

основной упор в данном случае необходимо сделать на точную регулировку гаек, своевременную замену износившихся матриц и пуансонов и неукоснительное соблюдение организационно-технических мероприятий по проведению ППР. Экономический эффект от внедрения данной методики на предприятии СООО "СтальПродукт-Инвест" составил 10 млн руб.

Список цитированных источников

1. Лахтин, Ю.М. Материаловедение: учебник для машиностроительных вузов / Ю.М. Лахтин, В.П. Леонтьева. – 2-е изд., перер. и доп. – М.: Машиностроение. 1980. – 493 с.
2. Трембли, Том. Autodesk Inventor 2013 и Inventor LT 2013. Основы. Официальный учебный курс. – ДМК-Пресс, 2013. – 344 с.

УДК 681.5

Никонов М.Н.

Научный руководитель: доцент Прокопеня О.Н.

УПРАВЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЕМ МОБИЛЬНЫХ РОБОТОВ ПРИ ТРАНСПОРТИРОВАНИИ ШТАБЕЛИРОВАННЫХ ГРУЗОВ

Мобильные роботы широко применяются в транспортных системах автоматизированных складов [1, 2]. Особенностью работы данных роботов является транспортирование объектов, уложенных друг на друга. При этом суммарная высота штабелированного груза оказывается существенно больше размеров основания. Такой груз обладает ограниченной устойчивостью, т. е. имеет склонность к опрокидыванию при движении с ускорением. Очевидно, что система управления приводами должна быть построена таким образом, чтобы ускорение робота в процессе движения даже кратковременно не превышало допустимого значения. Последнее можно рассчитать, если известно положение центра масс груза по высоте и размеры основания. Данная задача неразрывно связана с планированием траектории, поскольку нормальное ускорение при движении по криволинейным участкам определяется радиусом их кривизны.

В данной работе предполагалось, что траектория состоит из элементов окружности заданного радиуса и прямолинейных участков, как показано на рисунке 1. При движении по окружности должна ограничиваться также скорость, т. к. она определяет нормальное ускорение. Способ отслеживания траектории не оговаривается, поскольку он не оказывает влияния на решение поставленной задачи.

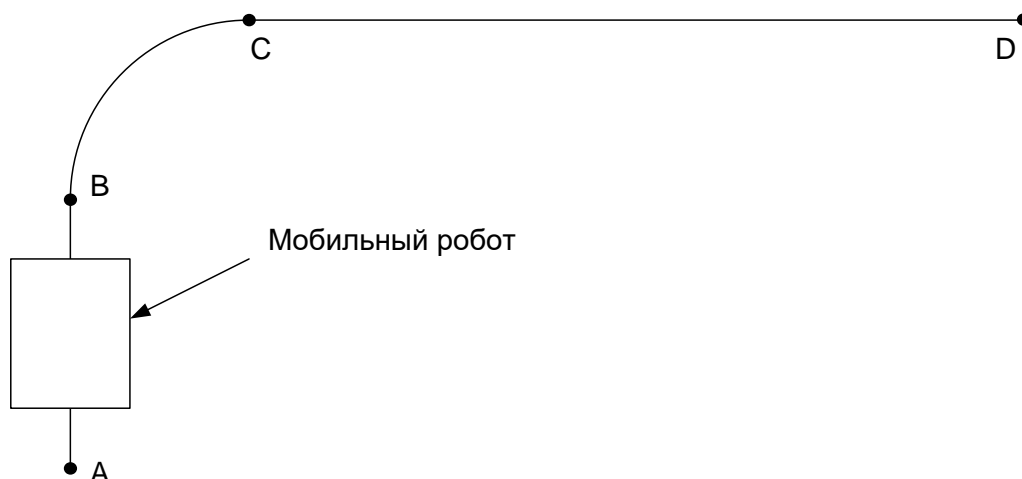


Рисунок 1 – Траектория движения робота

Приводы перемещения и поворота колес построены на основе двигателей постоянного тока. Уравнения движения привода имеют вид:

$$\dot{\alpha} = k_p \omega; \tag{1}$$

$$J_{ПП} \cdot \dot{\omega} = c_M \cdot I_{Я} - M_C; \tag{2}$$

$$L_{Я} \cdot \dot{I}_{Я} + R_{Я} \cdot I_{Я} + c_e \cdot \omega = k_y U_{Я}; \tag{3}$$

где α – угол поворота выходного звена;
 ω – угловая скорость двигателя;
 $I_{Я}$ – ток якоря двигателя;
 $J_{ПП}$ – приведенный к валу двигателя момент инерции звеньев привода;
 $L_{Я}$ – индуктивность обмотки якоря;
 M_C – момент сопротивления, приведенный к валу двигателя;
 k_p и k_y – коэффициенты передачи редуктора и усилителя мощности.

В соответствии с (2) для обеспечения заданного ускорения необходимо поддерживать соответствующее значение тока двигателя. Поскольку ток относительно легко поддается измерению, в приводе можно организовать обратную связь по току. Это позволяет ограничивать величину ускорения на прямолинейных участках траектории (АВ и CD на рисунке 1). При движении по дуге окружности (BC на рисунке 1) поддерживается постоянная скорость и имеет место только нормальное ускорение. Его величину можно ограничивать путем ограничения скорости. Таким образом, используется комбинированный алгоритм управления приводом перемещения – на прямолинейных участках двигателю задается требуемое значение тока, на криволинейных – скорости. Для этого используется адаптивный регулятор в системе управления движением с обратными связями по току и скорости. Математическая модель привода перемещения на основе двигателя 2ПБ90М, построенная в приложении SIMULINK среды программирования MATLAB по уравнениям (1)...(3) при наличии обратных связей по току и скорости, представлена на рисунке 2.

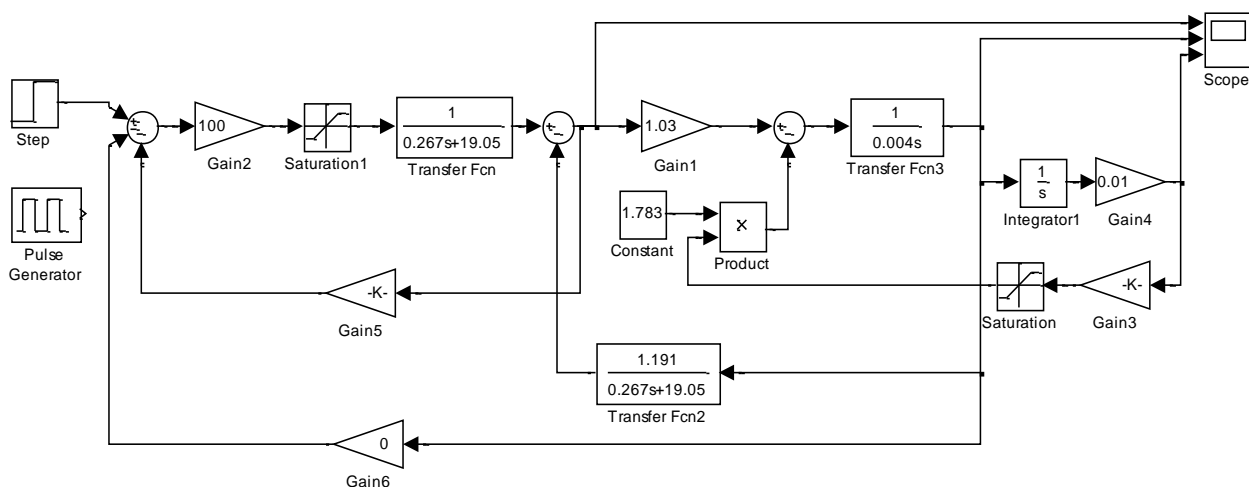


Рисунок 2 – Математическая модель привода робота в приложении SIMULINK

При движении по прямолинейному участку коэффициент обратной связи

по скорости принимается равным нулю, как показано на рисунке 2, а на вход подается заданное значение тока двигателя, исходя из требуемого ограничения по ускорению. Соответствующие кривые переходного процесса приведены на рисунке 3. Кривые соответствуют заданию номинального тока двигателя 1,732 А при действии номинального момента нагрузки 1,783 Н·м. При этом установившаяся скорость равна номинальной 157 с^{-1} , а максимальный момент составляет 1,9 номинального значения. Из приведенного рисунка следует, что скорость двигателя на начальном участке изменяется линейно, т. е. движение осуществляется с постоянным ускорением. Таким образом, управление током позволяет обеспечить требуемый характер движения на линейном участке траектории.

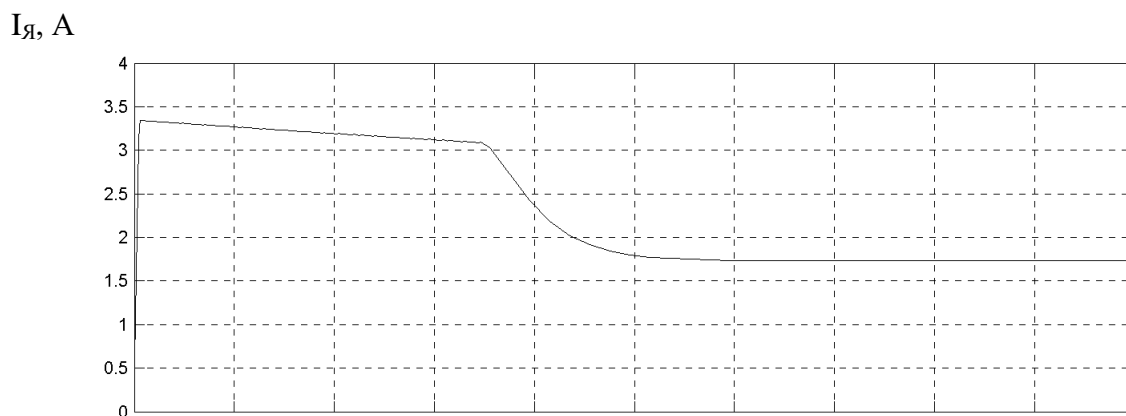
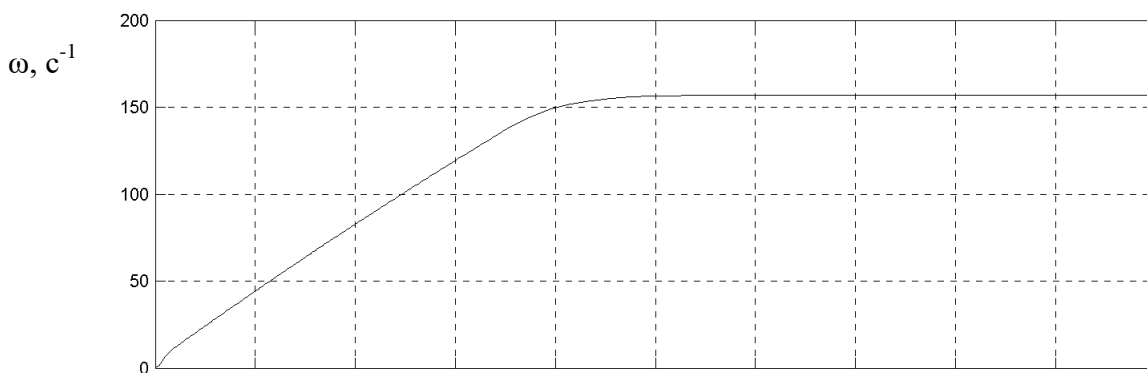
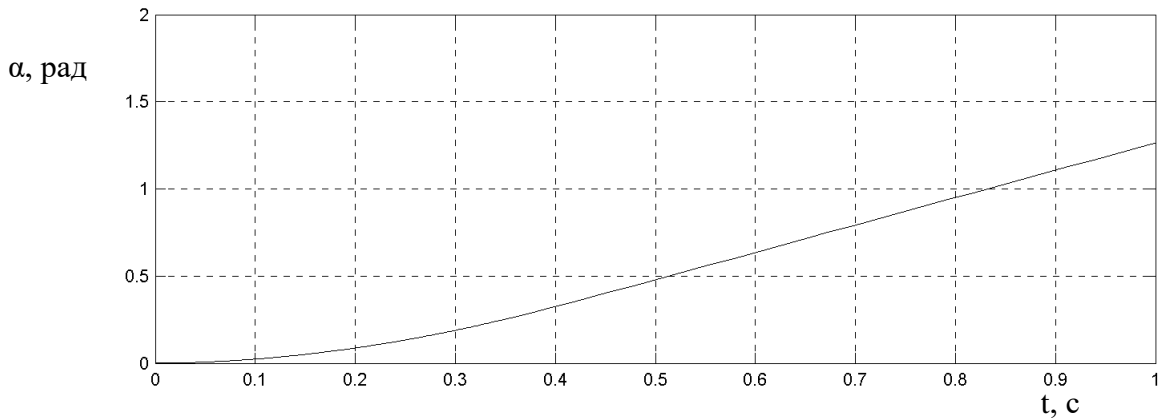


Рисунок 3 – Кривые изменения угла поворота выходного звена α , угловой

скорости ω и тока I_a двигателя в начале линейного участка траектории

При движении по дуге окружности на вход подается заданное значение скорости, и перестраиваются значения коэффициентов в цепях обратной связи. Они могут быть рассчитаны методом размещения полюсов, так чтобы обеспечить монотонный характер изменения скорости с заданным начальным ускорением [3]. Следует отметить, что криволинейные участки располагаются в середине траектории (движение начинается с линейного участка), поэтому на практике к концу линейного участка устанавливается требуемая скорость за счет управления током, и на криволинейном участке она поддерживается постоянной, поэтому имеет место только нормальное ускорение за счет движения по окружности.

Учитывая вышеизложенное, можно сделать вывод, что предложенный способ управления приводом перемещения мобильного робота на основе адаптивного регулятора позволяет обеспечить движение с ограниченным ускорением на всех участках траектории, что позволяет транспортировать штабелированные объекты без опрокидывания.

Список цитированных источников

1. Буда, Я. Автоматизация процессов в машиностроении / Я. Буда, В. Гановски, В. Вихман [и др.]; под ред. А.И. Дашенко. – М.: Высшая школа, 1991. – 435 с.
2. Накано, Э. Введение в робототехнику: Пер. с японск / Э. Накано. – М.: Мир, 1988. – 334 с.
3. Филипс, Ч. Системы управления с обратной связью / Ч. Филипс, Р. Харбор.– М.: Лаборатория базовых знаний, 2001. – 356 с.

УДК 621.91.002

Олехник М.А.

Научный руководитель: доцент Медведев О.А.

ТЕОРЕТИКО-ВЕРОЯТНОСТНЫЙ ПРОЕКТНЫЙ РАСЧЕТ УГЛОВЫХ РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ

Проектирование надежных и точных машин, эффективных техпроцессов сборки и механической обработки их комплектующих деталей невозможно без комплексного размерного анализа объектов проектирования на основе выявления и решения конструкторских и технологических размерных цепей. На основе проектных расчетов размерных цепей можно определить технически обоснованные требования к точности размеров комплектующих деталей, исходя из требуемой точности важных функциональных геометрических параметров машины, формирующихся при ее сборке, а также определить точность выполнения технологических размеров, исходя из точности чертежных размеров детали при ее механической обработке.

Методика проектных расчетов линейных размерных цепей достаточно подробно разработана и описана в учебной и специальной технической литературе [2 и др.]. В то же время, вопросом выявления и решения угловых размерных цепей уделяется неоправданно мало внимания, несмотря на ряд объективных факторов, определяющих их важность:

- в большинстве случаев требуемый уровень точности размеров, опреде-