

УДК 629.113.585
УПРАВЛЕНИЕ ФРИКЦИОННЫМ СЦЕПЛЕНИЕМ НА ОСНОВЕ
ШИМ-СИГНАЛА С ОДНОПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ

Л. Г. КРАСНЕВСКИЙ, А. В. БЕЛЕВИЧ, *В. А. КУСЯК,
*А. А. ФИЛИМОНОВ

Государственное научное учреждение
«ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ МАШИНОСТРОЕНИЯ НАН Беларуси»
*Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Беларусь

Автоматизация процессов трогания с места и переключения передач в механической трансмиссии, имеющей ступенчатую коробку передач (КП) и сухое фрикционное сцепление, является одним из перспективных направлений в развитии мирового автомобилестроения. Современные мехатронные системы переключения передач Mercedes Telligent gearshift automated, Scania Opticruise, Iveco Euro Tronic automated, Volvo Geartronic, Volvo I-Shift, ZF AS-Tronic, Eaton Fuller Auto(Ultra) Shift серийно устанавливаются на автопоезда полной массой до 52 тонн, улучшая их тягово-скоростные показатели и топливную экономичность [1–5].

Минский автомобильный завод совместно с ГНУ «Объединенный институт машиностроения» НАН Беларуси и Белорусским национальным техническим университетом разработали, создали и оснастили контрольно-измерительной аппаратурой стенд для отладки автоматизированной мехатронной системы управления силовым агрегатом (АМСУСА) автопоезда МАЗ 530905-010 полной массой 35 тонн. Помимо проверки функциональной работоспособности спроектированной АМСУСА, стенд предназначен для отработки алгоритмов трогания с места и переключения передач в автоматическом режиме работы силового агрегата. Принципиальная схема стенда изображена на рис. 1.

Стенд инерционный, разомкнутого типа, включает серийный силовой агрегат, маховые массы с механизмом торможения, пневматическую питающую часть и информационно-управляющую систему.

Силовой агрегат состоит из дизельного двигателя ЯМЗ–7511.10, одnodискового фрикционного сцепления ЯМЗ-184 вытяжного типа с диафрагменной нажимной пружиной и 9-ступенчатой коробки передач МАЗ-543205 с планетарным демультипликатором.

Информационно-управляющая система стенда представляет собой комплекс устройств для получения, преобразования и регистрации информации о функционировании объекта испытаний. В нее входят датчики АМСУСА, контроллер с аналого-цифровым преобразователем, ПЭВМ 27 с программным обеспечением и линии связи.

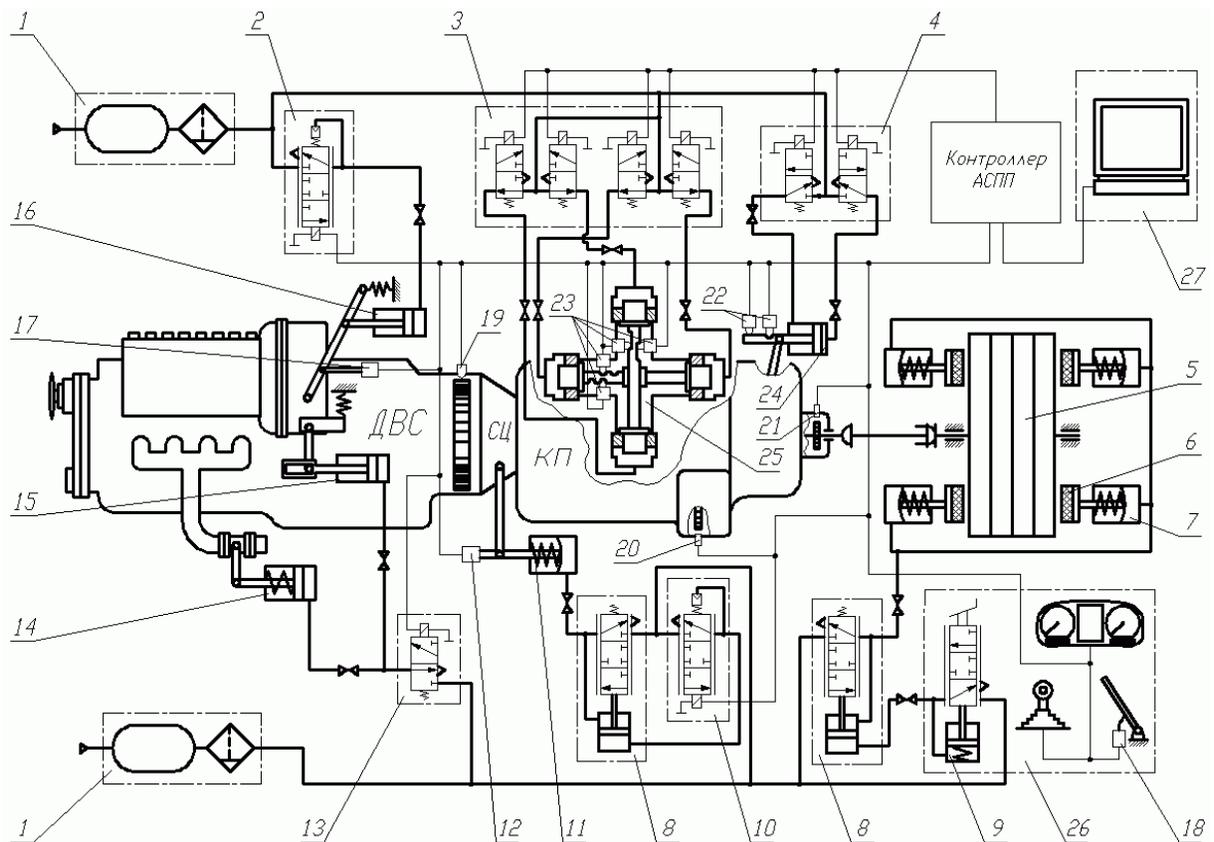


Рис. 1. Принципиальная схема стенда для отладки АМСУСА: 1 – питающая часть пневмопривода; 2, 10 – пропорциональные электромагнитные клапаны управления соответственно топливоподачей и сцеплением; 3, 4 – блок электромагнитных клапанов управления исполнительным механизмом соответственно КП и демультипликатора; 5 – инерционная маховая масса; 6 – тормозная колодка; 7 – тормозная камера; 8 – ускорительный клапан; 9 – тормозной кран; 11 – исполнительный механизм (пневмокамера) привода сцепления; 12, 17, 18 – датчики перемещения; 19, 20, 21 – датчики частоты вращения; 22, 23 – концевые выключатели; 13 – клапан управления моторным тормозом и выключением подачи топлива; 14, 15, 16 – исполнительные механизмы соответственно моторного тормоза, выключения подачи топлива и рычага топливоподачи; 24 – исполнительный механизм демультипликатора; 25 – исполнительный механизм КП; 26 – пульт управления; 27 – ПЭВМ

Оператор пульта 27 управления (см. рис. 1), имитирующего рабочее место водителя, выбирает селектором режим работы силового агрегата, а затем воздействует на педаль 18 управления топливоподачей. Механическая связь между рычагом регулятора ТНВД и педалью 18 управления двигателем разорвана. Изменение топливоподачи дизельного двигателя, включение-выключение сцепления и переключение ступеней в коробке происходит автоматически в результате срабатывания пневматических силовых исполнительных механизмов 11, 16, 24 и 25 при подаче сигнала от

контроллера на соответствующий электромагнитный клапан 2, 3, 4, 10 или их комбинацию.

Функциональность разработанной мехатронной системы и работоспособность управляющих алгоритмов трогания с места подтверждена серией опытных испытаний.

На стенде были проведены исследования и сравнительные испытания нескольких стратегий управления сцеплением с обратной связью по оборотам. Модуляция управляющего сигнала осуществлялась по формуле

$$U = \frac{K(Y_{\text{зад}} - Y_{\text{тек}}) + U_{i-1}(1 + 2 \cdot \tau) - U_{i-2} \cdot \tau}{1 + \tau},$$

где U – коэффициент заполнения сигнала ШИМ; $Y_{\text{зад}}$, $Y_{\text{тек}}$ – уставка и текущее значение изменения угловых скоростей ведущего и ведомого дисков сцепления в единицу времени; K , τ – коэффициенты, влияющие на качество протекания переходных процессов.

Отдельные результаты эксперимента по управлению сцеплением приведены на рис. 2.

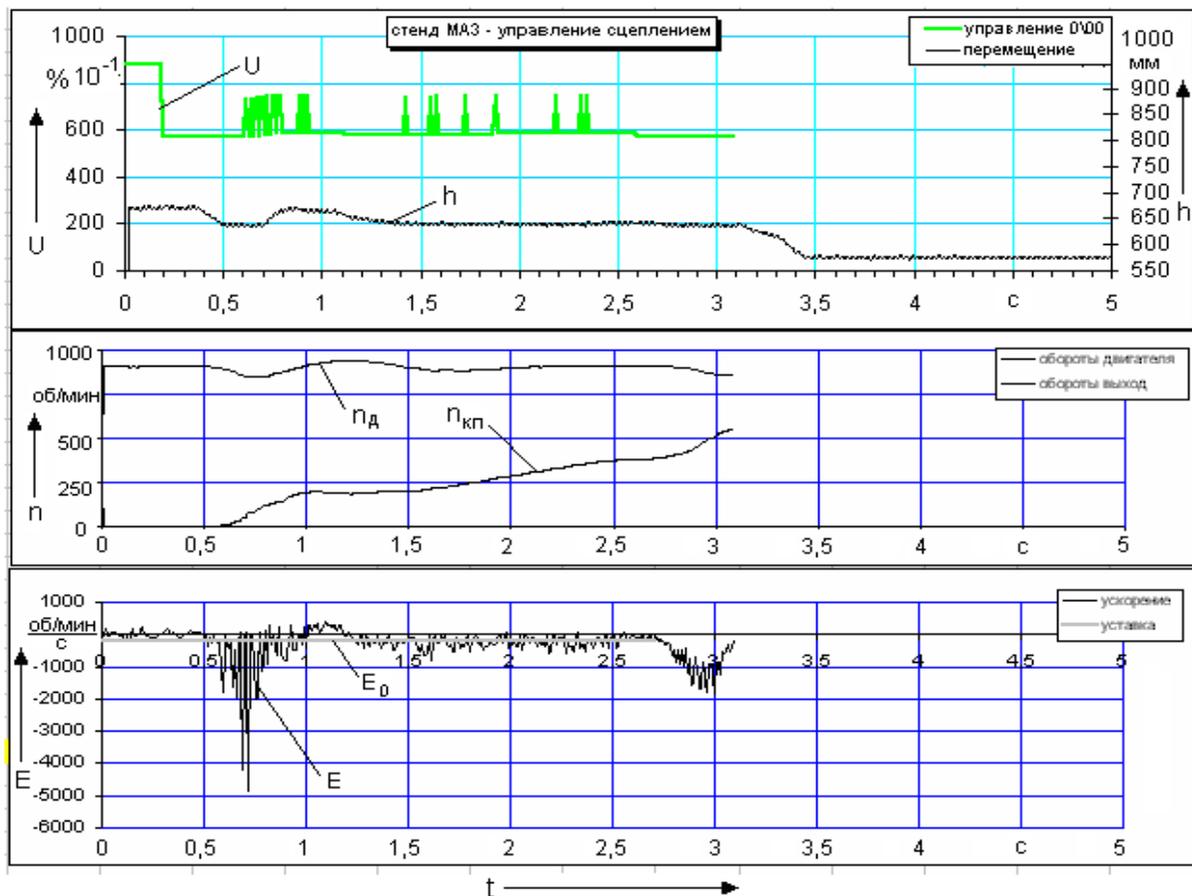


Рис. 2. Осциллограмма процесса трогания с ПИ-регулятором в цепи управления: U – управляющий сигнал ШИМ; h – ход рычага сцепления; t – время; n_d , n_{kp} – частота вращения соответственно коленвала ДВС и промежуточного вала КП; E , E_0 – производная разности угловых скоростей ведущей и ведомой частей сцепления и ее пороговое значение

Качество управления оценивалось по признакам устойчивости результатов при допустимых изменениях внешних условий – нагрузки, давления воздуха в контуре управления, бортового напряжения питания. Наиболее значимой оказалась стратегия управления, имеющая следующие особенности реализации:

- цифровой ПИ-регулятор с дискретностью управления 1/100 секунды с обратной связью по оборотам двигателя и промежуточного вала коробки передач, содержащий 3 фазы регулирования с индивидуально настраиваемыми параметрами;

- алгоритм компенсации гистерезиса исполнительного механизма;

- алгоритм фильтрации измеряемых параметров т. е. оборотов вращения и вычисляемых ускорений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Fuller®Automated Transmissions: AutoShift™ 18-Speed / Eaton tech. information: condensed specifications TRSL-0285 806 2M/WP. – Eaton Corporation, USA, 2006. –2 p.

2. Fuller®Automated Transmissions: Fuller®UltraShift® LST -LHP, -LEP / Eaton tech. information: condensed specifications TRSL-0300, -0318 807 2.5M/WP, TRSL – 0314 807 2M/WP. – Eaton Corporation, USA, 2007. –6 p.

3. Opticruise: description of operation and work description / Scania tech. information 05:05-02, Sheet-No. 1 585 369. – Scania CV AB, Sweden, 1995. –84 p.

4. ZF AS Tronic и ZF AS Tronic mid: техническое руководство по установке, работе и вводу в эксплуатацию / ZF tech. information, Sheet-No. 1328 765 901f21. – ZF Friedrichshafen AG, Germany, 2005. – 105 p.

5. Тенденции развития автоматизированных систем управления механическими коробками передач большегрузных автомобилей / О. С. Руктешель [и др.] // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. фіз.-тэхн. навук. – 2006. – № 2. – С. 50–54.