

УДК 629.053

ГЕЙКО Г. В., ст. преп. кафедри «Вычислительная техника и программирование» (Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»)

Разработка новых программных компонент для системы управления дизель-поездом

Рассмотрены структуры различных систем управления поездами, показаны их достоинства и недостатки. Для усовершенствования системы управления отечественного дизель-поезда ДЭЛ-02 предложена её модификация, которая заключается в добавлении в существующую структуру дополнительных программных компонент. Это позволило повысить точность работы системы управления, оптимизировать процессы перевозки грузов и пассажиров дизель-поездом, а также сократить время бокования и уменьшить износ бандажей колёсных пар.

Ключевые слова: система управления, дизель-поезд, программные компоненты.

Постановка задачи и анализ литературы

В процессе управления поездом машинист постоянно получает информацию о дорожной обстановке и контролирует техническое состояние поезда. Однако во время движения поезда сложно учесть всё множество параметров, поэтому одним из направлений улучшения процесса перевозки грузов и пассажиров является переход от человеко-машинных систем управления к автоматизированным компьютеризованным системам управления (КСУ). Благодаря развитию микропроцессорной техники функциональные возможности КСУ постепенно расширяются, они становятся всё более универсальными, компактными и надежными.

В [1] рассмотрена система автоведения, представляющая собой аппаратно-программный комплекс, который рассчитывает оптимальный алгоритм следования поезда. Результаты мониторинга движения пассажирских поездов показали, что при автоведении доля поездов, которые отклонялись от энергооптимального графика, в 3–4 раза меньше, чем при ручном управлении, а экономия энергоресурсов при этом составляет 3–10 %. В работе [2] отмечено, что при ведении поездов у начинающих и опытных машинистов разница в расходе энергии может быть более 25 %, поэтому, чтобы избежать влияния человеческого фактора на процесс управления тяговым подвижным составом, всё чаще используют системы автоведения. Такие системы используют информацию о параметрах состава, о профиле железнодорожного пути, об ограничениях скорости на маршруте движения и др. Имея эти данные, система автоведения поддерживает и реализует такое управление локомотивом, при котором

минимизируется расход энергии на поездную работу при обязательном условии выполнения расписания движения и соблюдения требований безопасности. Однако при отклонении реальных характеристик подвижного состава от расчётных либо при изменении дорожной обстановки снижается эффективность такой системы автоведения, что ограничивает её использование.

В [3] показана актуальность создания систем интеллектуального железнодорожного транспорта, которые включают в себя интеллектуальные станции, интеллектуальные поезда, а также автоматизированную систему управления (АСУ) движением поездов. Задачи такой системы состоят в обеспечении устойчивого выполнения графика и безопасности движения поездов, оперативного управления в штатных и нештатных ситуациях, оперативного диагностирования состояния оборудования, повышении пропускной способности линий и др. Внедрение интеллектуального транспорта обеспечивает оптимизацию управления перевозками. При использовании такой системы повышается эффективность расхода потребляемой локомотивом энергии, за счёт более рационального распределения подвижного состава повышаются объёмы перевозок при его меньшем количестве, продлевается срок службы оборудования и узлов. Недостатком такой системы является сложность построения.

В [4] приведена структура системы управления поездом, бортовой компьютер которого управляется путём получения и отправки данных по радиоканалу к центральному компьютеру, расположенному на диспетчерском пункте. Бортовой компьютер является промышленным персональным компьютером с соответствующими интерфейсами и отвечает за определение местоположения поезда, основанное на данных GPS, а также контролирует правильность выполнения машинистом управления локомотивом.

Кроме этого, бортовой компьютер контролирует движение и автоматически активирует аварийный тормоз в случае необходимости. В [5] показано, что в скором времени системы управления поездами станут автономными и будут состоять только из бортовых систем (без наземных систем). Каждый поезд, связываясь напрямую с другими поездами, будет контролировать работу своих тормозных систем автономно, на основе информации от других поездов. Однако существуют отрицательные стороны использования такой системы: управление поездом полностью без участия машиниста не всегда желательно, так как только человек может заметить какие-то «непонятные» для компьютера препятствия на пути или адекватно повести себя в нестандартной ситуации (не являются редкостью случаи столкновения поездов с самоходной техникой на перегонках).

В [6] представлена структура системы управления движением локомотива. Эта система представляет собой аппаратно-программный комплекс, который предназначен для обеспечения в режиме реального времени систем управления железнодорожным транспортом информацией о местонахождении, скорости и направлении движения локомотивов. Функциональные возможности системы в сочетании с возможностями смежных систем позволяют полностью осуществить автоматизированное управление поездной работой и обеспечить дистанционный контроль за расходом энергии и параметрами работы локомотива.

Система состоит из бортовой (рис. 1) и постовой (рис. 2) аппаратуры. В бортовую систему поступает информация с приёмников радионавигационных сигналов и датчиков контроля параметров, которые установлены на локомотиве. Также бортовая система выполняет первичную обработку данных и передаёт пакеты данных по радиоканалу GSM-связи, которые в режиме реального времени обрабатываются QNX-сервером, и полученная информация передаётся в ЭВМ диспетчера.

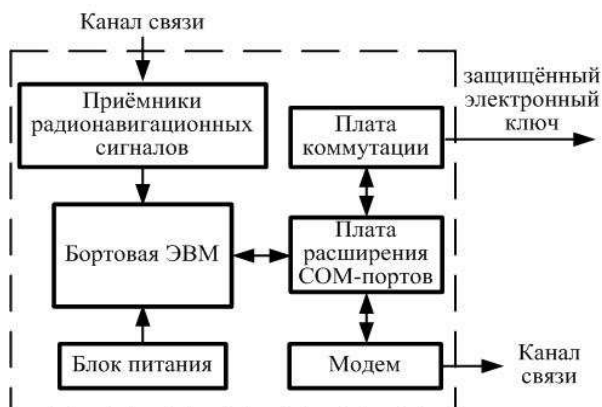


Рис. 1. Структура системы бортовой аппаратуры

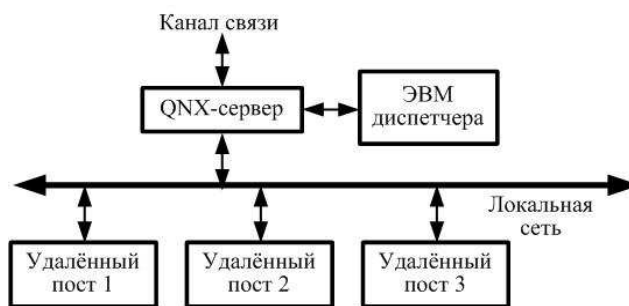


Рис. 2. Структура системы постовой аппаратуры

Программное обеспечение ЭВМ диспетчера позволяет отобразить траекторию движения выбранного локомотива, а также получить различные отчёты о его работе. Среднеквадратичное отклонение определения местоположения локомотива составляет 0,35 м, а скорости движения – 0,05 м/с. При использовании такой системы повышается эффективность использования локомотивного парка до 20 %, значительно сокращается количество ошибок, обусловленных человеческим фактором, повышается безопасность движения.

В [7] приведена структура комплексной микропроцессорной системы электровоза ЭП10, которая представляет собой децентрализованную модульную систему, которая работает в реальном времени и осуществляет диагностику практически всего электрического оборудования локомотива, а также осуществляет управление его работой. Весь набор модулей системы можно функционально разделить на верхний уровень (подсистема управления электровозом) и нижний уровень (подсистемы управления преобразователями). Структура системы управления и диагностики представлена на рис. 3. К верхнему уровню относятся блоки электроники, органы управления, дисплеи на пультах управления, к нижнему – подсистема управления преобразователем собственных нужд, а также подсистемы управления тяговыми преобразователями.

Модули управления локомотивом представляют собой микроконтроллеры, расположенные в специальном защищенном корпусе и выполняющие следующие функции: приём управляющих сигналов; контроль состояния электрических аппаратов силовых цепей и управление их работой; реализацию функций регуляторов скорости, электрического тормоза и управления величиной тяги; накопление диагностических сообщений в энергонезависимой памяти; выдачу на дисплеи пультов управления информации о работе оборудования и др. Все управляющие элементы работают параллельно и независимо друг от друга. Каждый из управляющих модулей выполняет свою программу. Программное обеспечение элементов управления построено так, что

в нём отсутствуют режимы остановки исполнения программы в ожидании внешних команд. Каждая программа состоит из набора различных функций, которые исполняются в пределах одного цикла в определенной последовательности. К системе

управления предусмотрено подключение сервисного компьютера для загрузки программного обеспечения в управляющие модули и считывания архива диагностической информации.

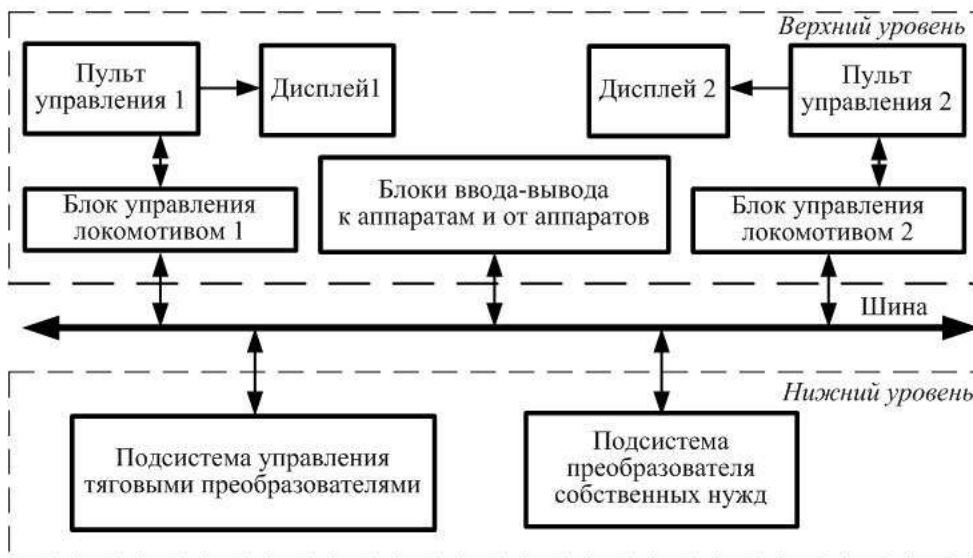


Рис. 3. Структура системы управления и диагностики электровоза ЭП10

Целью статьи является анализ структур существующих систем управления поездами, выявление их достоинств и недостатков и совершенствование на основе этого системы управления дизель-поезда ДЭЛ-02.

Основная часть

В работе [8] приведена структура поддержки принятия решений машинистом дизель-поезда ДЭЛ-02. Перед этой системой ставятся задачи, связанные с выбором оптимальных режимов ведения поезда. При этом часть задач решается с помощью метода тяговых расчетов, который состоит в определении основных показателей, необходимых для ведения поезда.

Однако, так как эти расчёты выполняются заранее для каждого конкретного участка пути, то при изменении дорожной обстановки в процессе движения состава система управления не позволяет получить оптимальный закон управления движением. В числе факторов, которые невозможно учесть заранее: метеоусловия, реальное сопротивление движению локомотива (которое может отличаться от расчетного значения до 20 %, а свойства сцепления колеса с рельсом – более чем на 50 %), включение дополнительного оборудования (устройств освещения, отопления и др.). Неопределенность поездной обстановки и изменение вспомогательных нагрузок приводят к неверному расчету управляющего воздействия, а значит, к перерасходу энергии.

Для решения существующих проблем систему управления дизель-поезда ДЭЛ-02 необходимо модернизировать. На рис. 4 приведена структура усовершенствованной системы управления, в которую добавлены три новых программных компонента (выделены пунктиром).

В программном компоненте идентификации параметров ТАД реализован алгоритм по определению электрических параметров тяговых асинхронных двигателей (ТАД) в процессе их работы при движении поезда. Применение этих двигателей на дизель-поезде ДЭЛ-02 обусловлено их лучшими, по сравнению с другими типами двигателей, массо-габаритными показателями, они имеют улучшенные тяговые характеристики и высокую надёжность работы. Однако для их управления необходимо создавать сложные автоматические системы управления и преобразователи частоты. Кроме этого, в процессе эксплуатации двигателей изменяются их характеристики, а из-за допусаемых отклонений при производстве возникает неопределенность тяговых характеристик, которая отличается от расчётных, используемых системой управления. Поэтому возникает необходимость в проведении идентификации электрических параметров ТАД в процессе движения поезда. Данная задача решается за счет построения различного рода наблюдателей, которые реализуются на базе известных математических моделей.

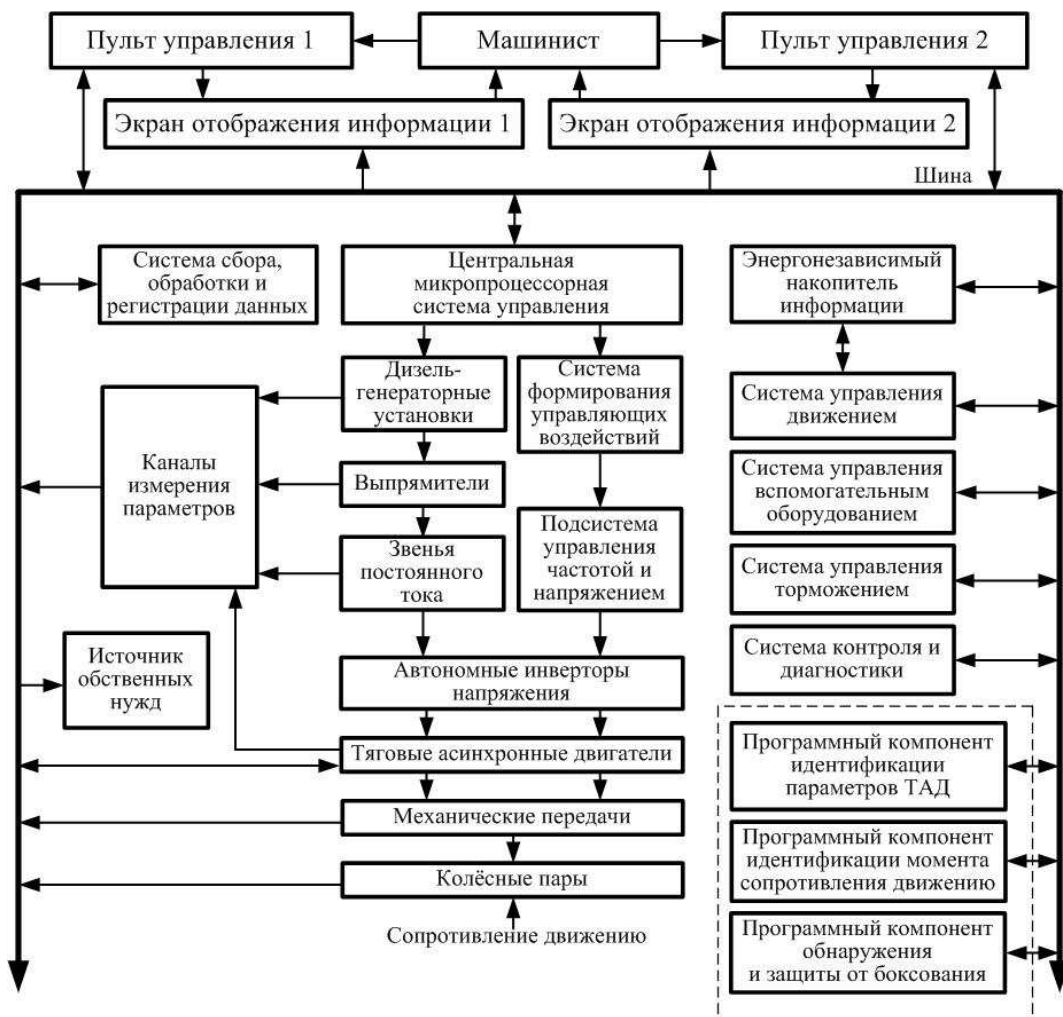


Рис. 4. Структурная схема усовершенствованной системы управления дизель-поездом ДЭЛ-02

Математическая модель дизель-поезда с эквивалентным ТАД, записанным в неподвижной системе координат $(\alpha, \beta, 0)$, может быть представлена следующим образом [9]:

$$\frac{di_{s\alpha}}{dt} = \frac{1}{\sigma L_s} U_{s\alpha} - \gamma i_{s\alpha} + \frac{\beta}{T_r} \Psi_{r\alpha} + p\beta\omega \Psi_{r\beta}, \quad (1)$$

$$\frac{di_{s\beta}}{dt} = \frac{1}{\sigma L_s} U_{s\beta} - \gamma i_{s\beta} + \frac{\beta}{T_r} \Psi_{r\beta} - p\beta\omega \Psi_{r\alpha}, \quad (2)$$

$$\frac{d\Psi_{r\alpha}}{dt} = \frac{L_m}{T_r} i_{s\alpha} - \frac{\Psi_{r\alpha}}{T_r} - p\omega \Psi_{r\beta}, \quad (3)$$

$$\frac{d\Psi_{r\beta}}{dt} = \frac{L_m}{T_r} i_{s\beta} - \frac{\Psi_{r\beta}}{T_r} + p\omega \Psi_{r\alpha}, \quad (4)$$

$$M = \frac{3}{2} p \frac{L_m}{\sigma L_r} (\Psi_{r\alpha} i_{s\beta} - \Psi_{r\beta} i_{s\alpha}), \quad (5)$$

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{1}{J} (M_{\text{эКВ}} - M_c), \quad (6)$$

где $i_{s\alpha}$, $i_{s\beta}$ – соответственно проекции тока статора на оси α и β ; t – время; $\sigma = 1 - K_s K_r = 1 - L_m^2 / (L_s L_r)$ – коэффициент рассеяния; L_s, L_r, L_m – соответственно индуктивность статора, ротора и взаимная индуктивность; $K_s = L_m / L_s$; $K_r = L_m / L_r$;

$U_{s\alpha} = U_{1m} \sin(2\pi ft) = \sqrt{2}U_1 \sin(2\pi ft)$ – синусоидальна складова напруги статора по осі α ортогональної неподвижної системи координат α, β ; $U_{1m} = \sqrt{2}U_1$ – амплітудне значення фазного напруги статорної обмотки; U_1 – дійсуюче значення фазного напруги статорної обмотки; $\gamma = \frac{R_s}{\sigma L_s} + \frac{R_r L_m^2}{\sigma L_s L_r^2}$; R_s, R_r – активні

сопротивлення статора і ротора; $\beta = \frac{L_m}{\sigma L_s L_r}$;

$T_r = \frac{L_r}{R_r}$ – постійна часу ротора; $\Psi_{r\alpha}, \Psi_{r\beta}$ –

соответственно проекції потокозчеплень ротора на осі α і β ; p – число пар полюсів; ω – частота вращення ротора;

$$\frac{d^2 i_{s\alpha}}{dt^2} + p\omega \frac{di_{s\beta}}{dt} = K_1 i_{s\alpha} + K_2 U_{s\alpha} + K_3 p\omega i_{s\beta} + K_4 \left(\frac{dU_{s\alpha}}{dt} + p\omega U_{s\beta} \right) + K_5 \frac{di_{s\alpha}}{dt}, \quad (7)$$

$$\frac{d^2 i_{s\beta}}{dt^2} - p\omega \frac{di_{s\alpha}}{dt} = K_1 i_{s\beta} + K_2 U_{s\beta} + K_3 p\omega i_{s\alpha} + K_4 \left(\frac{dU_{s\beta}}{dt} - p\omega U_{s\alpha} \right) + K_5 \frac{di_{s\beta}}{dt}, \quad (8)$$

где $K_1 = -\frac{R_s}{\sigma L_s T_r}$; $K_2 = \frac{1}{\sigma L_s T_r}$; $K_3 = -\frac{R_s}{\sigma L_s}$;

$$K_4 = \frac{1}{\sigma L_s}; K_5 = -\frac{(L_r R_s + L_s R_r)}{\sigma L_s L_r}.$$

Тогда задача ідентифікації зводиться к знаходженню коефіцієнтів K_1, K_2, K_3, K_4, K_5 , с помощью которых могут быть получены величины основных параметров двигателя:

$$R_s = \frac{K_3}{K_4}, T_r = \frac{K_4}{K_2}, \sigma = \frac{K_2}{K_4(K_3 - K_5)}, L_s = \frac{(K_3 - K_5)}{K_2}. \quad (9)$$

Определение остальных параметров (R_r, L_r, L_m)

ТАД с учётом того, что диапазон их возможного изменения относительно паспортного значения известен, предлагается осуществлять с помощью генетического алгоритма. При этом в качестве хромосомы выступают искомые параметры, каждый из которых кодируется 16 битами как вещественное число из интервала $[0,5P_n .. 2P_n]$, где P_n – паспортное значение параметра. Критерием качества (приспособленностью хромосомы) является модуль разности между значениями T_r и σ , полученными через коэффициенты K , и этими же значениями, найденными через параметры R_r, L_r и L_m .

$U_{s\beta} = U_{1m} \cos(2\pi ft) = \sqrt{2}U_1 \sin(2\pi ft)$ – косинусоидальна складова напруги статора по осі β ортогональної неподвижної системи координат α, β ; J – приведений момент інерції двигателя; $M_{\text{экс}}$ – эквивалентный момент тяги; M_c – момент сопротивления движению.

В приведенной модели в процессе работы двигателя изменяются пять параметров: R_s, R_r, L_m, L_s, L_r . Для их определения выполнено преобразование исходной математической модели к виду, в котором исключены неподдающиеся измерению величины (связанные с ротором). Необходимыми данными для расчётов являются измеренные значения тока и напруги статора, их производные первого и второго порядков (7) – (8).

В результате моделирования установлено, что предложенный метод ідентифікації позволяет определять основные параметры тягового асинхронного двигателя с ошибкой до 5%. Так, на рис. 5 приведён результат ідентифікації значения сопротивления R_s в случае его увеличения в момент времени $t = 3,1$ с на 20%.

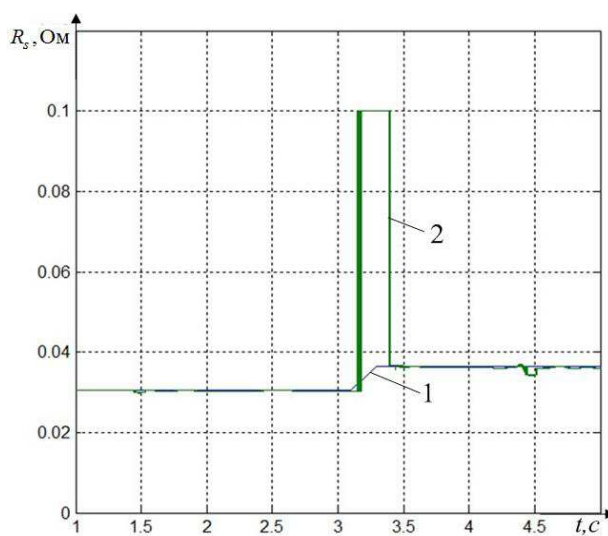


Рис. 5. Переходные процессы оценок ідентифікації R_s : 1 – реальное значение, 2 – вычисленное значение

Данный метод идентификации параметров позволил в реальном времени выполнять подстройку системы векторного управления тяговым приводом, в результате чего повысилась точность работы системы управления дизель-поезда в целом.

Программный компонент идентификации момента сопротивления движению (M_c) предназначен для уточнения математической модели (1) – (6) с целью подстройки системы управления дизель-поезда под реальную дорожную обстановку, которая в процессе движения поезда может изменяться. Алгоритм идентификации состоит в определении коэффициентов b_0, b_1, b_2 , которые используются в выражении для определения момента сопротивления движению:

$$M_c = b_0 + b_1V_{л} + b_2V_{л}^2, \quad (10)$$

где $V_{л}$ – скорость дизель-поезда.

Коэффициенты b_0, b_1, b_2 рассчитываются заранее по методу тяговых расчётов и остаются постоянными

при движении поезда для конкретного перегона. Однако в процессе движения поезда эти коэффициенты могут изменяться, что приводит к расхождениям в определении управляющих воздействий при выполнении управления с моделью. Для их нахождения в программном компоненте идентификации момента сопротивления движению используется метод наименьших квадратов.

На рис. 6 приведены результаты моделирования разгона дизель-поезда. При этом, в момент времени $t = 15$ с выполнено изменение коэффициентов в выражении, описывающем момент сопротивления движению. Как видно из рисунка, при отсутствии оценки момента сопротивления движению, в системе управления расчетная скорость V_1 отличается от реальной скорости дизель-поезда V_2 . В то время как скорость V_3 , рассчитанная с учетом идентификации момента сопротивления, соответствует реальной скорости дизель-поезда.

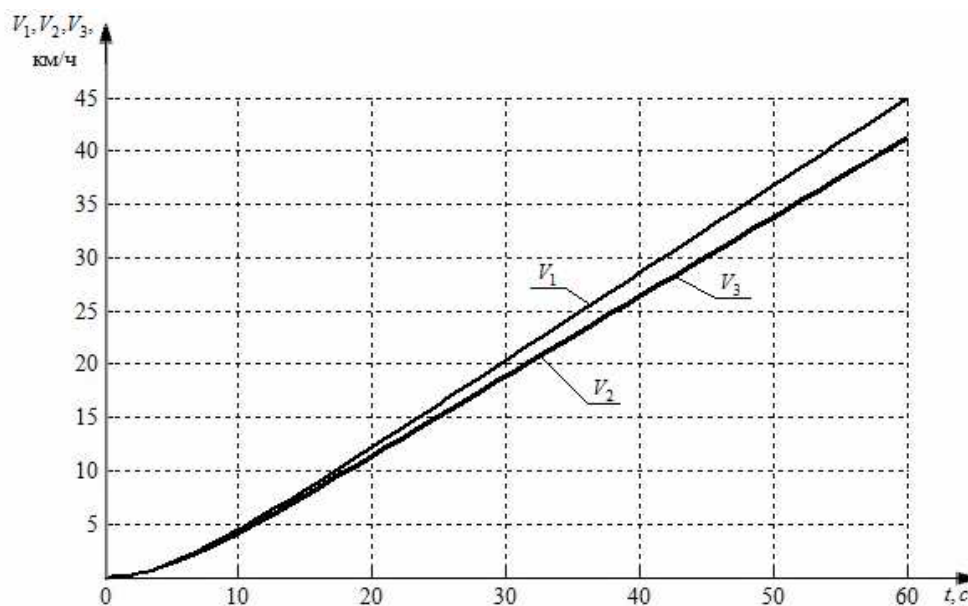


Рис. 6. Изменение скоростей движения дизель-поезда с учетом (V_3) и без учета (V_1) идентификации момента сопротивления движению

Применение данного программного компонента позволило производить расчёт управляющих воздействий при управлении с моделью с учетом изменения дорожной обстановки.

Особенностью программного компонента обнаружения и защиты от боксования является то, что он построен с использованием нечёткой логики. Нечёткий контроллер (НК) ставится для каждого ТАД и выполняет задачу обнаружения боксования. На его вход поступают следующие сигналы: модуль разности

значений тока статора ТАД, модуль разности скоростей вращения колесных пар, ускорение колёсной пары, относительная скорость скольжения колеса относительно рельса.

Необходимо отметить, что до настоящего времени пока не удалось создать единую теорию сцепления, которая с приемлемой точностью позволяла бы прогнозировать изменение величины коэффициента сцепления при движении поезда и нет метода по обнаружению боксования, который бы не имел

недостатков, поэтому исследования в этой области продолжают [10]. В тяговых расчётах используют расчётную характеристику сцепления, которая представляется как безразмерная величина K_{ψ} , зависящая от относительной скорости скольжения колеса относительно рельса $V_{ск}$ (рис. 7). На этой характеристике можно выделить три области: область

устойчивой реализации силы тяги (1); область неустойчивой реализации силы тяги (2); область (3), когда наступает боксование [11]. Таким образом, по характеру изменения процессов можно определить область, в которой функционирует объект. Нечёткие контроллеры для обнаружения боксования реализуются для каждого ТАД.

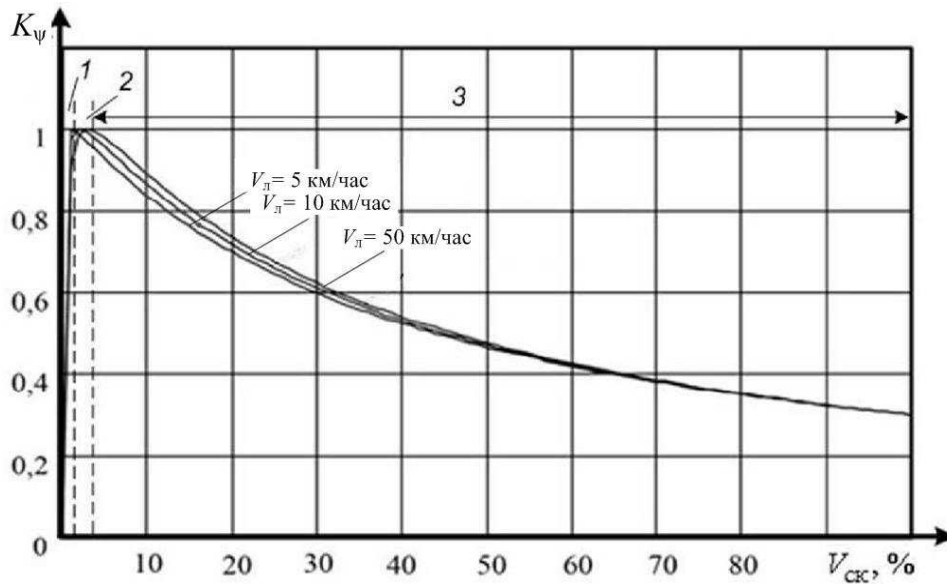


Рис. 7. Характеристика сцепления

Сигналы с выходов НК сигнализируют о нахождении колёсных пар в одной из областей (без боксования, предбоксование, боксование) и поступают в центральную микропроцессорную систему управления. При наличии боксования система формирует управляющие воздействия,

ограничивающие питающее напряжение ТАД боксующей колесной пары.

На рис. 8 приведены сигналы на выходах нечётких контроллеров НК1 и НК2 при моделировании процесса обнаружения и защиты от боксования (уменьшение сцепления колесными парами смоделировано в момент времени $t = 2,8$ с).

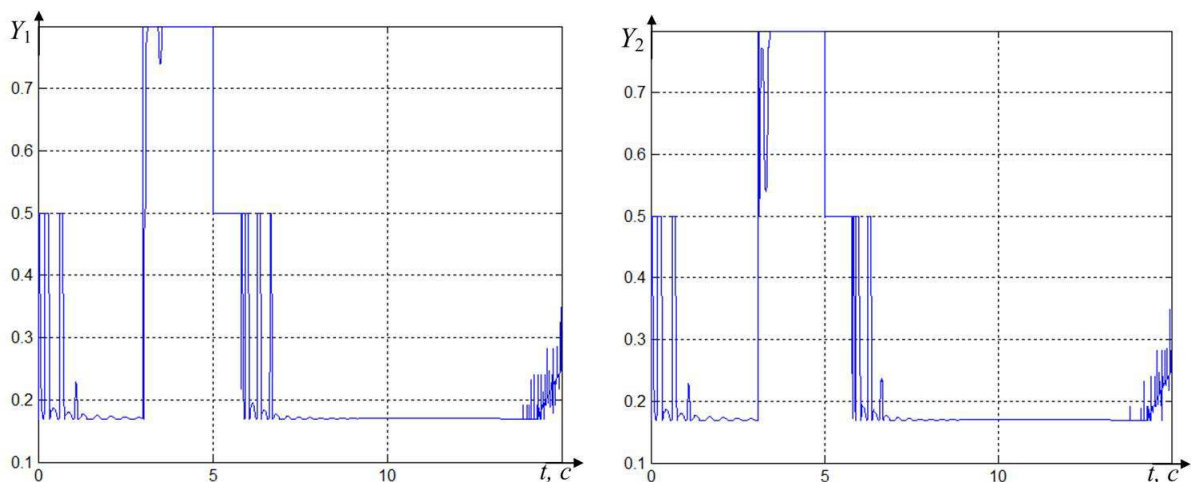


Рис. 8. Сигналы на выходе нечётких контроллеров НК1 (Y_1) и НК2 (Y_2) при срабатывании защиты от боксования

Из рис. 8 следует, что система обнаружила начавшееся боксование в момент времени $t_1 = 3$ с, а затем произвела защиту от боксования, в результате чего в момент времени $t_1 = 7$ с боксование прекратилось.

В результате пуско-наладочных работ установлено, что данный метод позволяет обнаруживать как несинхронное, так и синхронное боксование колёсных пар, чем он выгодно отличается от существующих методов, на основе которых производится расчёт управляющего воздействия.

Выводы

Проведя анализ структур компьютеризованных систем управления поездами, можно сделать вывод, что усовершенствование таких систем в настоящее время является актуальной задачей. Для дизель-поезда ДЭЛ-02 предложено ввести в структуру системы управления следующие программные компоненты: 1) идентификации параметров тяговых асинхронных двигателей, реализующий алгоритм по определению их электрических параметров в процессе движения поезда; 2) идентификации момента сопротивления движению для уточнения математической модели дизель-поезда с целью подстройки системы управления под реальную дорожную обстановку, изменяющуюся в процессе движения поезда; 3) обнаружения и защиты от боксования на нечёткой логике, позволяющий обнаруживать как несинхронное, так и синхронное боксование колёсных пар. Данные программные компоненты позволили повысить точность работы системы управления дизель-поездом, оптимизировать процессы перевозки грузов и пассажиров, а также сократить время боксования и уменьшить износ бандажей колёсных пар.

Список использованных источников

1. Соловьев, В. П. Вычислительный комплекс системы управления движением поездов [Текст] / В. П. Соловьев, Д. А. Корнев // Интеллектуальные технологии на транспорте. – 2015. – № 4. – С. 5–9.
2. Жебрак, Л. М. Адаптивная система автоведения поездов [Текст] / Л. М. Жебрак // Control engineering Россия. – 2015. – №4 (58). – С. 28–30.
3. Ададуров, С. Е. Интеллектуальный поезд – гарантия повышения надежности движения поездов [Текст] / С. Е. Ададуров // Наука и транспорт. – 2009. – Спец. вып. – С. 30–32.
4. Stadlmann B. Field experience with GPS based train control system [Text] / B. Stadlmann, S. Mairhofer, G. Hanis // In Proceedings of GNSS 2010 – The European navigation conference on global navigation satellite systems. – 2010. – P. 7.
5. Matsumoto M. The revolution of train control system in Japan [Text] / M. Matsumoto // Proceedings of the 7th International symposium on autonomous decentralized systems. – 2005. – P. 599 – 606.
6. Гундарев, И. Система управления движением локомотива с использованием ГЛОНАСС/GPS [Текст] / И. Гундарев, А. Батраков // Современные технологии автоматизации. – 2012. – № 3. – С. 40–43.
7. Система управления и диагностики электровоза ЭП10 [Текст] / под ред. С. В. Покровского. – М. : Интекст, 2009. – 356 с.
8. Заковоротный, А. Ю. Разработка обобщенной структуры интеллектуальной системы поддержки принятия решений машинистом дизель-поезда [Текст] / А. Ю. Заковоротный, С. Ю. Леонов, Н. В. Мезенцев // Системи обробки інформації. – Харків : ХУПС, 2015. – Вип. 3 (128). – С. 6–12.
9. Сандлер, А. С. Автоматическое частотное управление асинхронными двигателями [Текст] / А. С. Сандлер, Р. С. Сарбатов. – М. : Энергия, 1974. – 328 с.
10. Фролов, А. В. Повышение тяговых свойств тепловозов [Текст] / А. В. Фролов // Известия ПГУПС. Исторические аспекты науки и техники. – 2011. – № 1. – С. 391–402.
11. Процев, В. В. Алгоритм работы системы регулирования тягового усилия шахтного локомотива [Текст] / В. В. Процев, А. М. Твердохлеб // Вісник КНУ. – Кривий Ріг, 2012. – №32. – С. 234–239.

Гейко Г. В. Розробка нових програмних компонент для системи управління дизель-поїздом. Розглянуто структури різних систем управління поїздами, показано їх переваги та недоліки. Для вдосконалення системи управління вітчизняним дизель-поїздом ДЕЛ-02 запропонована її модифікація, яка полягає у додаванні до існуючої структури додаткових програмних компонент. Це дало змогу підвищити точність роботи системи управління, оптимізувати процеси перевезення вантажів і пасажирів дизель-поїздом, а також скоротити час боксування та зменшити знос бандажів колісних пар.

Ключові слова: система управління, дизель-поїзд, програмні компоненти.

Gennadij Gejko. Development of new software components for the diesel train control system. The analysis of the structures of various train control systems was carried out, on the basis of which the control system of the domestic diesel train DEL-02 was perfected. It is noted that during the movement of the diesel train with the uncertainty of the train situation and the change in auxiliary loads, this system does not allow us to obtain the optimal traffic control law. To do this, its modification is

accomplished by adding additional software components to the existing structure. In the software component of the identification of parameters of traction induction motors, an algorithm is implemented to determine their electrical parameters during the movement of the train. The software component of the identification of the moment of resistance to movement is intended to refine the mathematical model of the diesel train with the purpose of adjusting the control system to a real road situation, changing during the movement of the train. A feature of the software component of detection and protection against slippage is that it is built using fuzzy logic (the fuzzy controller performs the task of detecting slippage of wheelsets). This approach made it possible to detect both non-synchronous and synchronous slippage of wheelsets. The proposed software components made it possible to improve the accuracy of the diesel train control system, to optimize the process of transporting cargoes and passengers by diesel-train, as well as to reduce the time of slippage and reduce the abrasion of the wheelsets bandages.

Keywords: control system, diesel train, software components.

Надійшла 06.04.2018 р.

Гейко Геннадій Вікторович, старший викладач, кафедра «Обчислювальна техніка та програмування», Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна; e-mail: gennady1752@gmail.com; ORCID: 0000-0001-6958-8306.

Gejko Gennadij, senior lecturer, chair «Computing engineering and programming», National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Kharkiv, Ukraine; e-mail: gennady1752@gmail.com; ORCID: 0000-0001-6958-8306.