

УСТРОЙСТВО АВТОМАТИЧЕСКОЙ БЛОКИРОВКИ МЕЖКОЛЕСНОГО ДИФФЕРЕНЦИАЛА КОЛЕСНОГО ТРАКТОРА

THE DEVICE FOR AUTOMATIC LOCKING OF INTER-WHEEL DIFFERENTIAL OF WHEELED TRACTOR

В.П. ЛОБАХ, К.Т.Н.
В.В. ГЕРАЩЕНКО, К.Т.Н.
Н.А. КОВАЛЕНКО, К.Т.Н.

Белорусско-Российский университет, Могилев,
Республика Беларусь, mogilev-kovalenko@rambler.ru

V.P. LAUBACH, PhD in Engineering
V.V. GERASHCHENKO, PhD in Engineering
N.A. KOVALENKO, PhD in Engineering
Belarusian-Russian University, Mogilev, Republic Of Belarus,
mogilev-kovalenko@rambler.ru

Эффективная работы колесного трактора во многом определяется таким эксплуатационным свойством, как проходимость. Для ее повышения используются системы автоматической блокировки межколесного дифференциала, которые блокируют его только при выполнении поворота колесным трактором, а при прямолинейном движении дифференциал находится в разблокированном состоянии. Это снижает проходимость колесного трактора в тяжелых дорожных условиях при его прямолинейном движении. Авторами предлагается автоматическое устройство блокировки и разблокировки межколесного дифференциала, работающее на основе обобщенного информационного параметра, – разности частот вращения ведущих колес одной оси при движении трактора как при прямолинейном движении, так и при поворотах. Оно состоит из включателя устройства, муфты с фрикционными дисками для блокировки дифференциала, гидропривода ее срабатывания, состоящего из бака, насоса, редукционного клапана, электромагнитного двухпозиционного золотника с обмоткой, двух датчиков частоты вращения первого и второго ведущих колес, сумматора с двумя входами и выходом, входами соединенного с первым и вторым датчиками частоты вращения, усилителя, выходом соединенного с обмоткой золотника. При достижении установленной разности частот вращения колес ведущей оси, формируется управляющее напряжение, которое усиливается и подается на обмотку золотника. Перемещаясь, он обеспечивает включение муфты блокировки дифференциала. При снижении разности частот вращения ведущих колес до нуля происходит автоматическое разблокирование межколесного дифференциала. Применение разработанного устройства автоматического управления блокировкой и разблокировкой межколесного дифференциала, по сравнению с известным, обеспечивает повышение проходимости колесного трактора.

Ключевые слова: колесный трактор, проходимость, дифференциал, блокировка, усилитель, сумматор, датчик частоты вращения, информационный параметр.

The efficient operation of the wheeled tractor is largely determined by such operating property as permeability. To increase it, the automatic interlock differential locking systems are used, which block it only when the wheeled tractor turns, and in case of rectilinear motion the differential is in the unlocked state. This reduces the permeability of the wheeled tractor in severe road conditions with its rectilinear movement. The authors propose an automatic device for locking and unlocking an inter-wheel differential operating on the basis of a generalized information parameter – the difference in the frequencies of rotation of the driving wheels of one axis when the tractor moves both in straight run and during turning. It consists of a device switch, a clutch with friction discs to lock the differential; Hydraulic actuation of its operation, consisting of a tank, a pump, a reducing valve, an electromagnetic two-position spool with a winding; two speed sensors of the first and second driving wheels; adder with two inputs and an output, inputs connected to the first and second speed sensors; amplifier output connected to the coil of the spool. When it reaches the set difference of speeds of the wheels of the drive axle is generated a control voltage which is amplified and fed to the winding spool. Moving, it ensures the inclusion of the differential lock. When the difference in the rotational speeds of the driving wheels is reduced to zero, the inter-wheel differential is automatically unlocked. The use of the developed device for automatic control of interlocking and unlocking of the inter-wheel differential, in comparison with the known, provides increased permeability of the wheeled tractor.

Keywords: wheel tractor, permeability, differential, interlock, amplifier, adder, speed sensor, information parameter.

Введение

Для повышения проходимости колесного трактора он, как правило, оборудуется устройством для блокировки и разблокировки межколесного дифференциала. При этом в качестве информационного параметра для работы устройства для управления блокировкой используется не обобщенный информационный параметр, каким является разность частот вращения ведущих колес трактора, а угол поворота рулевого колеса трактора [1–3]. Из-за этого работа устройства блокировки и разблокировки отличается погрешностями, а проходимость трактора повышается недостаточно. Авторами предлагается устройство, в котором в качестве обобщенного информационного параметра выступает разность частот вращения ведущих колес. Это позволяет при формировании управляющего сигнала на блокирование и разблокирование межколесного дифференциала учесть не только угол поворота колес, но и появление разности частот вращения колес из-за неравных сопротивлений движению каждого колеса в случае прямолинейного движения трактора.

Цель исследования

Разработать устройство автоматической блокировки и разблокировки межколесного дифференциала по величине разности частот вращения ведущих колес, обеспечивающее повышение проходимости колесного трактора.

Материалы, методы исследований и их обсуждение

Устройство (рис. 1) автоматического блокирования и разблокирования дифференциала 1, установленное на заднем мосту 2 трактора, включает в себя корпус 3 дифференциала, с установленными внутри корпуса 3 на крестовине 4 коническими шестернями – сателлитами 5 и двумя полуосевыми коническими шестернями 6 и 7 приводных пологов первого вала 8 первого и цельного вала 9 второго колес, включатель 10 устройства для автоматической блокировки, муфту сцепления 11 с фрикционными ведущими дисками 12 с внутренними зубьями, соединенными через вал 13 с крестовиной 4, и фрикционными ведомыми дисками 14 с наружными зубьями, соединенными через полый

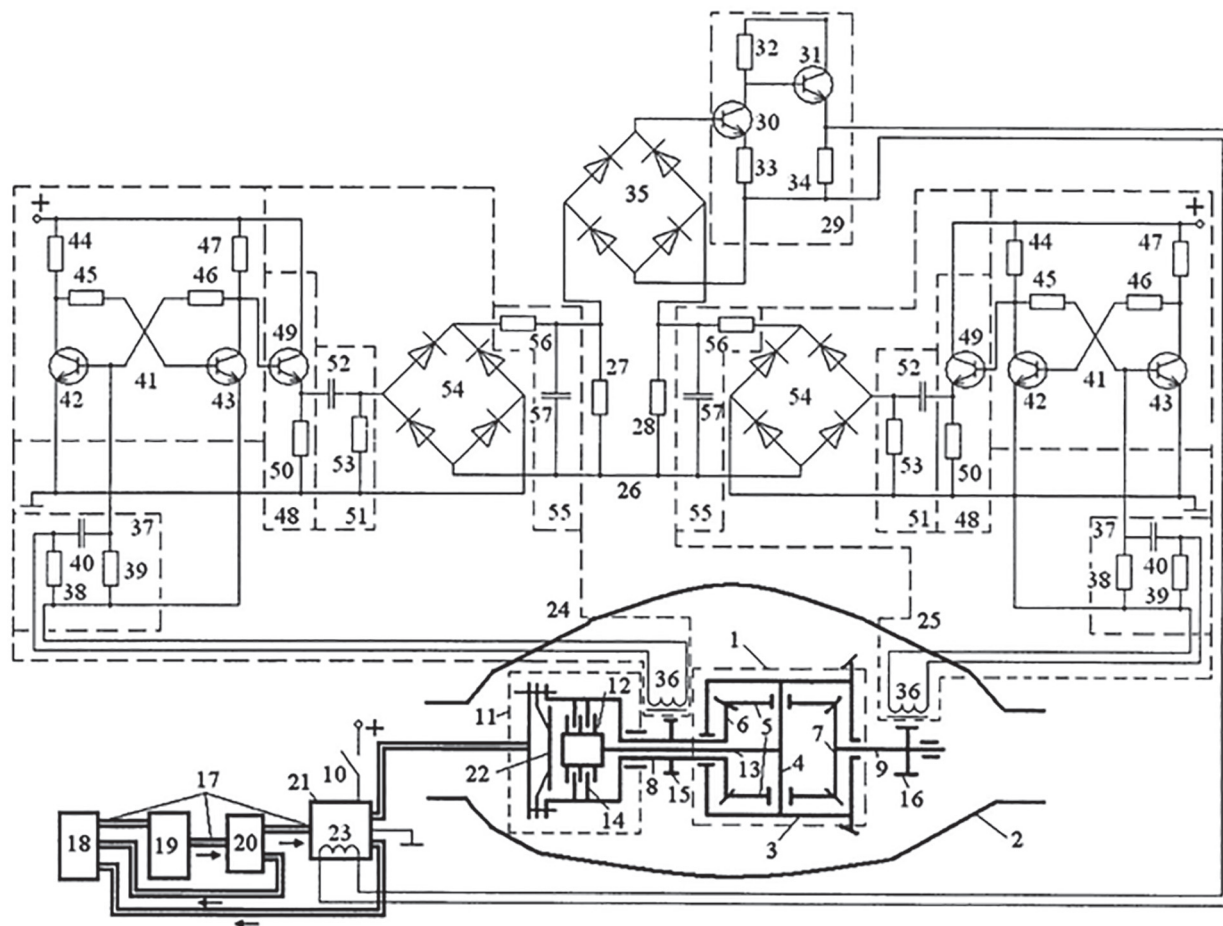


Рис. 1. Общая схема устройства блокировки дифференциала

вал 8 с полуосевой шестерней 6 и ведущей шестерней 15 колесной передачи первого колеса, вал 8 с полуосевой шестерней 7 и ведущей шестерней 16 колесной передачи второго колеса, последовательно соединенные трубопроводом 17 бак 18, насос 19, редукционный клапан 20, золотник 21, выполненный электромагнитным двухпозиционным, подвижный нажимной диск 22 муфты сцепления 11, обмотка 23, золотника 21. При автоматизации процесса блокировки-разблокировки введены первый датчик 24 частоты вращения, установленный на ведущей шестерне колесной передачи полого вала привода первого колеса, второй датчик 25 частоты вращения, установленный на ведущей шестерне колесной передачи вала привода второго колеса заднего моста, сумматор 26 с двумя входами и выходом, выполненный на двух встречно включенных резисторах 27 и 28, соединенный первым входом с выходом первого датчика 24 частоты вращения, вторым входом – с выходом второго датчика 25 частоты вращения, усилитель 29, выполненный на первом 30 и втором 31 последовательно соединенных транзисторах и трех (32, 33, 34) резисторах, подсоединенный входом к выходу сумматора 26 посредством выпрямителя 35, выполненного на четырех диодах, при этом обмотка 23 электромагнитного золотника 21 соединена с выходом усилителя 29.

Каждый из датчиков 24 и 25 [4–7] содержит катушку 36 индуктивности с магнитным сердечником, установленную возле зубьев шестерни 15 и 16, первую дифференцирующую цепь 37, соединенную входом с выходом катушки 36 индуктивности и выполненную на резисторах 38, 39 и конденсаторе 40, триггер 41 с одним входом, выполненный на транзисторах 42, 43 и резисторах 44, 45, 46, 47, при этом база транзистора 42 соединена с выходом первой дифференцирующей цепи 37, последовательно соединенные согласующий усилитель 48, выполненный на транзисторе 49 и резисторе 50, вторая дифференцирующая цепь 51, выполненная на конденсаторе 52 и резисторе 53, выпрямитель 54, выполненный на четырех диодах, интегрирующая цепь 55, выполненная на резисторе 56 и конденсаторе 57, при этом вход согласующего усилителя 48 соединен с выходом триггера 41 с одним входом.

Выполнение золотника двухпозиционным электромагнитным с обмоткой позволяет использовать его в качестве исполнительного

элемента в автоматической системе управления блокировкой и разблокировкой межколесного дифференциала.

Введение в предлагаемое устройство датчиков частоты вращения 24, 25, выполненных на перечисленных выше электронных узлах, позволяет получить на их выходах напряжения, пропорциональные частотам вращения колес (рис. 2, е). Посредством сумматора и усилителя разность напряжений датчиков частоты вращения подают на обмотку двухпозиционного электромагнитного золотника автоматической системы управления блокировкой и разблокировкой дифференциала.

Каждый из датчиков 24 и 25 частоты вращения валов работает следующим образом [4–7]. При вращении шестерни 15 или 16 на выводах катушки индуктивности 36 формируются разнополярные импульсы, которые дифференцируются первой дифференцирующей цепью 37. На рис. 2, а представлен график остроконечных импульсов напряжения на выходе первой дифференцирующей цепи 37, пригодных для запуска триггера 41.

В исходном состоянии триггера 41 транзистор 42 триггера закрыт, тогда транзистор 43 триггера открыт. При вращении валов и поступлении на базу транзистора 42 положительного импульса А в момент времени t_1 (рис. 2, а, 2, б) транзистор 42 открывается, а транзистор 43 закрывается (рис. 2, б, 2, в). При последующем поступлении в момент времени t_2 отрицательного импульса Б (рис. 2, а) на базу транзистора 42, этот транзистор закрывается, а транзистор 43 открывается. В результате этого на выходе транзистора 43 триггера 41 формируется прямоугольный импульс Д (рис. 2, в).

При поступлении от первой дифференцирующей цепи 37 остроконечных импульсов В и Г (рис. 2, а) на базу транзистора 42 происходит формирование прямоугольного импульса Е на выходе триггера 41 (рис. 2, в). Далее формирование прямоугольных импульсов на выходе триггера 41 происходит аналогично описанному выше. Так как при изменении частоты вращения валов изменяется длительность полученных прямоугольных импульсов, а следовательно, и их площадь, то с помощью второй дифференцирующей цепи 51, соединенной с выходом триггера согласующим усилителем 48, из прямоугольных импульсов формируются одинаковые по площади разнополярные экспоненциальные импульсы (рис. 2, з), что обеспе-

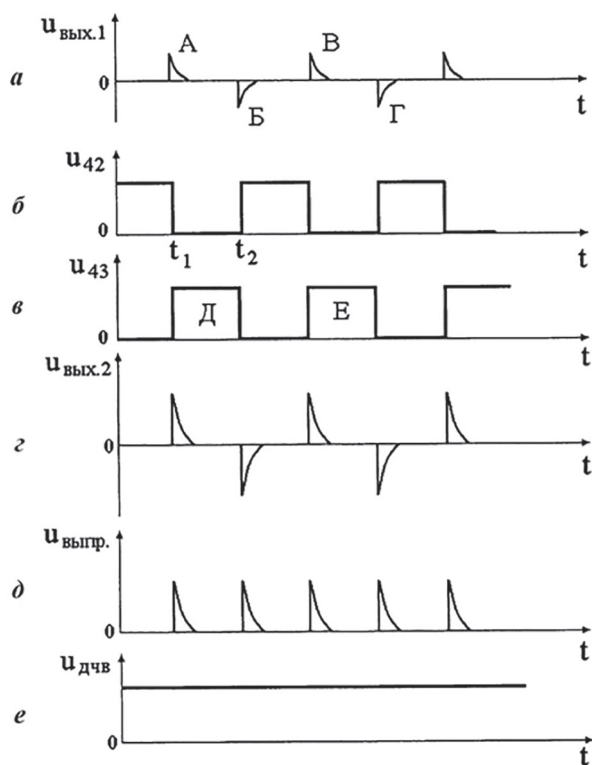


Рис. 2. Изменение напряжения в электрических цепях

чивает возможность применения операции их интегрирования цепью 55 после выполнения операции выпрямления (рис. 2, д). На выходе цепи 55 формируется напряжение, уровень которого пропорционален частоте вращения валов (рис. 2, е).

При равных частотах вращения n_1 и n_2 шестерен 15 и 16 приводных валов 8, 9 (рис. 1), дифференциал разблокирован (рис. 3, промежуток времени от 0 до t_1).

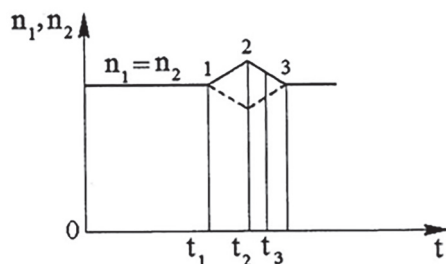


Рис. 3. Изменение частот вращения валов

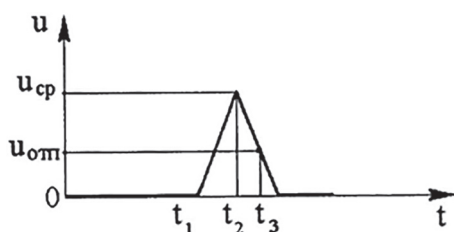


Рис. 4. Изменение напряжения на выходе усилителя

Если появляется разность частот вращения (рис. 4) приводных валов 8 и 9, то на выходе сумматора появляется управляющее напряжение, пропорциональное разности частот вращения валов 8 и 9. Это напряжение (см. рис. 4) усиливается транзисторным усилителем 29 и подается на обмотку 23 (рис. 1) золотника 21. При достижении разностью частот вращения валов 8 и 9 заданной предельной величины (рис. 3, момент времени t_2) напряжение на выходе усилителя (рис. 4, момент времени t_2) становится равным напряжению срабатывания $u_{ср}$ (рис. 5). Электромагнитный золотник 21 (рис. 1), перемещается, тем самым, блокируя дифференциал независимо от водителя.

При снижении разности частот вращения n_1 и n_2 приводных валов 8 и 9 до величины $u_{отп}$ в момент времени t_3 (рис. 4) напряжение на выходе (рис. 5) в момент времени t_3 сумматора снижается, а следовательно, снижается напряжение на выходе усилителя 29 (рис. 1). Когда напряжение на выходе усилителя становится равным напряжению $u_{отп}$ (рис. 4 и 5) электромагнитный золотник приходит в исходное состояние, а значит дифференциал разблокирован.

Экономический эффект при установке предлагаемого устройства на трактор достигается путем снижения затрат на эксплуатацию за счет улучшения его проходимости, из-за своевременного блокирования и разблокирования межколесного дифференциала.

Результаты и их обсуждение

Создано устройство блокирования и разблокирования межколесного дифференциала с использованием для получения информации о моменте блокировки и разблокировки величины разности частот вращения ведущих колес. При этом преобразуется частота вращения колес в напряжение, производится опре-

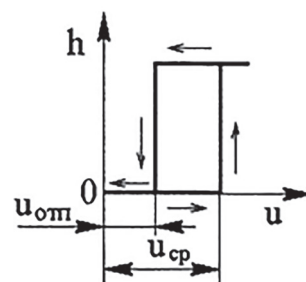


Рис. 5. Зависимость перемещения золотника от подаваемого на его обмотку напряжения от усилителя

деление разности напряжений сумматором, выпрямление этой разности и усиление ее. С выхода усилителя полученное напряжение подается на обмотку электромагнита золотника. При достижении напряжения, равного напряжению срабатывания золотника с выхода усилителя, золотник перемещается, дифференциал блокируется при снижении напряжения с выхода усилителя до напряжения отпускания золотник возвращается в исходное состояние и дифференциал разблокируется.

Заключение

Разработанное устройство автоматического управления блокировкой и разблокировкой межколесного дифференциала, по сравнению с известным, обеспечивает повышение проходимости колесного трактора.

Литература

1. Гуревич А.М., Сорокин Е.М. Тракторы и автомобили. М.: Колос, 1974. 400 с.
2. Шарипов В.М., Апельинский Д.В., Арустамов Л.Х. и др. Тракторы. Конструкция / Под общ. ред. В.М. Шарипова. М.: Машиностроение. 2012. 790 с.
3. Шарипов В.М., Бирюков М.К., Дементьев Ю.В. и др. Тракторы и автомобили / Под общ. ред. В.М. Шарипова. М.: Издательский дом «Спектр», 2010. 351 с.
4. Геращенко В.В. и др. Усовершенствованная система автоматического управления скоростью движения // Автомобильная промышленность. 2017. № 2. С. 11–13.
5. Геращенко В.В. Стенд для определения статической характеристики датчика крутящего момента // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2007. № 12. 2007. С. 40–41.
6. Геращенко В.В., Яскевич М.Я., Миронов К.Д. Оперативная оценка буксования сцепления тягово-транспортных машин // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2012. № 1. С. 22–24.
7. Геращенко В.В. и др. Экологичное и топливосберегающее технологическое оборудование автомобильного транспорта. СПб.: Изд-во Политехнического университета, 2016. 146 с.

References

1. Gurevich A.M., Sorokin E.M. Traktory i avtomobili [Tractors and automobiles]. Moscow: Kolos Publ., 1974. 400 p.
2. Sharipov V.M., Apelinskiy D.V., Arustamov L.Kh. i dr. Traktory. Konstruktsiya [Tractors. Design]. Pod obshch. red. V.M. Sharipova. Moscow: Mashinostroenie Publ., 2012. 790 p.
3. Sharipov V.M., Biryukov M.K., Dement'ev Yu.V. i dr. Traktory i avtomobili [Tractors and automobiles]. Pod obshch. red. V.M. Sharipova. Moscow: Izdatel'skiy dom «Spektr» Publ., 2010. 351 p.
4. Gerashchenko V.V. i dr. Advanced automatic speed control system. Avtomobil'naya promyshlennost'. 2017. No 2, pp. 11–13 (in Russ.).
5. Gerashchenko V.V. Bench for determining the static characteristic of the torque sensor. Traktory i sel'skokhozyaystvennyye mashiny. 2007. No 12, pp. 40–41 (in Russ.).
6. Gerashchenko V.V., Yaskevich M.Ya., Mironov K.D. Operational evaluation of slippage traction vehicles. Traktory i sel'khoz mashiny. 2012. No 1, pp. 22–24 (in Russ.).
7. Gerashchenko V.V. i dr. Ekologichnoe i toplivosberegayushchee tekhnologicheskoe oborudovanie avtomobil'nogo transporta [Eco-friendly and fuel-efficient technological equipment for road transport]. SPb.: Izd-vo Politekhnikeskogo un-ta Publ., 2016. 146 p.