

УДК 629.424.067.4

УЛУЧШЕНИЕ АДАПТИВНЫХ СВОЙСТВ СИСТЕМ РЕГУЛИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ ТЕПЛОВЗОВ

Е. Н. Шапран

Обособленное подразделение "Научно-исследовательский институт "Искра", ВНУ им. В. Даля кварт. Молодежный, 20а, г. Луганск, 91034, Украина. E-mail: official@iskra.lugansk.ua

Представлены результаты исследования методов адаптивного управления процессами передачи мощности в энергомеханической системе тепловоза. Анализируются возможности и дается сравнительная оценка эффективности и перспективы применения различных систем регулирования электропередач тепловозов в зависимости от используемых методов обнаружения буксования, основанных на измерениях избыточной скорости скольжения колеса относительно рельса, углового ускорения и скорости его изменения, а также величины и скорости изменения тягового усилия на автосцепке локомотива. Предложен алгоритм адаптивного управления передачей, обеспечивающий реализацию максимального коэффициента сцепления колес с рельсами при случайном характере загрязнения их поверхности.

Ключевые слова: системы регулирования электропередач, адаптивное управление передачей, трансформатор.

ПОЛІПШЕННЯ АДАПТИВНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ СИСТЕМ РЕГУЛЮВАННЯ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧ ТЕПЛОВЗІВ

Є. М. Шапран

Відокремлений підрозділ "Науково-дослідний інститут "Искра", СНУ ім. В. Даля кварт. Молодіжний, 20а, м. Луганськ, 91034, Україна. E-mail: official@iskra.lugansk.ua

Приведені результати дослідження методів адаптивного управління процесами передачі потужності в енергомеханічній системі тепловоза. Аналізуються можливості і надається порівняльна оцінка ефективності та перспективи застосування різних систем регулювання електропередач тепловозів в залежності від використовуваних методів виявлення буксування, заснованих на вимірах надлишкової швидкості ковзання колеса щодо рейки, кутового прискорення і швидкості його зміни, а також величини і швидкості зміни тягового зусилля на автосцепленні локомотива. Запропоновано алгоритм адаптивного управління передачею, що забезпечує реалізацію максимального коефіцієнта зчеплення коліс з рейками при випадковому характері забруднення їх поверхні

Ключові слова: системи регулювання електропередач, адаптивне управління передачею, трансформатор.

АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ. Тенденция роста весовых норм поездов, развитие высокоскоростного пассажирского движения выдвигают высокие требования к техническому совершенству локомотивов и повышению их тягово-сцепных свойств, которые неразрывно связаны с улучшением характеристик систем регулирования электрических передач [1–9]. В настоящее время идет разработка новых, а также модернизация существующих тяговых приводов путём внедрения микропроцессорных систем управления, обеспечивающих высокое использование сил сцепления. До настоящего времени не удалось выработать единого подхода по структуре этих систем, а также определить оптимальные значения многих параметров. Так, например, понижение допустимых уровней скольжения ведет к недоиспользованию тяговых возможностей локомотивов. С другой стороны, значительное скольжение при буксовании приводит к повышенному износу бандажей колесных пар и рельсов, а также к повреждениям тяговых двигателей (ТД) и передач из-за интенсификации динамических режимов.

В связи с вышеизложенным, целью работы являются исследования, направленные на совершенствование систем регулирования электропередач тепловозов за счет придания им адаптивных свойств, исходя из реальных процессов, происходящих в системе локомотив – тяговый привод – колесная пара – рельсовый путь – состав.

МАТЕРИАЛ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ. Теоретическими исследованиями улучшения качест-

ва работы систем регулирования электрических передач и повышения тягово-сцепных свойств локомотивов занимались известные отечественные и зарубежные учёные: И.П. Исаев [1], Д.К. Минов [2], А.В. Грищенко [3], Ю.И. Осенин [4], Д.Л. Киржнер [5], Х.П. Бауэр [6], В. Meyer [7], К. Ohishi, Y. Ogawa [8], A.D. Cheok, S. Shiomi [9].

В настоящее время в США на локомотивах SD50 и SD60 используются высокоэффективные системы регулирования Super Series фирмы General Motors [7]. Созданием подобных систем активно занимаются ведущие фирмы Германии (AEG) [6], Японии [8, 9] и России [5]. До последнего времени тяговый подвижной состав стран СНГ и других зарубежных стран оборудовался в большинстве случаев противобуксовочными системами, основанными на необходимости измерения и последующего сравнения скоростей вращения или зависящих от них напряжений, токов (или производных от указанных величин) в тяговых двигателях буксующих и небуксующих колесных пар. Эти требования можно выразить следующими зависимостями:

$$\Delta \omega_j \geq \left| \omega_j - \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \omega_j \right|_{\max}; \quad (1)$$

$$\varepsilon_j = \left| \frac{d \omega_j}{dt} \right| \geq \varepsilon_{\max}, \quad (2)$$

где ω_j, ε_j – угловая скорость и ускорение j – й колёсной пары; n – количество колёсных пар в локомотиве.

Сам принцип действия указанных систем обуславливает известные их недостатки [2]: неработоспособность при синхронном буксовании колесных пар, достаточно низкую чувствительность, существенную зависимость стабильности работы от различия диаметров колес и разброса характеристик ТД.

Появившиеся в последние годы в Западной Европе и США противобуксовочные системы [7], включающие радиолокационный (с использованием эффекта Доплера) измеритель абсолютной скорости движения экипажа, датчики оборотов, датчики непрерывного измерения диаметров колес локомотива по кругу катания каждой колесной пары, позволяют исключить ряд выше названных недостатков противобуксовочных систем и существенно повысить их чувствительность. Однако, как известно [4], доплеровские системы измерения скольжения дают достаточно большую погрешность при малых скоростях движения локомотивов (от 0 до 5–8 км/ч), для которых наиболее характерны режимы буксования. В этом отношении применение магнитометрических устройств вместо радиолокационных позволяет в три раза повысить точность измерения скольжения при малых скоростях движения [4], но такие системы требуют изменения конструкции тележек локомотивов и технологии их ремонта.

Результаты длительных экспериментальных исследований процессов буксования тепловозов 2ТЭ116, электровозов постоянного тока ВЛ11 и ДЭ1 показали, что существующие системы регулирования не обеспечивают прекращения и тем более предупреждение буксования без обязательного сброса позиций контроллера машиниста [4]. В свою очередь, увеличение числа и продолжительности переходных режимов работы локомотива (сброс и набор позиций контроллера машиниста) обуславливает реализацию более низкого КПД тяговой передачи, что увеличивает расход топливно-энергетических ресурсов. Таким образом, очевидные преимущества и перспективность имеют противобуксовочные и противоюзозовые системы, основанные на анализе динамических процессов в механической системе тяговый привод – колесная пара – рельсовый путь, которые улучшают адаптивные свойства электрических передач тепловозов.

Одним из эффективных способов устранения вышеперечисленных недостатков и повышения тяговых свойств локомотивов с электрической передачей является индивидуальное распределение мощности между тяговыми двигателями в зависимости от сцепных свойств колесных пар с рельсами. Рассмотрим технические особенности реализации этого способа на примере электрической передачи переменного тока магистрального тепловоза 2ТЭ116 с микропроцессорной системой управления, структурная схема которой приведена на рис. 1 [3].

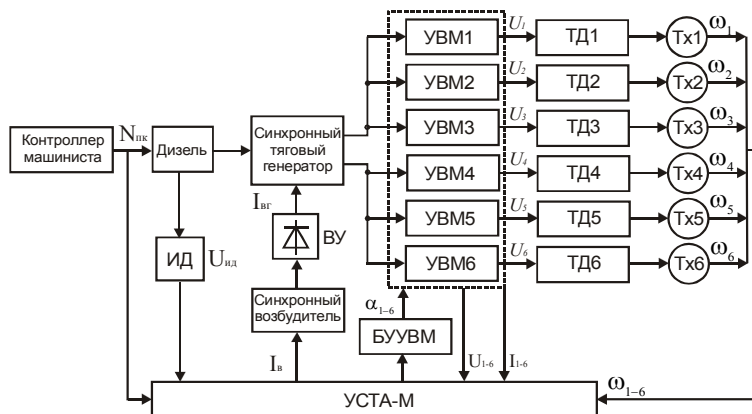


Рисунок 1 – Структурная схема электрической передачи тепловоза 2ТЭ116 с системой поосного регулирования касательной силы тяги: УВМ1 – УВМ6 – управляемые выпрямительные установки; ТД1 – ТД6 – тяговые двигатели; Тх1 – Тх6 – тахогенераторы; УСТА – М – микропроцессорная система управления электропередачей; БУУВМ – блок управления выпрямительными установками; ВУ – выпрямитель; ИД – индуктивный датчик

В этой электропередаче за счет регулирования возбуждения тягового генератора применена групповая защита от буксования одной или нескольких колесных пар, а также избирательная защита путем регулирования напряжения на каждом тяговом двигателе.

Такой подход определил структуру системы регулирования скольжения, элементы которой входят в контур регулирования мощности дизель-генератора (рис. 2) и контур регулирования скорости вращения каждой колесной пары. В этой электропередаче за

счет регулирования возбуждения тягового генератора применена групповая защита от буксования одной или нескольких колесных пар, а также избирательная защита путем регулирования напряжения на каждом тяговом двигателе.

Такой подход определил структуру системы регулирования скольжения, элементы которой входят в контур регулирования мощности дизель-генератора (рис. 2) и контур регулирования скорости вращения каждой колесной пары (рис. 3).

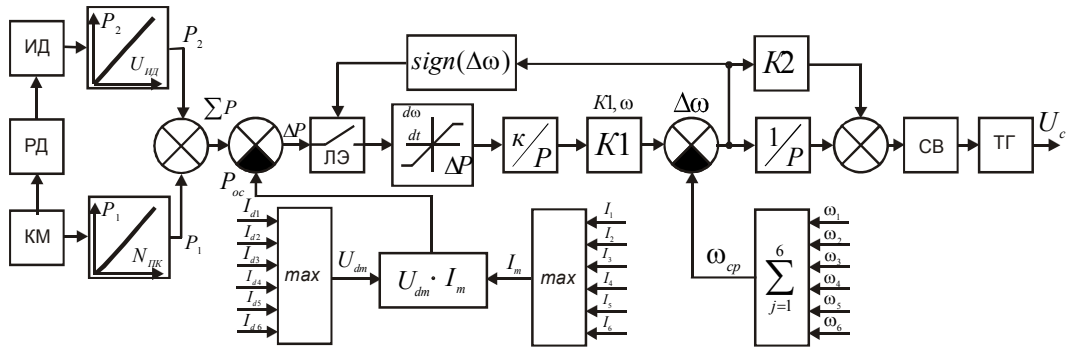


Рисунок 2 – Структурная схема контура регулирования мощности дизель-генератора: РД – регулятор дизеля; КМ – контроллер машиниста; ИД – индуктивный датчик РД; ЛЭ – логический элемент; $U_{ИД}$ – напряжение от ИД; $N_{ПР}$ – позиция контроллера машиниста; P_1 – заданная мощность дизель-генератора; P_2 – коррекция мощности от регулятора дизеля; ΣP – свободная мощность, потребляемая тяговыми двигателями; P_{OC} – суммарная мощность, потребляемая тяговыми двигателями; I_m, U_{dm} – максимальные значения тока и напряжения тяговых двигателей; $\varepsilon = d\omega/dt$ – заданное угловое ускорение колесных пар; k/p – интегрирующее звено; K_1, K_2 – коэффициенты усиления; ω_{cp} – усредненный сигнал датчиков частоты вращения колесных пар; $I_b, I_{bГ}$ – токи возбуждения синхронного возбудителя и тягового генератора; U_c – напряжение тягового генератора; $sign(\Delta\omega)$ – функция переключения ЛЭ

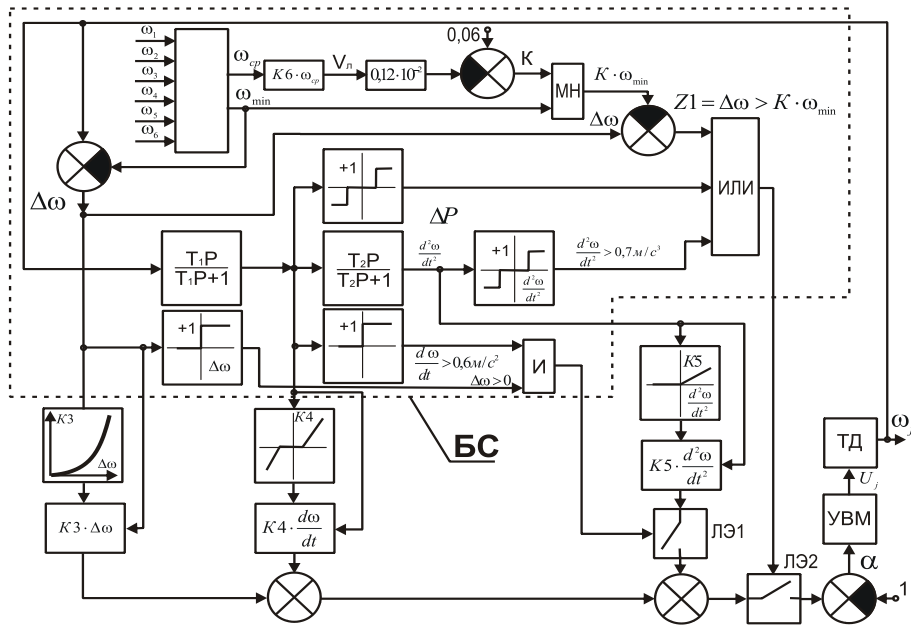


Рисунок 3 – Структурная схема контура регулирования угловой скорости вращения тягового двигателя: БС – блок сравнения; ЛЭ1, ЛЭ2 – логические элементы; МН – элемент умножения; УВМ – управляемый выпрямитель; ТД – тяговый двигатель; α – угол управления тиристорами; U_j – напряжение на тяговом двигателе; К3–К6 – нелинейные коэффициенты усиления; T_1, T_2 – постоянные времени; ω_j – частота вращения j -го тягового двигателя

Процесс движения тепловоза при управлении от системы УСТА–М определяется запасом мощности дизель-генератора, которую можно реализовать на тягу. Для этого суммируются два сигнала P_1 и P_2 , пропорциональные положениям контроллера машиниста КМ (P_1) и индуктивного датчика ИД (P_2). Кроме того, суммарный сигнал $\Sigma P = P_1 + P_2$ сравнивается с сигналом фактической мощности, реализуемой тяговыми двигателями $P_{oc} = U_{dm} \cdot I_m$. По результирующему сигналу $\Delta P = \Sigma P - P_{oc}$, пропорционального свободной мощности дизеля, устанавливается максимально допустимое ускорение

колесных пар $d\omega/dt$. Затем в регуляторе мощности этот сигнал интегрируется по времени звеном k_1/p , в результате чего определяется заданная угловая скорость вращения колесных пар ω_3 , т.е. скорость движения локомотива Вл.

При этом мощность на выходе тягового генератора, которая передается тяговыми двигателями, ограничивается на достигнутом уровне, обеспечивая защиту от синхронного буксования колесных пар. Кроме того, дальнейшее перераспределение мощности между буксующими колесными парами производится в контурах регулирования угловых скоростей вращения тяговых двигателей путем изменения

сигнала блоком управління БУУМ управляемых выпрямителей УВМ1–УВМ6 (рис. 1) в соответствии с законом

$$\alpha_j = 180Z_j, \quad (3)$$

где $0 \leq Z_j \leq 1$ – нормированный сигнал, зависящий от угловой скорости вращения j -й колесной

$$F(\Delta\omega_j, \omega_j) = \begin{cases} 1, & \text{если } \Delta\omega_j = \omega_j - \omega_{\min} \geq K \cdot \omega_{\min} \text{ или } d\omega_j/dt \geq 1,15 \text{ рад/с}^2 \\ \text{или } d^2\omega_j/dt^2 \geq 1,35 \text{ рад/с}^3 \text{ при } \Delta\omega_j > 0 \wedge d\omega_j/dt > 0; \\ 0, & \end{cases} \quad (4)$$

где $d\omega_j/dt$ – расчетное ускорение буксующей колесной пары; $d^2\omega_j/dt^2$ – скорость изменения ускорения; $K=(0,06-0,0012)V_{л}$ – коэффициент усиления контура в диапазоне скоростей движения локомотива от 1 до 45 км/час. При $V_{л} > 45$ км/час он остается неизменным.

При выполнении условия (4) напряжение на выходе управляемого выпрямителя УВМ изменяется согласно уравнению:

$$U_i = U_{i-1} \cdot (1 - K_3 \cdot \Delta\omega_i - K_4 \frac{d\omega_i}{dt} - K_5 \frac{d^2\omega_i}{dt^2}), \quad (5)$$

где U_i, U_{i-1} – выпрямленное напряжение, подведенное к тяговому двигателю, связанному с буксующей колесной парой в i -м и I – первом шаге измерений; K_3-K_5 – коэффициенты усиления.

Приведенные структурные схемы контуров регулирования мощности дизель-генератора и угловых скоростей вращения тяговых двигателей в системе УСТА–М (рис. 2, 3), позволяют отметить следующие недостатки:

1. Интегрирование более высоких ускорений в контуре регулирования мощности дизель-генератора без коррекции коэффициента усиления может привести к синхронному буксованию колесных пар, так как происходит постепенное усиление влияния систематических погрешностей, которые не распознаются системой регулирования ввиду случайных параметров скоростных характеристик тяговых двигателей и диаметров колесных пар.

2. Не обеспечивается адаптивное управление электропередачей по максимуму коэффициента сцепления в широком диапазоне возможных состояний поверхностей рельсов из-за относительно жесткого нормирования условия включения контура регулирования частоты вращения колесных пар согласно функциональной зависимости (4). Кроме того, не обеспечивается более высокий уровень скольжения передних колесных пар (по ходу движения), поэтому не реализуется эффект очистки рельсов для улучшения условий сцепления последующих колесных пар без применения песка.

Дополнительно необходимо отметить, что в обеих рассмотренных системах при разработке алгоритмов управления процессами буксования локо-

пары ω_j , ее углового ускорения $d\omega_j/dt$ и скорости изменения углового ускорения $d^2\omega_j/dt^2$. Условие включения регулятора частоты вращения колесных пар определяется следующей логической функцией:

мотивов использовались известные соотношения:

$$F_{kj} \leq P_{ej}\psi_k; \quad (6)$$

$$J \frac{d\omega_{ckj}}{dt} = (F_{kj} - P_{ej}\psi_k - W_j)r - J \frac{d\omega_j}{dt}, \quad (7)$$

где J – момент инерции колесной пары с учетом инерции якоря тягового двигателя и редуктора; ω_{ckj} – угловая скорость скольжения колесной пары; ω_j – угловая скорость вращения колесной пары, соответствующая поступательной скорости движения локомотива; ψ_k – коэффициент сцепления; F_{kj} – касательная сила тяги, развиваемая двигателем; P_{ej} – вертикальная нагрузка на колесную пару.

Однако при реализации предельных сил сцепления нередко на процессы буксования влияют продольно-динамические силы в поезде. Это легко обосновать с помощью физических представлений о процессах реализации сил тяги, которые хорошо изучены отечественными и зарубежными авторами [1–9]. Расчетная схема, поясняющая изменение соотношения сил в контакте колеса с рельсом под действием продольно-динамических сил, приведена на рис. 4.

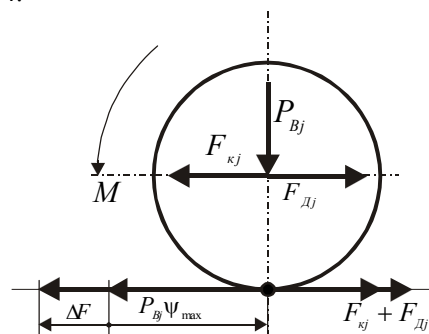


Рисунок 4 – Схема действия сил в контакте колеса с рельсом с учетом продольно-динамических усилий в поезде: $F_{Дj}$ – динамическая составляющая сил от взаимодействия локомотива и состава, приходящаяся на одну ведущую ось; P_{Bj} – вертикальная нагрузка; ψ_{max} – максимальный коэффициент сцепления; F_{kj} – касательная сила тяги; M – момент вращения

Действие касательной силы тяги F_{kj} , создаваемой тяговым двигателем, и динамической составляющей $F_{Дj}$, приложенной к оси колесной пары со стороны автосцепки, можно рассматривать как единую силу, равную их алгебраической сумме $F_{kj} \pm F_{Дj}$. Когда эти усилия суммируются (показано на рис. 4), то их равнодействующая может превысить потенциально возможную силу сцепления $F_{сц}$ на величину ΔF , равную

$$\Delta F = P_{\epsilon j} \psi_{\max} - (F_{kj} + F_{Дj}). \quad (8)$$

Таким образом, при исследовании процессов развития и прекращения буксования колесных пар необходимо учитывать динамическую составляющую сил взаимодействия локомотива и состава, которую в предположении одинакового ее действия на все тяговые оси можно представить в виде:

$$F_{Дj} = \frac{\sum_{j=1}^m F_{kj} - R_0}{m} \quad (9)$$

где m – количество ведущих осей локомотива; R_0 – усилие по автосцепке.

С учетом зависимости (9) уравнения динамики колесной пары (6, 7) будут иметь следующий вид:

$$F_{kj} + F_{Дj} \leq P_{\epsilon j} \psi_j, \quad (10)$$

$$J \frac{d\omega_{ckj}}{dt} = \left(F_{kj} - P_{\epsilon j} \psi_j - \frac{\sum_{j=1}^m F_{kj} - R_0}{m} \right) r. \quad (11)$$

В отличие от соотношений (6), (7) здесь учтена динамическая добавка и опущены мало влияющие на развитие проскальзывания составляющие.

Необходимо отметить, что для придания системе УСТА–М адаптивных функций при работе вблизи точки максимума кривой крипа, особенно на загрязненных рельсах, требуется изменить действующий алгоритм задания допустимого уровня скольжения. Кроме того, необходимо улучшить динамические

характеристики контура регулирования мощности дизель-генератора путем коррекции величины задания по ускорению локомотива в зависимости от допустимых продольно-динамических усилий на автосцепках и появления режимов синхронного буксования колесных пар.

Исходя из вышеизложенного, предлагается ввести в контур регулирования мощности дизель-генератора дополнительные связи, для устранения недостатков системы УСТА-М. В предложенном контуре регулирования (рис. 3) дополнительно введен датчик тягового усилия ДТУ, расположенный на буксовых поводках локомотива, сигнал которого фильтруется цифровым фильтром $\Phi 1$ и сравнивается с допустимым значением усилия R_0^{\max} с целью ограничения продольно-динамических усилий в составе.

Таким образом, если фактическое тяговое усилие R_0^{cp} превысит допустимое R_0^{\max} , то через элемент ИЛИ и логический элемент ЛЭ будет отключен сигнал ΔR от блока задания ускорения $d\omega/dt$ на входе интегратора K/p , K_1 , что вызовет стабилизацию роста напряжения на выходе тягового генератора (рис. 5). Необходимо отметить также, что введение в контур регулирования мощности дизель-генератора фильтра $\Phi 2$ и отрицательной обратной связи через дифференцирующее звено $K_7 \cdot d\omega_{cp}/dt$ дополнительно улучшит динамические характеристики системы в случае развития процессов буксования одной или нескольких колесных пар.

Кроме того, для придания системе регулирования электропередачи адаптивных свойств по самонастройке на максимальный коэффициент сцепления в широком диапазоне возможных его изменений (из-за загрязнения поверхностей рельсов), а также для реализации эффекта очистки поверхностей рельс первыми по ходу движения колесными парами за счет повышенного скольжения внесены изменения в структуру контуров регулирования угловых скоростей вращения тяговых двигателей, используемых в системе УСТА–М (рис. 6).

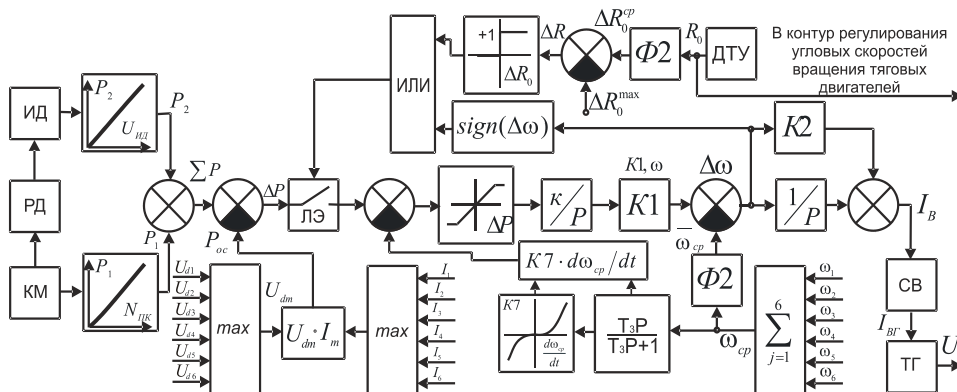


Рисунок 5 – Структурная схема контура регулирования мощности дизель-генератора с улучшенными динамическими характеристиками: Φ_1 , Φ_2 – цифровые фильтры; ДТУ – датчик тягового усилия на буксовых поводках; K_7 – нелинейный коэффициент усиления

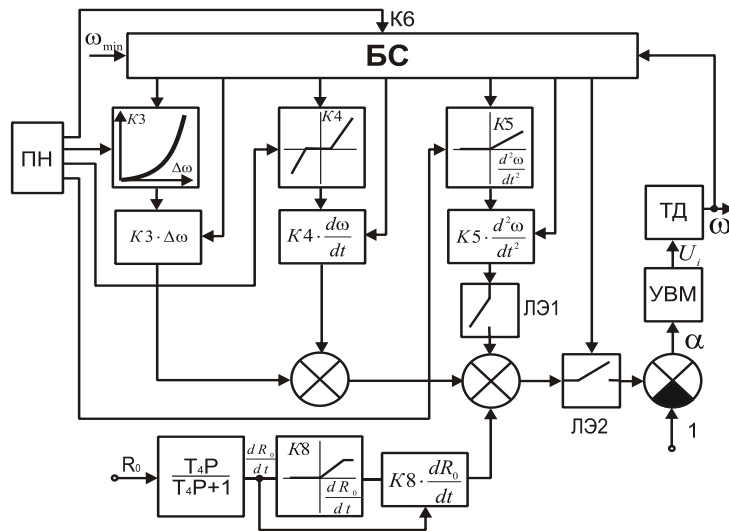


Рисунок 6 – Структурная схема контура регулирования угловой скорости вращения тягового двигателя с адаптивными свойствами: БС – блок сравнения (см. рис.4); ПН – программная настройка коэффициентов усиления K_3 – K_6 по алгоритму, приведенному на рис. 7; T_4 – постоянная времени; K_8 – коэффициент усиления

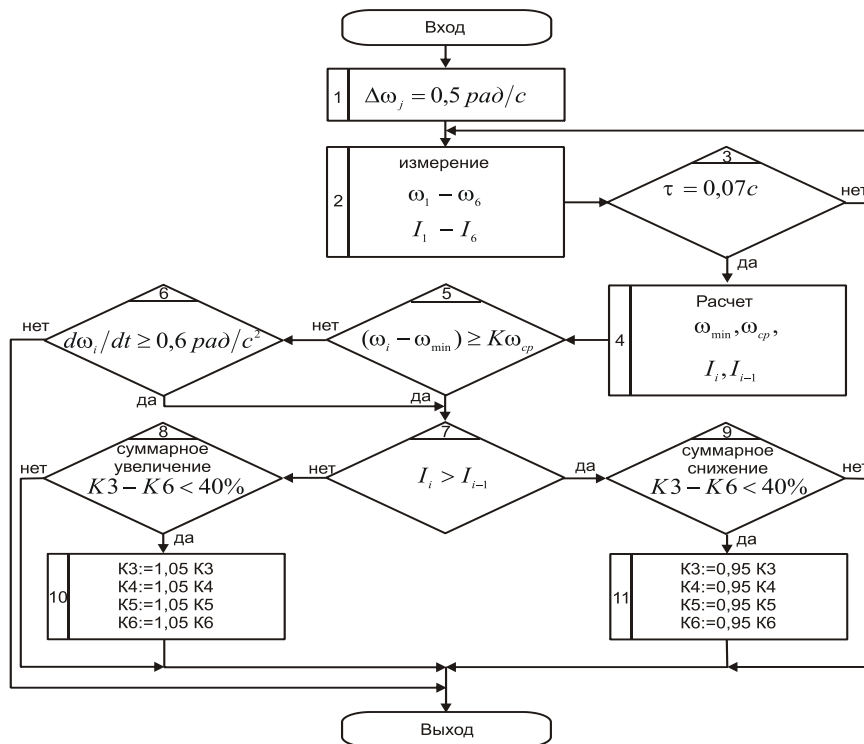


Рисунок 7 – Блок-схема алгоритма динамической настройки коэффициентов усиления K_3 – K_6 контуров регулирования скорости вращения тяговых двигателей

Для этого на программном уровне реализован алгоритм поиска экстремума коэффициента сцепления за счет динамического регулирования скольжения каждой колесной пары путем коррекции закона регулирования напряжения на выходе управляемых выпрямителей УВМ изменением коэффициентов усиления K_3 – K_6 (5). При этом за счет периодических измерений токов якорей I_1 – I_6 тяговых двигателей определяются тенденции роста уровней сцепления.

При росте тока I_i в i -м цикле измерения по сравнению с I_{i-1} его значением дискретно (на 5%) уменьшаются коэффициенты усиления K_3 – K_5 , что

ведет (согласно уравнению 5) к росту допустимых значений скольжения колесных пар $V_{ск}$. В противном случае коэффициенты K_3 – K_6 увеличиваются, и уровень скольжения ограничивается на один шаг в противоположном направлении.

Таким образом, по максимуму кривой крива (рис. 8) настраиваются все контуры регулирования угловых скоростей вращения тяговых двигателей ТД1–ТД6. Так, например, для тяговых двигателей ТД1 и ТД6 на рис. 8 показаны возможные динамические диапазоны изменения скольжения при настройке на максимальный коэффициент сцепления.

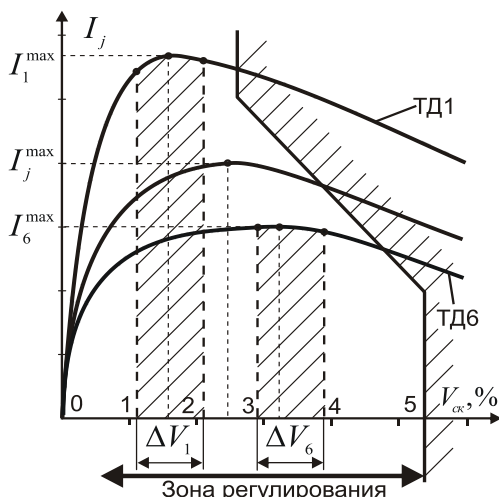


Рисунок 8 – Адаптивна настройка контуров регулювання кутових швидкостей вращения тягових двигателів на екстремум коефіцієнта сцеплення: I_j – ток якоря j -го двигателя; I_1, I_6 – ток якоря першого і шостого ТД; $V_{ск}$ – відносне скольження; $\Delta V_1, \Delta V_6$ – відповідно динамічні діапазони скольження першого і шостого ТД при зміні коефіцієнтів посилення K_3-K_6

Предложенный алгоритм регулювання напруги на тягових двигателях дозволяє підвищити тягово-сцепні властивості локомотива за рахунок більш ефективного подавлення процесів буксування.

ВЫВОДЫ. Показано, что основным путем повышения тягово-сцепных свойств локомотивов является улучшение качества работы противобуксовочных систем за счет разработки и применения адаптивных методов управления. Для этого предложено индивидуально регулировать напряжение на каждом тяговом двигателе в зависимости от избыточной скорости скольжения, углового ускорения, скорости изменения ускорения колесной пары, а также величины и скорости изменения тягового усилия на автосцепке локомотива. Кроме того, обоснованы алгоритмы

адаптивного управления электрической передачей, обеспечивающие реализацию максимального коэффициента сцепления колес с рельсами при случайном характере загрязнения их поверхности.

ЛІТЕРАТУРА

1. Исаев И.П., Лужков Ю.М. Проблемы сцепления колес локомотивов с рельсами. – М.: Машиностроение, 1985. – 238 с.
2. Минов Д.К. Повышение тяговых свойств электровозов и тепловозов с электрической передачей. – М.: Транспорт, 1965. – 257 с.
3. А.В. Грищенко, В.В. Грачев, С.И. Ким, Ю.И. Клименко и др. Микропроцессорные системы автоматического регулирования электропередачи тепловозов. – М.: Маршрут, 2004. – 172 с.
4. Осенин Ю.И., Малахов О.В. Предупреждение буксования колес локомотива // Тезисы докладов IX Междунар. конф. «Проблемы механики железнодорожного транспорта: динамика надежности и безопасности подвижного состава». – Днепропетровск: Днепропетр. госуд. техн. университет ж.-д. трансп., 1996. – С. 117–118.
5. Совершенствование электрических передач электрооборудования тепловозов / Киржнер Д.Л., Калабухов А.С., Кашников Г.Ф. // Тяжелое машиностроение. – 2000. – № 1. – С. 22–27.
6. Баур Х.П. Оптимальное использование сцепления на электровозе с трехвехным тяговым приводом // Железные дороги мира. – 1987. – № 8. – С. 10–23.
7. Мейер Б. Локомотивы с высокими тягово-сцепными качествами и регулируемым креном // Железные дороги мира. – 1989. – № 5. – С. 18–25.
8. Ohishi K., Ogawa Y. Adhesion control of electric motor coach based on force control using disturbance observer // IEEE, Advanced Motion Control. – April, 2000. – PP. 323–328.
9. Cheok A.D., Shiomi S. Combined heuristic knowledge and limited measurement based fuzzy logic antiskid control for railway applications // IEEE Transactions on systems. – 2000. – № 30 (4). – PP. 557–568.

IMPROVING THE PROPERTIES OF ADAPTIVE REGULATION OF THE LOCOMOTIVES

E. Shapran

Scientific Research Institute "Iskra" of Volodymyr Dahl East Ukrainian National University
kvartal Molodezhnyi, 20a, Lugansk, 91034, Ukraine. E-mail: official@iskra.lugansk.ua

The research results of the methods of adaptive process control of electromechanical power transmission system of the locomotive are presented in this article. Here are analyzed the possibilities, given a comparative evaluation of the effectiveness and the application outlook of various regulatory systems of power locomotives depending on the slipping detection methods based on measurements of the excessive wheel slip velocity relative to the rail, the angular acceleration and the angular rate, as well as magnitude and rate of change of traction power to the automatic coupler of the locomotive. An algorithm of adaptive transmission control ensuring the maximum wheel-rail friction coefficient at random nature of the contamination of their surface.

Key words: power control system, adaptive transmission control, transformer.

REFERENCES

1. Isaev, I.P., Luzhkov, Y.M. (1985), *Problemyi stsepleniya koles lokomotivov s relsami* [Problems traction locomotives and rails], Mashinostroenie, Moscow, Russia.
2. Minov, D.K. (1965), *Povyishenie tyagovykh svoystv elektrovozov i teplovozov s elektricheskoy peredachey* [Increased traction properties of electric and diesel locomotives with electric transmission], Transport, Moscow, Russia.
3. Grischenko, A.V., Grachev, V.V., Kim, S.I., Klimenko Y.I. (2004), *Mikroprotsessornyye sistemyi avtomaticheskogo regulirovaniya elektropredachi teplovozov* [Microprocessor automatic control system of diesel power], Marshrut, Moscow, Russia.
4. Osenin, Y.I., Malahov, O.V., (1996), "Warning boksovaniya locomotive wheels", *Abstracts IX Int. Conf. "Problems of railway transport: the dynamics of reliability and safety of the rolling stock"*, Dnepropetrovsk, Dnepropetrovsk State Technical University of Railway Transport, pp. 117–118.
5. Kirzhner, D.L. Kalabuhov, A.S., Kashnikov G.F., (2000), "Improving the electrical transmission of electrical locomotives", *Tyazheloe mashinostroenie*, no. 1, pp. 22–27.
6. Bauer, H.P. (1987), "Optimal use of the clutch, the locomotive traction drive with trehvahnym", *Zheleznyye dorogi mira*, no. 8, pp. 10–23.
7. Meyer, B. (1989), "Locomotives with high traction qualities and adjustable creep", *Zheleznyye dorogi mira*, no. 5, pp. 18–25.
8. Ohishi, K., Ogawa, Y. (2000), "Adhesion control of electric motor coach based on force control using disturbance observer", *IEEE, Advanced Motion Control*, pp. 323–328.
9. Cheok, A.D., Shiomi, S., (2000), "Combined heuristic knowledge and limited measurement based fuzzy logic antiskid control for railway applications", *IEEE Transactions on systems*, no. 30(4), pp. 557–568.

Стаття надійшла 23.06.2014.