

УДК 629.114

В. В. Герашенко, канд. техн. наук, доцент, Н. А. Коваленко, канд. техн. наук, доцент, А. В. Шур, канд. техн. наук, доцент, ГУ ВПО Белорусско-Российский университет, В. И. Гумелюк, д-р техн. наук, профессор, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, E-mail: mogilev-kovalenko@rambler.ru

МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ ПРОХОДИМОСТИ И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Предложена усовершенствованная система автоматического управления скоростью движения грузового автомобиля.

Ключевые слова: метод, грузовой автомобиль, проходимость, производительность, системы автоматического управления скоростью, датчик частоты вращения, момент сопротивления движению, дифференцирующая цепь, датчик крутящего момента.

The improved system of automatic control is offered by the rate of movement of truck.

Keywords: method, truck, throughput, performance, automatic control system speed, speed sensor, the moment of resistance movement, the differentiating circuit, a torque sensor.

Применяемые системы автоматического управления скоростью движения грузовых автомобилей отличаются тем, что обеспечивают достаточный уровень таких эксплуатационных свойств, как проходимость и производительность только при постоянном нагрузочном режиме эксплуатации. В то же время момент сопротивления движению автомобиля M_k является динамическим, а уровень проходимости и производительности при переменных режимах эксплуатации (как наиболее нагруженных) снижается из-за недостаточного быстродействия существующей системы автоматического управления скоростью движения.

Объясняется это тем, что при увеличении момента сопротивления движению на ведущих колесах транспортного средства в процессе его эксплуатации увеличивается и приведенный момент сопротивления на валу двигателя внутреннего сгорания по отношению к вращающему моменту двигателя внутреннего сгорания, вследствие чего происходит снижение его частоты вращения. Известно, что снижение частоты вращения $n_{дв}$ двигателя происходит по апериодической кривой первого порядка, т. е. с задержкой во времени, равной Δt_1 (рис. 1).

При снижении частоты вращения коленчатого вала происходит увеличение количества подаваемого топлива $h_{дв}$ в цилиндры двигателя, но, вследствие постепенного снижения частоты вращения, этот процесс происходит за время, также равное Δt_1 (рис. 2), т. е. медленно. Поэтому вращающий момент на валу двигателя возрастает столь же медленно.

Транспортное средство очень медленно преодолевает возросшее сопротивление движению,

при этом снижаются его производительность и проходимость. Возникает необходимость в совершенствовании известной системы автоматического регулирования путем увеличения ее быстродействия.

В результате выполнения научно-исследовательских работ для решения данной задачи был разработан метод повышения проходимости и производительности транспортного средства путем увеличения быстродействия системы автоматического управления двигателем внутреннего сгорания при увеличении момента сопротивления движению и предложена система автоматического управления для его реализации.

Сущность метода заключается в том, что приведенный момент $M_{пс}$ сопротивления на валу двигателя непрерывно измеряют в процессе эксплуатации автомобиля (рис. 3), производят его дифференцирование и, при его увеличении, получают его производную $dM_{пс}/dt$ со знаком плюс на выходе дифференцирующей цепи (рис. 4) посредством диода, включенного

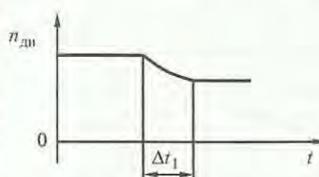


Рис. 1. Снижение частоты вращения $n_{дв}$ двигателя при возрастании момента сопротивления движению транспортного средства в известных системах управления

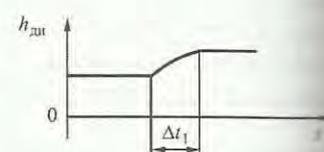


Рис. 2. Увеличение количества подаваемого топлива $h_{дв}$ при возрастании момента сопротивления движению в известных системах управления

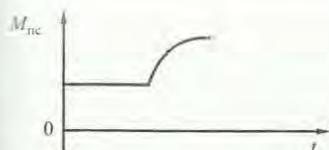


Рис. 3. Увеличение приведенного к валу двигателя момента $M_{прс}$ сопротивления вала двигателя при увеличении момента сопротивления движению транспортного средства



Рис. 4. Импульс напряжения на выходе дифференцирующей цепи

в прямом направлении. Подают полученную производную приведенного момента сопротивления положительной гибкой обратной связью на дополнительный вход системы автоматического управления автомобилем, таким образом получая управляющий сигнал, который подается на усилитель.

При наличии напряжения на выходе усилителя электронным блоком управления формируется напряжение в виде прямоугольного импульса с большей длительностью, чем формировалось ранее до увеличения момента сопротивления движению транспортного средства. Поэтому с помощью форсунки подается больше топлива $h_{дн}$ (рис. 5) и происходит это быстрее благодаря введению в систему управления гибкой положительной обратной связи, что и показано на рис. 5, так как задержка во времени в установке нового значения подачи топлива, равная Δt_2 , в предлагаемой системе управления значительно меньше, чем в известной системе управления.

Момент, развиваемый двигателем, возрастает быстрее и становится равным увеличенному приведенному к валу двигателя внутреннего сгорания моменту сопротивления более быстро, а частота вращения $n_{дн}$ двигателя внутреннего сгорания, а следовательно, и частота вращения ведущего колеса претерпевает незначительное снижение (рис. 6).

Система автоматического управления (рис. 7) содержит последовательно кинематически соединенные двигатель 1 внутреннего сгорания с педалью 2 управления подачей топлива, коробкой 3 передач,

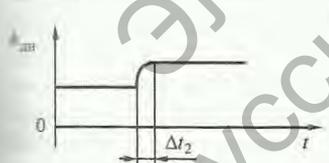


Рис. 5. Увеличения количества подаваемого топлива $h_{дн}$ при возрастании момента сопротивления движению транспортного средства в предлагаемой системе управления

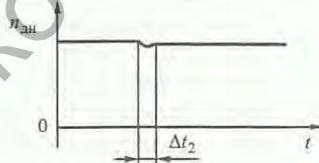


Рис. 6. Изменение частоты вращения $n_{дн}$ двигателя при возрастании момента сопротивления движению транспортного средства в предлагаемой системе управления

главную передачу 4, ведущее колесо 5, первый сумматор 6 с двумя входами 7 и 8 и выходом 9, датчик 10 перемещения педали 2 управления подачей топлива, выход 11 которого соединен с первым входом 7 первого сумматора 6, датчик 12 частоты вращения двигателя 1 внутреннего сгорания, выход которого соединен со вторым входом 8 первого сумматора 6, образуя при этом соединении жесткую обратную отрицательную связь 13, датчик 14 крутящего момента, установленный на упругом валу 15, соединяющем двигатель 1 внутреннего сгорания

с коробкой 3 передач, последовательно соединенные усилитель 16 и электронный блок 17 управления, исполнительный элемент, выполненный в виде электромагнитной форсунки 18, ввернутой в камеру сгорания двигателя 1 внутреннего сгорания, с обмоткой 19, соединенной с выходом электронного блока 17 управления, второй сумматор 20 с двумя входами 21 и 22 и выходом 23, первый вход 21 которого соединен с выходом 9 первого сумматора 6, а выход 23 второго сумматора 20 соединен с усилителем 16, дифференцирующую цепь 24, включающую в себя конденсатор 25 и резистор 26, последовательно соединенный с дифференцирующей цепью 24, диод 27, включенный в прямом направлении, при этом выход датчика 14 крутящего момента соединен с входом дифференцирующей цепи 24, а выход дифференцирующей цепи 24 с диодом 27, включенным в прямом направлении, соединен со вторым входом 22 второго сумматора 20, образуя при этом соединении гибкую обратную положительную связь 28.

Датчик 14 крутящего момента включает в себя установленные по концам упругого вала 15 двигателя 1 металлические диски 29, 30 с радиальными прорезями и выступами, преобразователи 31, 32 импульсные, установленные с обеспечением возможности прохождения выступов и прорезей каждого из дисков 29, 30 возле соответствующего преобразователя 31, 32, соединенные с выходами преобразователей 31, 32, дифференцирующие цепи 33, 34 с отсекающими диодами 35, 36, триггер 37, выполненный на первом 38 и втором 39 транзисторах и четырех резисторах 40, 41, 42, 43, при этом базы транзисторов 38, 39 соединены с выходами дифференцирующих цепей 33, 34, последовательно соединенный эмиттерный повторитель 44, выполненный на транзисторе 45 и резисторе 46, входом соединенный с выходом триггера 37, интегрирующую цепь 47, выполненную на резисторе 48 и конденсаторе 49, выходной резистор 50.

Дифференцирующая цепь 33 включает в себя резисторы 51, 52 и конденсатор 53. Дифференцирующая цепь 34 включает в себя резисторы 54, 55 и конденсатор 56.

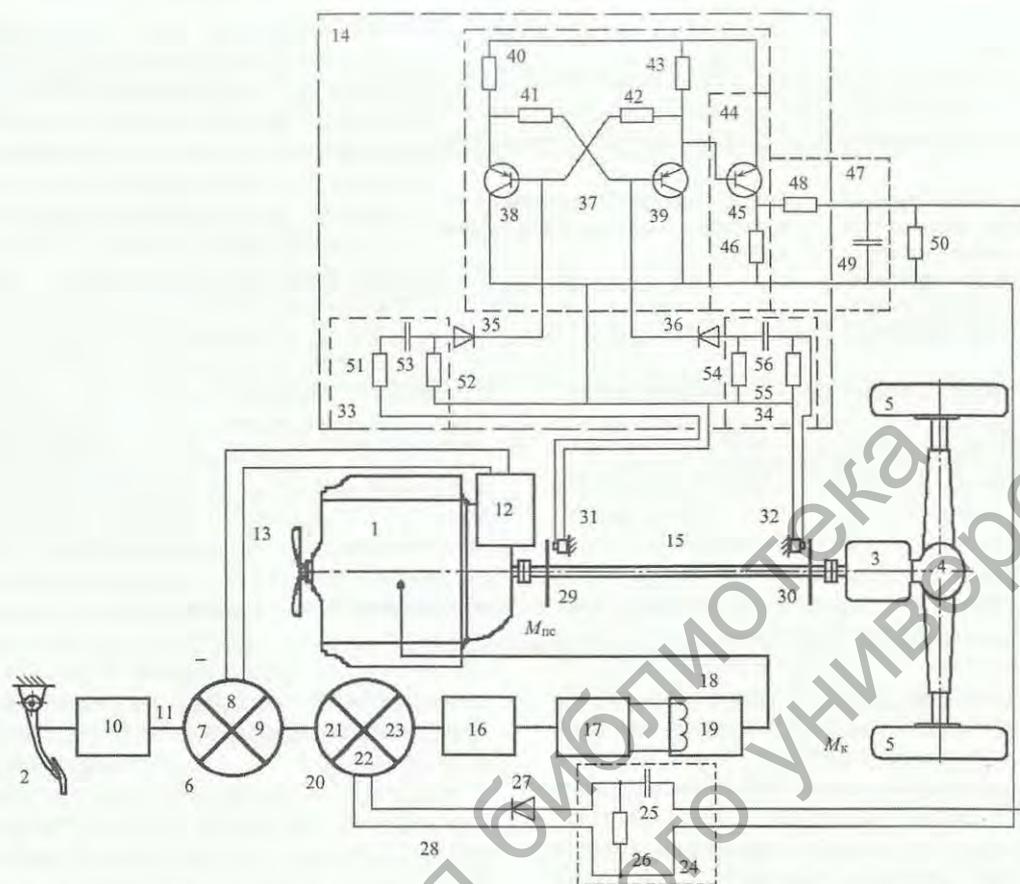


Рис. 7. Схема предлагаемой системы управления

Крутящий момент на валу двигателя 1 измеряется следующим образом. В исходном состоянии транзистор 38 триггера 37 закрыт, а транзистор 39 открыт. Поэтому напряжение на коллекторе транзистора 39 равно нулю, а на коллекторе транзистора 38 принимает максимальное значение. При вращении вала 15 и нагружении его моментом диск 29 проходит выступом возле преобразователя 31 и на выходе преобразователя 31 появляется первый импульс. Он дифференцируется цепью 33, на выходе которой образуются два разнополярных импульса. Выходной сигнал цепи 33 выпрямляется диодом 35, образуя положительный импульс, который подается на базу транзистора 38. Транзистор 38 открывается, а транзистор 39 закрывается, поэтому на коллекторе транзистора 39 появляется положительное напряжение.

При нагружении моментом вал 15 закручивается на угол пропорционально приложенному моменту. Поэтому диск 30 закручивается относительно диска 29 и на выходе преобразователя 32 формируется импульс, имеющий фазовое смещение относительно первого импульса, сформированного преобразователем 31.

Этот импульс дифференцируется цепью 34, выходной сигнал цепи 34 выпрямляется диодом 36, образуя положительный импульс, который подается на базу транзистора 39. Транзистор 39 открывается, а транзистор 38 закрывается. На коллекторе транзистора 39 опять устанавливается напряжение, равное нулю. В результате происходит формирование на коллекторе второго транзистора 39 прямоугольного импульса, длительность которого пропорциональна величине крутящего момента в данный момент времени.

Далее формирование прямоугольных импульсов на выходе второго транзистора 39 происходит аналогично описанному выше. Полученные прямоугольные импульсы подаются на вход интегрирующей цепи 47 посредством эмиттерного повторителя 44, с помощью которого выполняется согласование высокого сопротивления на выходе триггера 37 с низким сопротивлением интегрирующей цепи 47. На выходе интегрирующей цепи 47 и на выходном резисторе 50 формируется напряжение, уровень которого пропорционален крутящему моменту на валу двигателя 1.

При движении транспортного средства, с помощью датчика 10 перемещения педали управления пе-

количества топлива, задается скоростной режим двигателя 1, а с помощью датчика 12 частоты вращения двигателя определяется его частота вращения. При сравнении напряжений на выходе датчика 10 и датчика 12 первым сумматором 6 формируется управляющее напряжение на его выходе в виде разности этих напряжений.

При равенстве напряжения с выхода датчика 10 напряжения педали и напряжения с выхода датчика 12 частоты вращения двигателя, подаваемых на входы 7 и 8 первого сумматора 6, напряжение на выходе 9 первого сумматора 6 равно нулю, транспортное средство при этом движется с постоянной скоростью, так как прямоугольные импульсы напряжения, формируемые электронным блоком 17 управления и подаваемые на обмотку 19 электромагнитной форсировки 18, имеют одинаковую длительность, и этим обеспечивается постоянная по величине подача топлива в цилиндры двигателя.

При увеличении момента M_k сопротивления движению транспортного средства от внешней среды, следовательно, и увеличении приведенного момента сопротивления на упругом валу 15 по отношению к вращающему моменту двигателя, частота вращения двигателя внутреннего сгорания начинает снижаться. На выходе датчика 12 частоты вращения двигателя 1 внутреннего сгорания начинает уменьшаться напряжение, а на выходе 9 первого сумматора 6 подается напряжение.

Одновременно на выходе датчика момента, установленного на валу двигателя внутреннего сгорания, напряжение увеличивается, оно дифференцируется цепью 24, вследствие чего на ее выходе формируется положительное напряжение, пропорциональное производной от увеличения момента сопротивления на валу двигателя внутреннего сгорания.

Посредством диода 27, включенного в прямом направлении, полученное положительное напряжение подается на второй вход 22 второго сумматора 20 по цепи обратной положительной гибкой связи 28, содержащей дифференцирующую цепь 24 и диод 27. Далее производится сложение его с выходным напряжением первого сумматора 6. Результат в виде положительного напряжения с выхода 23 второго сумматора 20 подается на усилитель 16.

На выходе электронного блока 17 управления увеличивается длительность формируемого им прямоугольного импульса, подача топлива $h_{дн}$ (см. рис. 5) увеличивается, момент двигателя возрастет и станет равным новому увеличенному моменту сопротивления, и частота вращения двигателя прекратит снижаться. Благодаря оперативному, практически мгновенному увеличению вращающего момента двигателя по цепи положительной гибкой обратной

связи 28 (см. рис. 7), повышается проходимость и производительность транспортного средства с предлагаемой системой управления.

При уменьшении момента сопротивления движению транспортного средства, а следовательно, и уменьшении приведенного момента сопротивления на упругом валу 15 по отношению к вращающему моменту двигателя внутреннего сгорания на выходе датчика 14 момента напряжение снижается, оно дифференцируется цепью 24, и на ее выходе формируется отрицательное напряжение, пропорциональное производной от снижения момента сопротивления на упругом валу 15.

Однако посредством диода 27, включенного в прямом направлении, полученное отрицательное напряжение не подается на второй вход 22 второго сумматора 20. Поэтому коррекции подаваемого количества топлива не происходит.

Экономический эффект получается за счет повышения производительности и проходимости транспортного средства путем использования для управления двигателем внутреннего сгорания такого информационного параметра, как производная от увеличения момента сопротивления на валу двигателя при повышении момента сопротивления движению транспортного средства.

Выводы

1. Предложен метод повышения проходимости и производительности грузового автомобиля за счет увеличения быстродействия системы автоматического управления двигателем внутреннего сгорания при увеличении момента сопротивления движению и предложена система автоматического управления для ее реализации.

2. Использование для управления двигателем внутреннего сгорания такого информационного параметра, как производная от увеличения момента сопротивления на его валу при повышении момента сопротивления движению транспортного средства, позволит повысить быстродействие системы автоматического управления скоростью движения грузовых автомобилей, и соответственно их проходимость и производительность.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Крутов В. И. Автоматическое регулирование и управление двигателями внутреннего сгорания: учебник для студентов вузов. 5-е изд., перераб. и доп. — М.: Машиностроение, 1989. С. 12, рис. 1.2, в; С. 164—167, рис. 6.6.
2. Савич Е. Л. Техническая эксплуатация автомобилей: учеб. пособие. В 3 ч. Ч. 2. Методы и средства диагностики и технического обслуживания автомобилей. — Минск: Новое знание; М.: ИНФРА-М, 2015. С. 11, рис. 1.1.
3. Патент РБ 3098, МПК В 60К 41/04, 1999.