2]; 4) параметры электроприводов обеих колесных пар одинаковы; 5) к. п. д. электродвигателя и передаточного механизма — величины постоянные; 6) действие вихревых токов отсутствует; 7) перераспределение сил нормального давления колесных пар при изменении силы тяги на крюке.

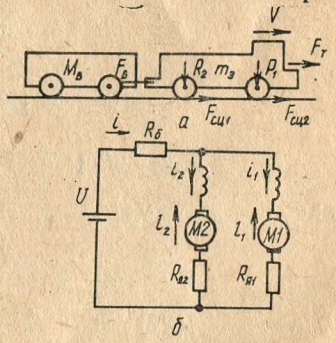

Рис. 1. Кинематическая и электрическая расчетная схемы электровоза

С учетом сказанного математическая модель, соответствующая кинематической и электрической расчетной схемам рис. 1, описывается уравнением электрического равновесия силовых цепей и уравнениями механики, характеризующими изменение скорости движения состава V и скорости проскальзывания колес относительно рельсов каждой колесной пары u_1, u_2:

$$I_1(p) = \frac{1}{L_1(p)} \frac{1}{p} [U(p) - r_\Sigma I_1(p) - K\Phi_1(p)\Omega_1(p) - I_1(p) r_Б - I_2(p) r_Б]; \quad (1)$$

$$I_2(p) = \frac{1}{L_2(p)} \frac{1}{p} [U(p) - r_\Sigma I_2(p) - K\Phi_2(p)\Omega_2(p) - I_1(p) r_Б - I_2(p) r_Б]; \quad (2)$$

$$M_{g1}(p) = K\Phi_1(p) I_1(p);$$

$$M_{g2}(p) = K\Phi_2(p)\, I_2(p); \tag{4}$$

$$F_{к1}(p) = \frac{2i_р\eta}{Д_к} M_{g1}(p); \quad (5); \quad e_1(p) = K\Phi_1(p)\Omega_1(p); \tag{6}$$

$$e_2(p) = K\Phi_2(p)\Omega_2(p) \quad (7), \quad F_{к2}(p) = \frac{2i_р\eta}{Д_к} M_{g2}(p); \tag{8}$$

$$V(p) + u_1(p) = J/p\,[F_{к1}(p) - F_{сц1}(p) - F_{тр1}(p)]; \tag{9}$$

$$V(p) + u_2(p) = J/p\,[F_{к2}(p) - F_{сц2}(p) - F_{тр2}(p)]; \tag{10}$$

$$\psi_1(p) = f[u_1(p)]) \quad (11); \quad \psi_2(p) = f[u_2(p)]; \tag{12}$$

$$F_{сц1}(p) = \psi_1(p)\, P_1(p) \quad (13); \quad F_{сц2}(p) = \psi_2(p)\, P_2(p); \tag{14}$$

$$P_1(p) = P_{01} - \Delta P_1(p) \quad (15); \quad P_2(p) = P_{02} - \Delta P_2(p); \tag{16}$$

$$F_т(p) = F_{сц1}(p) + F_{сц2}(p); \tag{17}$$

$$V(p) = \frac{1}{c}[F_т(p) - m_в B V(p) - A m_в]; \tag{18}$$

$$F_{тр1} = f(V + U_1) \quad (19); \quad F_{тр2} = f(V + u_2), \tag{20}$$

где

$$c = m_э + m_в(1 + \gamma); \tag{21}$$

$$J = \frac{Д_к^2}{4J_к} \quad (22); \quad \Omega_1 = (V + u_1)\frac{2i_р}{Д_к} \quad (23); \quad \Omega_2 = (V + u_2)\frac{2i_р}{Д_к}. \tag{24}$$

В уравнениях (1) — (24) приняты следующие обозначения: p — оператор Лапласа;

$$I_1, I_2, \Omega_1, \Omega_2, M_{g1}, M_{g2}, \Phi_1, \Phi_2, e_1, e_2,$$

соответственно токи, частота вращения, электромагнитные моменты, потоки, противо-э. д. с. первого и второго двигателей; u, $r_Б$ — напряжение и сопротивление источника питания; r_ε — суммированное активное сопротивление электрической цепи двигателей; к — конструктивная постоянная двигателя; L_1, L_2 — суммарные индуктивности якорной цепи и обмотки возбуждения двигателей; $F_{к1}$, $F_{к2}$ — силы тяги, развиваемые на ободах колесных пар; $i_р$, η, $Д_к$ — передаточное число редуктора, к. п. д. двигателя и передаточного механизма, диаметр колеса; $F_{сц1}$, $F_{сц2}$ — силы сцепления колесных пар с рельсами; $F_{тр1}$, $F_{тр2}$ — приведенные к ободу колеса силы трения в буксах электровоза; ψ_1, ψ_2 — коэффициенты сцепления колесных пар с рельсами; P_1, P_2 — нормальные давления колес на рельсы; А, В — коэффициенты, зависящие от типа вагонеток; $m_в$ — масса вагонеток; $m_э$ — масса электровоза; γ — коэффициент, учитывающий инер-

цию вращающихся частей вагонеток; $F_т$ — сила тяги, равная сумме сил сцепления обеих колесных пар; $J_к$ — приведенный к оси колесной пары момент инерции вращающихся частей электропривода.

Структурная схема, соответствующая уравнениям (1)—(24), представлена на рис. 2.

Таким образом, выражения, характеризующие поведение силовых электрических цепей, с уравнениями механики, описываю-

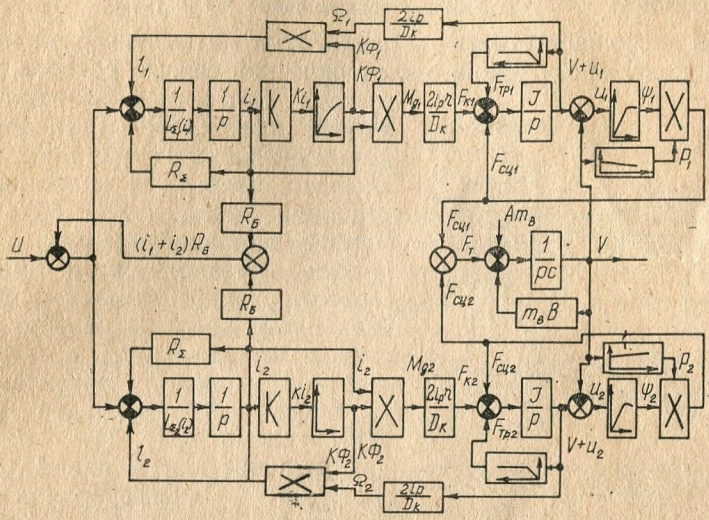

Рис. 2. Структурная схема электропривода двухосного электровоза

щими изменение скоростей скольжения колесных пар, и соответственно скорости подвижного состава образуют систему нелинейных дифференциальных уравнений с переменными коэффициентами.

Анализ описанной системы методом структурного моделирования на аналоговой ВМ позволяет сравнительно просто и достаточно точно исследовать пускотормозные режимы рудничного электровоза.

Список литературы: 1. *Исследование* пускотормозных режимов рудничного электровоза АМ-8Д с помощью ЭВМ/В. Б. Клепиков, А. Б. Сизов, Ю. Н. Кутовой и др. — Изв. вузов.Горный журнал, 1980, № 11, с. 48—52. 2. *Вешенский С. Н.* Характеристики двигателей в электроприводе. — М.: Энергия, 1977. — 432 с.

Поступила в редколлегию 23.11.81.