

весь процесс трогания с места в автоматическом режиме работы силового агрегата происходит за время $t_{\text{общ}}=5,2$ с, причём время разгона ведомого диска до угловой скорости двигателя составляет 1,4 с, что соответствует удельным работе и мощности буксования фрикционных элементов равным $8,7$ Дж/см² и $24,2$ Вт/см², коэффициенту динамических нагрузок 1,61 и максимальному размаху колебаний производной продольного ускорения автомобиля в $42,5$ м/с³.

Список литературы:

1. Руктешель, О.С. Интеллектуальная система управления стенда автоматизированного силового агрегата автомобиля / О.С. Руктешель, В.Л. Соломахо, В.А. Кусяк, А.А. Филимонов // Вест. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. физ.-техн. наук. – 2009. – № 4. – С. 31–36.
2. System manual ecomat mobile Controller R360 for CoDeSys from V2.3 and Target versions V04.xx.xx/ ifm electronics gmbh, Germany, Essen, 2006 – 396 P.
3. SAE InternationalTM: Surface vehicle recommended practice / J1939-71: Vehicle Application Layer. – SAE Truck and Bus Control and Communications Network Subcommittee. – 2003. – 379 P.
4. Руктешель, О.С. Определение пороговых значений параметра обратной связи при широтно-импульсном управлении сцеплением / О.С. Руктешель, В.Л. Соломахо, В.А. Кусяк, А.А. Филимонов // Вестник Восточно-украинского национального университета им. В. Даля. – 2010. – №6(148). – С. 97–101.

УДК 629.03

АДАПТИВНЫЙ АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫМ СУХИМ ФРИКЦИОННЫМ СЦЕПЛЕНИЕМ ПРИ ТРОГАНИИ АВТОМОБИЛЯ С МЕСТА

О.С. Руктешель, В.А. Кусяк, А.А. Филимонов
Белорусский национальный технический университет

Автоматизация процесса трогания автомобиля с места является одним из наиболее трудоёмких этапов отладки автоматизированной мехатронной системы управления силовым агрегатом, включающим двигатель внутреннего сгорания, сухое фрикционное сцепление и механическую ступенчатую коробку передач. Выбор и включение передачи, с которой осуществляется трогание, управление крутящим моментом и оборотами двигателя, процесс замыкания сухого фрикционного сцепления реализует микропроцессорная система управления с помощью соответствующих исполнитель-

ных механизмов (ИМ) пневматического, гидравлического или электрического типов.

Реализация алгоритма управления сцеплением при трогании автомобиля с места связана с большими техническими трудностями, начиная от расчета и согласования характеристик различных уровней исполнительных частей системы и заканчивая выбором стратегии управления фрикционным сцеплением и двигателем. Мехатронная система должна обеспечить плавность протекания переходного процесса и при этом не допустить энергетических перегрузок деталей сцепления.

Согласно разработанному алгоритму, трогание автомобиля места происходит следующим образом. После перевода селектора режимов трансмиссии 16 (рис. 1) в положение D (drive – езда), водитель воздействует на педаль управления топливopодачей двигателя. Пропорциональность между углом поворота педали и перемещением штока силового цилиндра 7, шарнирно соединенного с рычагом регулятора ТНВД, обеспечивается контроллером двигателя путем широтно-импульсной модуляции сигнала на пропорциональный электромагнитный клапан 9 с использованием обратной связи по перемещению рычага регулятора ТНВД и частоте вращения коленчатого вала двигателя [1].

Параллельно ЭБУ трансмиссии, получая сигналы от селектора, датчика 10 частоты вращения коленчатого вала двигателя, датчиков 5 и 18 положения рычага подачи топлива и педали управления топливopодачей двигателя, формирует управляющий сигнал на открытие пропорционального электромагнитного клапана (ПЭМК) 24.

Клапан 24 срабатывает, и сжатый воздух поступает из ресивера питающей части 1 в пневмокамеру 26 привода сцепления. Сцепление выключается. Обработав сигнал от датчика 27 перемещения рычага сцепления, ЭБУ трансмиссии последовательно формирует сигналы на электромагнитные клапаны (ЭМК) 12, отвечающие за наполнение сжатым воздухом полостей пневмоцилиндров выбора и включения передачи ИМ 23, а также на электромагнитные клапаны 11 переключения ступеней делителя. После включения требуемой передачи (соответствующие концевики 31 и 32 механизма переключения замкнуты), ЭБУ подает широтно-импульсный сигнал на пропорциональный электромагнитный клапан 24, увеличивая от цикла к циклу скважность сигнала на определенную величину, зависящую от скорости перемещения педали управления топливopодачей. В качестве обратной связи при этом используется приращение угловой скорости ведомого диска сцепления по времени $d\omega_2 / dt$ [2]. Сжатый воздух из пневмокамеры 26 привода сцепления через пропорциональный клапан 24 постепенно выпускается в атмосферу, обеспечивая требуемый темп включения сцепления.

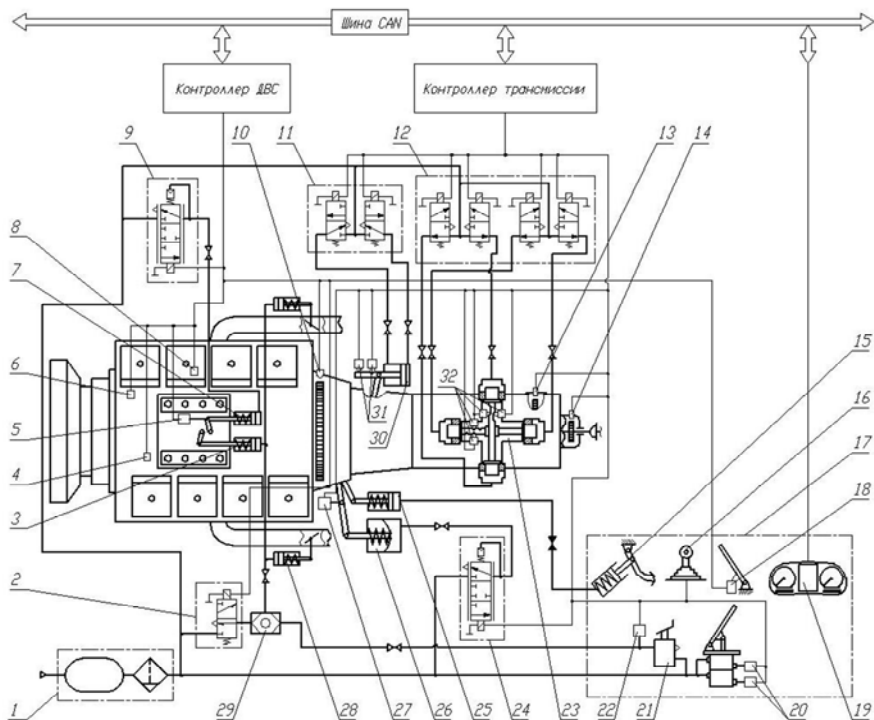


Рис. 1. Принципиальная схема автоматизированной мехатронной системы управления силовым агрегатом:

1 – питающая часть пневмопривода; 2 – ЭМК управления моторным тормозом и выключением подачи топлива; 3, 7, 28 – ИМ выключения подачи топлива, рычага топливоподдачи и моторного тормоза; 4, 6 – датчики температуры; 5, 18, 27 – датчики перемещения; 8, 20, 22 – датчики давления; 9, 24 – ПЭМК управления топливоподачей и сцеплением; 10, 13, 14 – датчики частоты вращения; 11 – ЭМК управления делителем; 12 – ЭМК управления ИМ КП; 16 – селектор режимов; 17 – органы управления и контроля; 19 – ЖК-панель; 21 – клапан включения моторного тормоза; 23 – ИМ основной КП; 25, 26 – элементы дуплексного привода сцепления; 29 – двухмагистральный клапан; 30 – исполнительный механизм делителя; 31, 32 – концевые выключатели

Таким образом, алгоритм трогания автомобиля с места в автоматическом режиме представляет собой следующую последовательность операций: управление селектором режимов работы трансмиссии – управление топливоподачей двигателя – выключение сцепления – управление коробкой передач – полное включение сцепления.

Следует отметить тот факт, что необходимым элементом оптимального проектирования технических объектов является реализация механизма адаптации в технических системах [3, 4]. Блок-схема адаптивного алгоритма, реализующего трогание автомобиля с места в автоматическом режиме, представлена на рис. 2.

Мехатронная система подстраивается под новые условия при обнаружении изменений в следующих параметрах:

- характеристике нажимной пружины сцепления и (или) пневматического пропорционального электромагнитного клапана управления исполнительным механизмом сцепления;
- характеристике пружины регулятора и (или) пневматического пропорционального электромагнитного клапана управления исполнительным механизмом ТНВД двигателя;
- стиле вождения;
- весовом состоянии автомобиля.

Адаптация по первому и второму признаку заключается в определении диапазона регулирования управляющего сигнала (блок 2 на рисунке 2), параллельно подаваемого ЭБУ на пропорциональные электромагнитные клапаны 9 и 24 (см.рис. 1) до начала процесса трогания. Скорректированные значения используются электронными блоками при включении/ выключении сцепления (блоки 5, 11 и 16), а также при управлении топливоподачей двигателя (блок 21). Ввод механизма адаптации по изменению характеристик компонентов автоматизированной мехатронной системы позволяет улучшить качество управления узлами силового агрегата и сократить время отработки алгоритма.

Адаптация по третьему признаку (стилю вождения) позволяет водителю осуществлять процесс трогания с желаемой интенсивностью. Ключевым моментом в предлагаемом алгоритме является определение скорости перемещения педали управления топливоподачей (блок 3). Увеличение скважности сигнала ШИМ (блок 12, 17) при включении сцепления будет пропорционально величине просчитанного углового ускорения перемещения педали. Кроме того, в заключительной фазе, когда разность угловых скоростей ведомой и ведущей частей сцепления не превышает 60 об/мин (блок 27), увеличение топливоподачи двигателя также будет зависеть от скорости перемещения педали (блоки 29, 32). Во избежание «перегрузки» сцепления в цепь управления введена обратная связь (блоки 13, 15, 18, 20) по оборотам промежуточного вала. Обратная связь также вводится в цепь управления двигателем (блоки 25, 26) во избежание его заглохания вследствие снижения угловой скорости ω_1 колчатого вала при включении сцепления.

Адаптация по четвёртому признаку (весовому состоянию) возможна, к примеру, при установке датчика положения на раме, фиксирующего перемещение поддрессоренной массы относительно неподдрессоренной при неподвижном автомобиле (рессорная подвеска). В зависимости от величины загрузки ЭБУ определяет оптимальную передачу трогания (блок 8) с точки зрения тепловой и динамической нагруженности элементов трансмиссии. Помимо этого, в зависимости от фактической массы перевозимого груза будут изменяться верхнее и нижнее пороговые значения углового ускорения $\dot{\omega}_2^{\text{пор}}$ ведомой части сцепления (блоки 13, 18). Величину $\dot{\omega}_2^{\text{пор}}$ ЭБУ определяет методом одномерной линейной интерполяции, обрабатывая заложенный в память массив данных $\dot{\omega}_2^{\text{пор}} = f(m_a)$.

Список литературы

1. Баханович, А.Г. Реализация концепции электронного управления при автоматизации дизельного двигателя с механической топливоподачей / А.Г. Баханович, О.С. Руктешель, В.А. Кусяк, А.Н. Гурин // Новости науки и технологий. – 2015. – № 1(32). – С. 11–18.
2. Красневский, Л.Г. Управление фрикционным сцеплением на основе шим-сигнала с однопараметрической обратной связью / Л.Г. Красневский, А.В. Белевич, В.А. Кусяк, А.А. Филимонов // материалы Международной науч.-техн. конф. «Перспективные приводные системы, трансмиссии и робототехнические комплексы»: Могилев, 20-21 октября 2011 г. / Белорусско-российский ун-т. – Могилев, 2011. – С. 44-47.
3. Высоцкий, М.С. Расчеты кинематики, динамики и ресурса многомассовых систем мобильных машин: основные направления и перспективы развития / М.С. Высоцкий, В.Б. Альгин // Механика машин, механизмов и материалов. – 2008. – № 1(2). – С. 17-23.
4. Захарик, Ю.М. Адаптивное управление сцеплением автомобиля / Ю.М. Захарик // Инженер-механик. – 2003. – № 2. – С. 17-18.

УДК 629.113.-592.004-58

БОРТОВОЙ МОНИТОРИНГ СТЕПЕНИ ИЗНОСА И ВЕЛИЧИНЫ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА ТОРМОЗНЫХ НАКЛАДОК ТРАНСПОРТНЫХ И ТЯГОВЫХ МАШИН

Карпиевич Ю.Д., Баханович А.Г., Бондаренко И.И.
Белорусский национальный технический университет

На рис. 1 представлена структурная схема микропроцессорной системы бортового мониторинга степени износа и величины остаточного ресурса тормозных накладок каждого колеса транспортных или тяговых машин.