

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЗАТОРМАЖИВАЕМОГО КОЛЕСА

Для анализа процессов, происходящих при торможении автомобиля, весьма важно определить кинематические параметры затормаживаемого колеса. Среди них одни из основных - это скорость ω_k и ускорение $\dot{\omega}_k$. Определялись эти параметры при тормозных испытаниях автомобиля БелАЗ-549 с помощью фотоэлектрического частотного датчика и электронного устройства, разработанного в Проблемной лаборатории автомобилей (ПЛА). Выбор фотодатчика был обусловлен необходимостью исключить влияние радиальных и осевых биений зубчатого диска на формируемый сигнал. Изготовленный диск позволил обеспечить максимальную частоту импульсов f датчика, пропорциональную угловой скорости колеса ω_k , равную 1200 Гц.

$$f = \frac{\omega_k n}{2\pi} ,$$

где n - количество зубьев диска.

Один импульс датчика вырабатывается на каждые 14 мм перемещения автомобиля. Повышение частоты f датчика весьма важно для улучшения фильтрации выходного сигнала.

Для преобразования частотно-импульсного сигнала, полученного от фотодатчика, в аналоговый сигнал, необходимый для регистрации скорости колеса (например, с помощью шлейфового осциллографа) или дальнейшей его обработки (дифференцирования), в ПЛА был разработан частотно-аналоговый преобразователь. За основу взят принцип построения конденсаторных частотомеров [1, 2], где в отличие от рассмотренных накопительный (разрядный) конденсатор включен в схему интегратора, которым является генератор тока с емкостью в цепи коллектора. Такое построение преобразователя позволило получить линейную выходную характеристику устройства с большим динамическим диапазоном, что необходимо для последующего дифференцирования сигнала скорости колеса.

Функциональная схема преобразователя приведена на рис.1,а и принципиальная - на рис. 1,б, диаграммы напряжений в характерных точках схемы - на рис. 2.

Преобразователь состоит из следующих элементов (рис. 1,2):

а



б

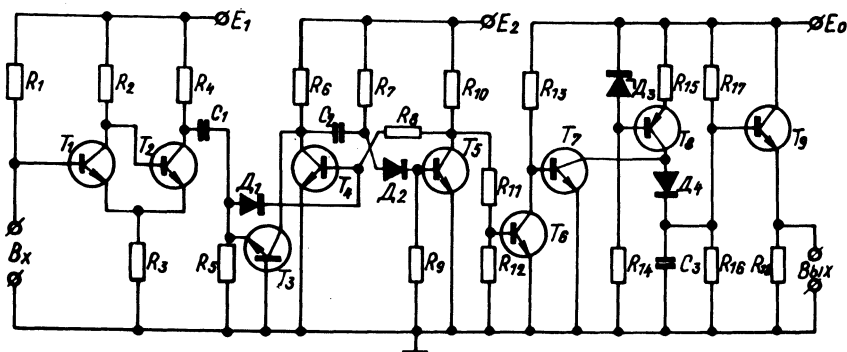


Рис. 1. Схемы частотно-аналогового преобразователя:

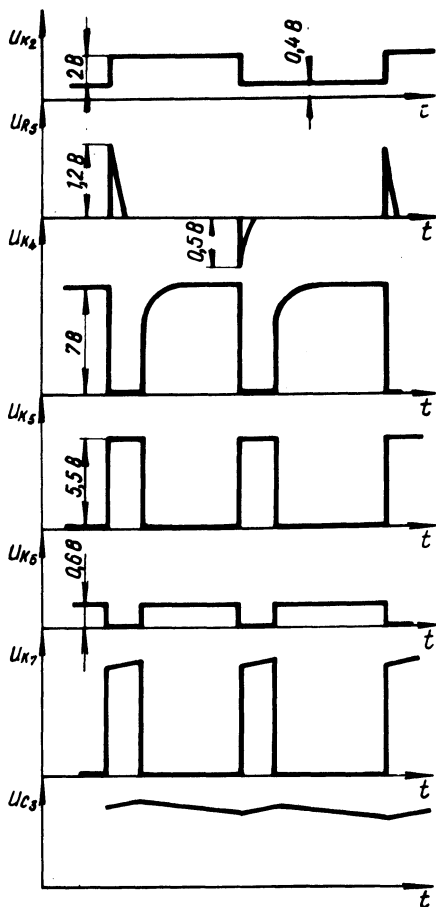
а — функциональная; б — принципиальная: T_1 — T_7 , T_9 —КТ315; T_8 —МП116; D_1, D_2, D_4 —Д106, D_3 —КС156А; $C_1=200$ пФ, $C_2=14000$ пФ, $C_3=0,5$ мкФ; $R_1=330$ к, $R_2, R_7=24$ к, $R_5, R_{11}, R_{12}=15$ к, $R_3=620$ к, $R_4=6,2$ к, $R_6, R_{10}=3$ к, $R_9, R_{13}=100$ к, $R_{14}=5,1$ к, $R_{15}=5$ к, $R_{16}=43$ к, $R_{17}=2$, $R_{18}=6,2$ к.

триггера Шмитта ТШ на транзисторах T_1, T_2 , резисторах $R_1 - R_4$; дифференцирующего элемента ДЭ на конденсаторе C_1 и резисторе R_5 ; одновибратора О на транзисторах T_4, T_5 , резисторах $R_6 - R_{10}$, конденсаторе C_2 и диоде D_2 ; схемы запуска одновибратора СЗ на транзисторе T_3 и диоде D_1 ; ключа на транзисторах T_6, T_7 и резисторах $R_{11} - R_{13}$; интегратора Инт на транзисторе T_8 , резисторах $R_{14} - R_{16}$, стабилитроне D_3 и конденсаторе C_3 ; эмиттерного повторителя ЭП на транзисторе T_9 и резисторах R_{17}, R_{18} ; фильтра Ф (на принципиальной схеме не приведен).

Устройство питается от одного источника с напряжением $E_0 = 24$ В, из которого получены стабилизированные напряжения E_1 и E_2 (рис. 1, б).

Преобразователь работает следующим образом. При вращении колеса и связанного с ним зубчатого диска циклически

Рис. 2. Диаграммы напряжений частотно-аналогового преобразователя.



освещается фотодиод, включенный на вход B_x частотно-аналогового преобразователя (рис. 1, б). Модуляция внутреннего сопротивления фотодиода вызывает срабатывание триггера ТШ, формирующего прямоугольные импульсы напряжением $U_{к2}$ (рис. 2), которые дифференцируются элементом ДЭ. Положительные импульсы с резистора R_5 (U_{R5}) через детектирующий диод D_1 , схемы запуска СЗ открывают транзистор T_4 одновибратора 0. Одновибратор вырабатывает импульс, длительность которого не зависит от входной частоты ($U_{к4}$, $U_{к5}$). Отрицательные импульсы (U_{R5}) открывают транзистор T_3 , вновь запуская одновибратор. Таким способом одновибратор управляется с удвоенной частотой. Это позволяет добиться

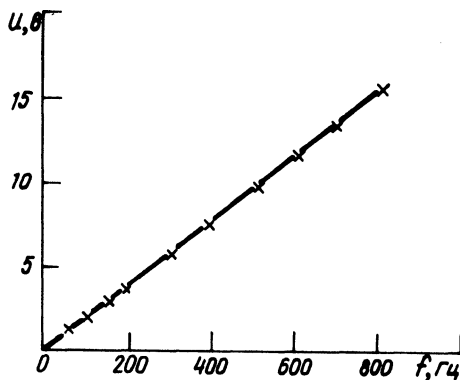


Рис. 3. Амплитудно-частотная характеристика частотно-аналогового преобразователя.

меньшего коэффициента пульсаций на выходе схемы и, следовательно, меньшего запаздывания при формировании выходного сигнала. С помощью ключа $K_{\text{д}}$ осуществляется управление процессом заряда и разряда конденсатора C_3 интегратора Инт ($U_{\text{к6}}, U_{\text{к7}}, U_{\text{с3}}$).

На выходе преобразователя включен эмиттерный повторитель ЭП, предотвращающий влияние нагрузки на интегрирующую цепь.

Для уменьшения пульсаций выходного аналогового сигнала необходимо применение фильтра нижних частот, который и определяет инерционность всего устройства. В ПЛА был разработан и применен фильтр, уменьшающий свою постоянную времени при изменении угловой скорости колеса. Это дало возможность получить низкий коэффициент пульсации и незначительное запаздывание выходного сигнала.

Коэффициент пульсаций выходного сигнала описанного устройства на частоте $f = 600$ Гц без фильтра составляет 3,3%, а с фильтром — менее 0,1%. Амплитудно-частотная характеристика преобразующего устройства приведена на рис. 3.

Значения элементов электронной схемы, рассчитанные по [3], приведены на рис. 1, б.

При таком способе регистрации угловой скорости колеса формирование аналогового электрического сигнала, соответствующего мгновенному значению скорости, происходит с неко-

горым запаздыванием. Существенно то, что запаздывание, определяемое характеристиками интегрирующей цепи и фильтра, постоянно и не зависит от частоты входных импульсов, т.е. от скорости ω_k .

В тех же случаях, когда требуется определить мгновенную скорость и основным требованием является минимальное запаздывание образования ее электрического аналога, целесообразно построение более быстродействующих, но и более сложных преобразующих устройств [4]. Имеет смысл выбор описанной схемы формирования аналогового сигнала скорости для автомобилей с большим моментом инерции колеса, например, автомобилей БелАЗ.

Разработанное устройство дало возможность исследовать кинематические параметры колеса ($\omega_k, \dot{\omega}_k, \ddot{\omega}_k$) автомобиля БелАЗ-549 в режиме блокирования и циклического торможения на дорогах с различным состоянием покрытия (сухой, мокрый и замасленный асфальт и грунтовое покрытие). Получены кривые относительного проскальзывания колеса $\lambda(t)$ при различной начальной скорости торможения. Установлено, что при $\lambda = 0,2 - 0,3$ наблюдается самое интенсивное замедление автомобиля.

Характерно, что, несмотря на большой момент инерции приведенных масс (вращающиеся детали редуктора, электродвигатель), затормаживаемое колесо достаточно быстро входит в блокировку (0,3 - 0,4 с на сухом асфальте).

На угловую скорость колеса при этом существенно влияют кратковременные возмущения не только со стороны дороги, но и от приведенных масс колеса. Все это приводит к тому, что на сигналы первой и второй производных ($\dot{\omega}_k, \ddot{\omega}_k$) накладывается высокочастотная помеха, затрудняющая обработку и использование полученных значений параметров. Как показали экспериментальные исследования, особенно искажается характер поведения второй производной.

Определение кинематических параметров колеса при торможении проводилось в комплексе с измерением тормозного момента M_T , перемещения тормозных колодок z , давления в колесном цилиндре $p_{к.ц}$, замедления автомобиля a , перераспределения вертикальной нагрузки на колесо G_k . Процесс торможения колеса и автомобиля дополнительно фиксировались с помощью ускоренной съемки кинокамерой "Киев".

Таким образом, разработанный фотоэлектрический датчик и преобразующее устройство могут быть использованы для опре-

деления кинематических параметров колеса, что необходимо, например, для отработки алгоритма управления противоблокировочных устройств в тормозных системах грузовых автомобилей.

Л и т е р а т у р а

1. Терешин Г.М. Радиоизмерения. М., 1969. 2. Баранов Л.А. и др. Конденсаторные преобразователи в автоматике и системах управления. М., 1969. 3. Старостин А.Н. Импульсная техника. М., 1973. 4. Куликов С.В., Чистяков Б. В. Дискретные преобразователи сигналов на транзисторах. М., 1972.

В.В. Капустин, А.Г. Денисов, С.С. Волкус

ИССЛЕДОВАНИЕ ГИСТЕРЕЗИСА И ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТОРМОЗНОГО МЕХАНИЗМА АВТОМОБИЛЯ БелАЗ-549

Эффективная и надежная работа автоматических противоблокировочных устройств (ПБУ) в тормозных системах автомобилей зависит от правильного определения их параметров, рационального выбора схемы и места установки исполнительного устройства (модулятора).

В общем комплексе этих задач по разработке ПБУ первоочередное значение имеет широкое экспериментальное исследование статических и динамических характеристик реальной тормозной системы. В связи с разработкой ПБУ большой практический интерес представляет определение передаточной функции тормозного механизма $M_T(p)$, т.е. зависимости изменения тормозного момента от подведенного в колесный цилиндр давления в режиме торможения и оттормаживания.

Исследованию тормозного механизма и, в частности пары трения (тормозная колодка – барабан), посвящен ряд работ. Однако не определена аналитическая зависимость $M_T(p)$, которая бы наиболее полно учитывала все факторы.

В то же время полученные зависимости $M_T(p)$ не отражают реальную связь параметров и не учитывают целый ряд факторов работы тормозного механизма, что объясняется сложностью термодинамических процессов, происходящих на контактирующей поверхности пары трения [1]. В работе [2] отмечаются большие неустойчивости тормозного момента $M_T(p)$. При