

УДК 656.212.5:681.3

ЖУКОВИЦКИЙ И.В., д.т.н., профессор (Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта им. В. Лазаряна)

Структурная схема цифровой системы управления торможением отцепов замедлителями тормозной позиции

Рассмотрена структурная схема цифровой системы управления торможением отцепов замедлителями тормозной позиции. Анализ показывает, что в целом цифровая система управления торможением отцепов в замедлителях нажимного типа является стохастической, существенно нелинейной импульсно-релейной системой с переменной структурой, переменными параметрами и запаздыванием. Исследование таких систем аналитическими методами встречает ряд затруднений и невозможно без существенных упрощений и линеаризации.

Предложенные допущения и ограничения позволяют при исследовании динамики данной системы ограничиться исследованием динамики разомкнутой части системы, так как в момент подачи команды управления система будет находиться в установившемся режиме.

Ключевые слова: сортировочная горка, тормозная позиция, система управления, структурная схема, конечный автомат.

Постановка задачи

При расформировании составов на сортировочных горках, где используется принцип сосредоточенного управления, требуется обеспечить управление замедлителями тормозных позиций. Хотя на сортировочных горках Украины такое управление в большинстве случаев производится вручную, мы будем рассматривать возможности автоматического управления, с надеждой, что в Украине начнутся работы по автоматизации сортировочных станций. В работах [1-4] автором уже рассматривался вопрос автоматического управления торможением отцепов в замедлителях нажимного типа. В [1] были рассмотрены статическая и динамическая характеристики исполнительного органа (замедлителя), математическая модель процесса торможения, техническая и функциональная структура цифровой системы автоматического управления. Однако, для целей управления необходимо наличие структурной схемы такой системы, где более полно показано математическое описание отдельных ее элементов.

Основная часть

Структурная схема рассматриваемой системы изображена на рис. 1.

Объект управления (отцеп) здесь представлен двумя интегрирующими звеньями, преобразующими суммарное воздействие F_{Σ} в скорость $V(t)$ и путь $S(t)$. Релейный элемент $P_{\Sigma 2}$ преобразует путь, пройденный отцепом в тормозной позиции (ТП) в количество тормозимых осей $N^*(t)$. $P_{\Sigma 2}$ соответствует группе путевых точечных датчиков, установленных на входе и выходе из тормозной позиции. Координата скорости измеряется радиолокационным измерителем скорости (РЛС). На данной структурной схеме представлен один из вариантов использования РЛС. На сигнал скорости $V(t)$ накладывается аддитивная помеха h . Смешанный сигнал проходит усилительное звено K_1 , сигнал с выхода которого $V_n(t)$ поступает на АЦП, представленный на схеме релейным элементом $P_{\Sigma 3}$. Измеренные значения $V^*(t)$ и $N^*(t)$ преобразуются идеальными импульсными элементами первого рода $I\mathcal{E}_1$ и $I\mathcal{E}_2$ в решетчатые цифровые функции $V^*[n]$ и $N^*[n]$, что соответствует их дискретному опросу с периодом T , и поступают на вход ЦВМ (в реальной системе – микроконтроллер), представленную звеном $D(Z)$. На выходе ЦВМ формируется цифровой решетчатый сигнал управления $U[n]$, который поступает на вход идеального импульсного элемента $I\mathcal{E}_3$. Этот элемент генерирует с периодом T последовательность $U^*[n]$ бесконечно коротких импульсов типа δ -функции, площадь которых пропорциональна сигналу $U(t)$ в моменты времени $t=nT$. Далее сигнал с задержкой, вызванной временем обработки входных сигналов в ЦВМ, поступает на экстраполятор нулевого порядка.

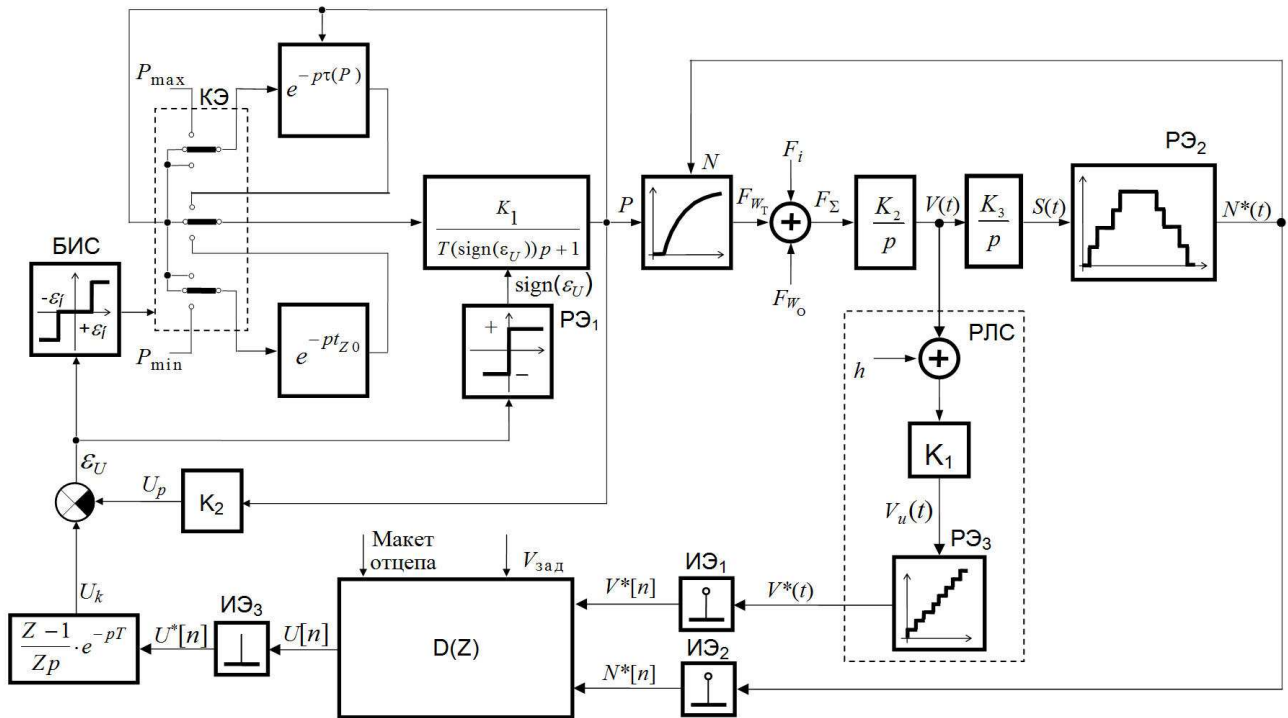


Рис. 1. Структурная схема цифровой системы управления торможением отцепки замедлителями тормозной позиции

Сигнал U_k с выхода экстраполятора поступает на регулятор давления, который на структурной схеме показан, как совокупность ряда звеньев:

- линейного преобразующего элемента K_2 , осуществляющего преобразование давления P в сигнал U_p ;
- элемента сравнения, который сравнивает сигналы U_k и U_p и выдаёт сигнал рассогласования ϵ_U ;
- релейного элемента $РЭ_1$, вырабатывающего сигнал $\text{sign}(\epsilon_U)$;
- блока изменения структуры (БИС), управляющего работой ключевых элементов (КЭ).

БИС осуществляет подключение электропневмоклапанов, которые на схеме показаны, как элементы задержки, к входу пневмопривода, который показан как апериодическое звено с переменным параметром $T=f(\text{sign}(\epsilon_U))$. Если $\epsilon_U > +\epsilon_n$ ($\pm\epsilon_n$ – граница зоны нечувствительности БИС), то ключевой элемент подключит к входу тормозного ЭПК давление P_{\max} , а к выходу его – пневмопривод.

Давление P на выходе пневмопривода с задержкой времени $\tau(P)$ (причём $\tau(P)=t_{z2}$, если $P > P_0$ и $\tau(P)=t_{z2}+t_{00}$, если $P \leq P_0$) начинает увеличиваться, ликвидируя рассогласование ϵ_U .

Когда ϵ_U достигнет величины $+\epsilon_n$, ключевой элемент подключит входы ЭПК и пневмопривода к давлению P на выходе последнего. Пневмопривод оказывается замкнутым положительной ОС и преобразуется в интегрирующее звено. Поскольку на вход этого интегрирующего звена ничего не поступает, то его выходной сигнал P остаётся постоянным. Если же $\epsilon_U < -\epsilon_n$, то ключевой элемент подключит пневмопривод к выходу оттормаживающего ЭПК, а на вход последнего подключит давление P_{\min} . С задержкой t_{z0} давление P на выходе пневмопривода начнёт уменьшаться до тех пор, пока рассогласование ϵ_U не станет по абсолютной величине меньше ϵ_n . С выхода пневмопривода давление P поступает на тормозные балки замедлителя, которые показаны на схеме, как нелинейный преобразователь с зоной нечувствительности, крутизна характеристики которого случайна, а её математическое ожидание зависит от числа N тормозимых пар колёс отцепки.

В целом данная цифровая система управления является стохастической, существенно нелинейной импульсно-релейной системой с переменной структурой, переменными параметрами и запаздыванием. Исследование таких систем аналитическими методами встречает ряд

затруднений і неможливо без суттєвих упрощень і лінеаризації.

Примем допущення, що в теченні часу перехід затримувача від однієї ступені гальмування до іншої на затримувач не будуть подаватися керуючі впливи (в реальних системах управління затримувачами ТП і при ручному керуванні це обмеження, як правило, виконується безумовно), т.е.

$$\Delta t_u > t_{k1,k2},$$

де Δt_u – інтервал між подачами команд управління;

$t_{k1,k2}$ – час переходного процесу в затримувачі при переключенні його з $k1$ -ї ступені гальмування на $k2$ -ю.

При такому допущенні затримувач можна представити в формі скінченного автомата (рис. 2).

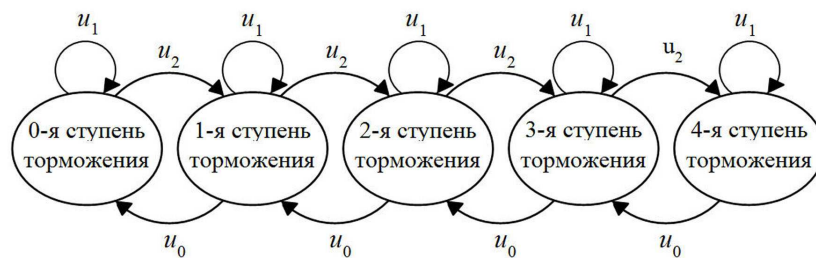


Рис. 2. Діаграма станів затримувача

Станом такого автомата представляє ступінь гальмування. Перехід з одного стану в інший відбувається під впливом керуючого сигналу $u_i \in U$ ($i=0,1,2$). Нехай $U=(u_0, u_1, u_2)$, де u_1 – керуючий вплив, що не викликає зміни стану, а u_0 і u_2 – керуючі впливи, що переводять затримувач на сусідню ступінь гальмування (згадаємо, що це обмеження введено лише для спрощення задачі, а в повній постановці множина керуючих впливів може бути представлено в формі матриці переходів «від будь-якої ступені до будь-якої ступені»).

Висновки

Розглянута структурна схема показує, що в цілому цифрова система управління гальмуванням відцепів в затримувачах нажимного типу є стохастичною, суттєво нелінійною імпульсно-релейною системою з змінною структурою, змінними параметрами і затримкою. Дослідження таких систем аналітичними методами зустрічає ряд труднощів і неможливо без суттєвих упрощень і лінеаризації.

Предложені допущення і обмеження дозволяють при дослідженні динаміки даної системи обмежитися дослідженням динаміки розривної частини системи: РДМ, затримувача і об'єкта управління (відцепу) при довільних командах управління $u_i \in U$, так як в момент подачі команди управління система буде знаходитися в установившійся режимі.

Література

1. Жуковський І.В. Управление затримувачами гальмівної позиції сортировочної горки. Частина 1. Модель системи / І.В. Жуковський, Г.І. Загарий, Н.І. Луханин // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2000. – № 5. – С.10-15.
2. Жуковський І.В. Управление затримувачами гальмівної позиції сортировочної горки. Частина 2 / І.В. Жуковський / Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2002. – № 4,5. – С.17-20
3. Жуковський І.В. Управление затримувачами гальмівної позиції сортировочної горки. Частина 3 / І.В. Жуковський / Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2003. – № 4. – С.32-37
4. Жуковський І.В. Управление затримувачами гальмівної позиції сортировочної горки. Частина 4. Оптимальна налаштування регулятора для неоднорідної послідовності відцепів / І.В. Жуковський // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2005. – № 6. – С.9-12.

Жуковський І.В. Структурна схема цифрової системи управління гальмуванням відцепу уповільнювачами гальмівної позиції. Розглянуто структурна схема цифрової системи управління гальмуванням відцепу уповільнювачами гальмівної позиції. Аналіз показує, що в цілому цифрова система управління гальмуванням відцепів в уповільнювачах натискного типу є стохастичною, суттєво нелінійною імпульсно-релейною системою з змінною

структурою, змінними параметрами і запізнюванням. Дослідження таких систем аналітичними методами зустрічає ряд труднощів і неможливе можна без істотних спрощень і лінеаризації. Запропоновані припущення і обмеження дозволяють при дослідженні динаміки даної системи обмежитися дослідженням динаміки розімкнутої частини системи, так як в момент подачі команди керування система буде перебувати в сталому режимі.

Ключові слова: сортувальна гірка, гальмівна позиція, система керування, структурна схема, кінцевий автомат.

Zhukovytskyy I. Structural diagram of digital system of cut of cars brake control by means of retarder position. The structural diagram of a digital control system of cut of cars brake control by means of retarder position has been shown. The analysis shows that in general the digital system of cut of the cars braking control in push type retarders is stochastic, significantly nonlinear pulse-relay system with variable structure, variable parameters and lagging. The study of such systems by means of analytical methods encounters a number of difficulties and is impossible without significant simplifications and linearization. The proposed assumptions and limitations allow us while studying the dynamics of the system to limit ourselves to the study of the dynamics of an open part of system, because at the time of the command the control system will be in a steady-state condition.

Key words: hump, brake position, control system, structural diagram, finite state machine.

Поступила 30.07.2014г.