

СОЗДАНИЕ АЛГОРИТМА УПРАВЛЕНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНЫМ ПРИВОДОМ ВЕДУЩИХ КОЛЁС ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО МОДУЛЯ

Шутенко Владимир Витальевич, аспирант кафедры Тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева e-mail: pilotklin36@mail.ru
Перевозчикова Наталия Васильевна, кандидат технических наук., доцент, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, e-mail: perevoz68@mail.ru

Анотация: Целью нашей работы является создание алгоритма управления ведущими колёсами ТТМ, который будет обеспечивать наилучшие характеристики МТА. Для достижения этой цели мы будем применять методы математического моделирования и графо-аналитические приемы для выведения основных зависимостей и условий алгоритма.

Ключевые слова: индивидуальный привод, транспортно-технологический модуль, активный привод, система управления, , алгоритм управления.

Введение. Большинство моделей современных тракторов обладают высокой энергонасыщенностью, которую невозможно полностью использовать для создания тягового усилия в связи с низкими сцепными свойствами опорной поверхности и недостатком сцепного веса. Поэтому мощность двигателя используется не полностью. [1]

Одним из способов более эффективного использования мощности двигателя является применение транспортно-технологических модулей. Которые представляют из себя прицеп, колеса которого имеют привод от ВОМа. Агрегатирование трактора ТТМ превращает трактор из колёсной формулы 4К4 в 6К6, что позволяет улучшить тягово - сцепные свойства трактора. Однако, при увеличении количества ведущих осей возрастают затраты мощности на преодоление кинематического несоответствия. [2,4]

Для снижения кинематического несоответствия в приводе трактора агрегатированного ТТМ, было предложено использовать индивидуальный привод ведущих колёс ТТМ, которым будет управлять микропроцессорная систем управления.

Цель исследования: Создание алгоритма работы микропроцессорной системы управления индивидуальным приводом ведущих колёс ТТМ.

Материалы и методы: для создания алгоритма нами применялись методы математического моделирования и графо-аналитические методы, с помощью которых были определены основные зависимости, на условиях выполнения которых строится алгоритм работы микропроцессорной системы управления.

Результаты и исследования: Микропроцессорная система управления индивидуальным приводом должна выполнять две задачи. **Первая задача**

заключается в распределение потока мощности между ведущими колёсами ТТМ в соответствии с буксованием и коэффициентом сцепления с дорогой. **Второй задачей** системы управления будет корректировка траектории движения ТТМ, стабилизация движения при прямолинейном движении и максимальная оптимизация движения МТА по кривой.

Для выполнения первой задачи микропроцессорная система должна произвести сравнение действительной скорости движения и скорости вращения колёс. После этого микропроцессорная система производит вычисление коэффициента буксования каждого колёса (рис. 1), сравнивает вычисленный коэффициент с заложенными в неё допустимыми значениями и принимает решение, о том какое количество мощности надо передавать на каждое колесо. Для выполнения этого системе необходимо получить данные о действительной скорости движения машины - тракторного агрегата, для вычисления, которой мы будем использовать IMU-сенсор.

$$V = V_0 + at \quad (1)$$

IMU-сенсор представляет собой устройство, которое выполняет две функции одновременно: трёхосный акселерометр, который покажет ускорение относительно собственных осей X, Y и Z, и трёхосный гироскоп, который показывает скорость вращения относительно собственных осей X, Y и Z.

Для решения задачи определения реальной скорости движения нам потребуется функция акселерометра. Как мы знаем, если трактор стоит на месте, то скорость вращения колёс трактора равна нулю и, соответственно, действительная скорость равна нулю. Но как только трактор начинает движение, скорость вращения колёс изменяется и трактор начинает ускоряться. Микропроцессорная система будет сравнивать, через короткие промежутки времени (менее одной миллисекунды), скорость вращения колёс (переводя её из угловой скорости в линейную) и скорость действительную, которую мы получим путём считывания ускорения с акселерометра и вычисления по формуле 1, подставляя в неё данные об ускорении и принимая как начальное значение, значение скорости, которое было при предыдущем вычислении. При начале движения машины – тракторный агрегат имеет нулевую начальную скорость, скорость вращения колёс так же равна нулю. При выполнении этих условий система управления будет принимать начальное значение скорости для вычисления действительной скорости - ноль. В случае, когда трактор движется равномерно, ускорение будет равно нулю. В соответствие с формулой (1), действительная скорость движения будет равна скорости, которую мы приняли как начальную. В случае, когда скорость вращения колёс трактора отлична от нуля, а действительная скорость будет равна нулю, это будет означать, что трактор забуксовал и не может продолжать движение. В этот момент начинает действовать другой алгоритм работы, который поможет трактористу как можно быстрее продолжить движение. Если же скорость вращения колёс ниже действительной скорости, то система управления будет определять это как проскальзывание колёс. Такая ситуация может возникнуть при движении,

например, на спуск. Вэтом случае система включит алгоритмы стабилизации движения на спуске. [3,5]

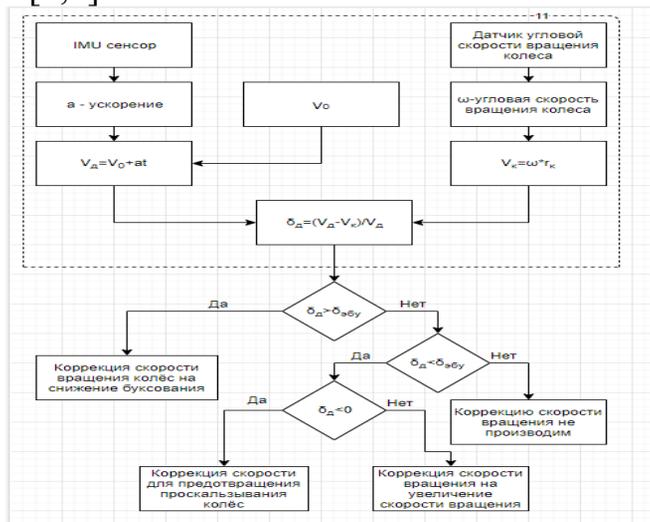


Рис. 1. Блок схема системы управления активным приводом колёс

Второй задачей системы управления будет корректировка траектории движения транспортно – технологического модуля, стабилизация движения его при прямолинейном движении и максимальная оптимизация движения машино – тракторного агрегата по кривой.

При прямолинейном движении машино - тракторного агрегата, может возникать отставание или набегание колёс транспортно-технологического модуля на трактор. В этом случае возникает вращающий момент с осью вращения в точке сцепки.

В случае движения по кривой, траектория движения транспортно - технологического модуля будет отличаться от траектории движения трактора, так как транспортно – технологический модуль по своей конструкции является прицепом, а, соответственно, траектория его движения ближе к центру поворота, чем траектория движения трактора. Поэтому для расчёта угловых скоростей вращения колёс нужен отдельный алгоритм.

Для решения второй задачи мы будем использовать те же IMU-сенсоры, которые были использованы для решения первой задачи, один из которых будет установлен на тракторе, а второй - на транспортно-технологическом модуле.

При прямолинейном движении машино – тракторного агрегата сенсор, установленный на тракторе, будет показывать, что ускорение, направленное вдоль продольной оси трактора и угловое ускорение, будет равно нулю. Соответственно такие же данные мы должны получить и с сенсора, установленного на транспортно – технологическом модуле. В случае, если данные с сенсора, установленного на транспортно – технологическом модуле, отличаются больше чем на допустимое значение, система управления начинает изменять скорости вращения колёс так, чтобы компенсировать возникшее угловое ускорение и стабилизировать траекторию движения транспортно-технологического модуля.

В случае движения по кривой, система управления должна определить угол, на который поворачивает трактор, и в соответствие с этим углом вычислить траекторию и скорости вращения всех колёс транспортно - технологического модуля. Угол поворота трактора будет вычисляться с помощью двух датчиков: первый это датчик угла поворота рулевого колеса (управляющих колёс), второй это IMU-сенсор, уже установленный на тракторе. Данный сенсор поможет нам определить реальное направление движения трактора (путем сложения векторов линейного и тангенциального ускорения), потому что угол поворота колёс даёт нам понять только, кривизну траектории, по которой желает двигаться тракторист. Для определения того на сколько положение вектора ускорения транспортно – технологического модуля должно отличаться от положения вектора ускорения трактора мы воспользовались графо-аналитическим методом.

Расчёт угла между вектором ускорения трактора и вектором ускорения транспортно – технологического модуля был произведен в зависимости от угла поворота управляющих колёс. На основе этих данных был построен график (рис 2)

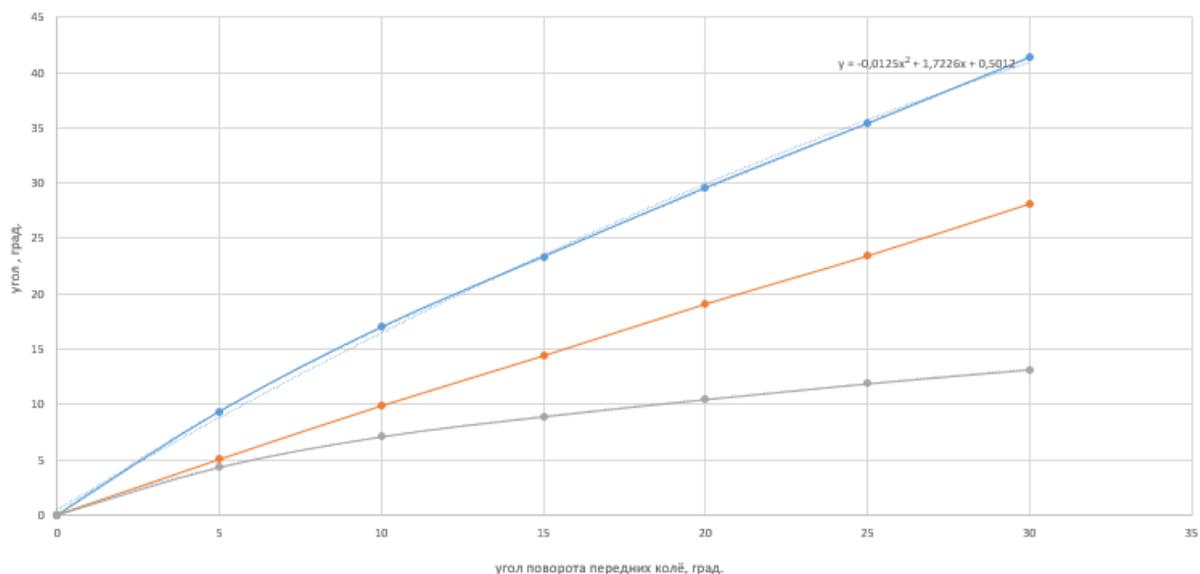


Рис. 2. Зависимости углов поворота различных элементов МТА от угла поворота передних колёс

С помощью пакета MSExcel, нами была получена кривая зависимости угла между векторами ускорения трактора и транспортно технологического модуля от угла поворота передних колёс. Этот же пакет был нами использован для выведения уравнения этой кривой (формула 2).

$$y = -0.0125x^2 + 1.772x + 0.5012 \quad (2)$$

Данное уравнение (2) будет заложено в микропроцессорную систему управления, и с помощью этого уравнения система управления будет определять соответствует ли направление ускорения транспортно – технологического модуля, углу поворота трактора, и определять на сколько траектория движения транспортно технологического модуля соответствует необходимой. Если траектория отклоняется больше заданного значения, то

система изменяет скорости вращения колёс и создает вращающий момент, для корректировки траектории движения транспортно – технологического модуля.

Выводы

Алгоритм работы микропроцессорной системой управления индивидуальным приводом представляет собой два последовательных алгоритма, которые одинаково важны для эффективной работы данного типа привода. Контроль за распределением потока мощности между колёсами важен для повышения тягового усилия и более эффективного использования мощности двигателя, что в свою очередь, влечет за собой повышение топливной экономичности. Выполнение части алгоритма, отвечающего за корректировку и стабилизацию движения ТТМ, необходимо, так как если при управлении скоростью и моментом, подводимым к колёсам, опираться только на данные о буксовании колёс, можно создать условия, при которых возникнет вращающий момент, создающий вероятность заноса МТА.

Так же важна и последовательность выполнения алгоритмов, поскольку первостепенной задачей, является повышение тягового усилия, соответственно, во-первых, выполняется часть алгоритма по распределению мощности между ведущими колёсами ТТМ, а затем производится корректировка скорости вращения колёс для стабилизации движения МТА.

Библиографический список

1. Грибов И.В., Перевозчикова Н.В. «Мощность – основной показатель для трактора тягово-энергетической концепции» // Техника и технологии АПК вестник. N5. 2017. С. 18-21

2. Кутьков Г.М., Рославцев А.В., Иваницкий В.Г., Надыкто В.Т., Черепухин В.Д., Хаустов В.А., Абдула С.Л., Гурковский Е.Э. Модульное энерготехнологическое средство МЭС-300 кл. 3-5 // Тракторы и сельскохозяйственные машины. N2. 1998. С. 16-20

3. Кутьков Г.М., Сидоров В.Н., Сидоров М.В. Тяговый расчет трактора тягово-энергетической концепции: Учебно-методическое пособие / Под редакцией проф. Г.М. Кутькова. М.: Издательство. 2012. 84 с.

4. Кутьков Г.М., Грибов И.В., Перевозчикова Н.В. Балластирование Тракторов // Тракторы и сельхозмашины. N9. 2017. С. 52-60.

5. Котиев Г.О., Горелов В.А., Мирошниченко А.В. Разработка закона управления индивидуальным приводом движителей многоосной колесной машины // Машиностроение. N1. 2012. С. 49-59.