

Полученные данные о силах резания при высокопроизводительной фрезерной и сверлильной обработке соответствуют общепринятым представлениям. Соотношение максимальных значений по вертикальному и горизонтальному направлению с учетом постоянной смены условий резания (неполное несимметричное попутное/встречное фрезерование) соблюдается. В то же время получение значений сил расчетным методом затруднительно, поскольку не позволяет учесть особенности геометрии и конструкции применяемого инструмента, изменения условий работы вследствие смены траектории движения, переменных из-за этого величин срезаемого слоя.

Заданные режимы резания являются умеренными по критерию нагруженности инструмента и станочной системы и ограничивались надежностью закрепления заготовки в приспособлении измерительного динамометра СУПР-600. При увеличении в эксплуатационных условиях режимов резания, в первую очередь глубины резания t (мм), а также подачи (мм/об), следует ожидать пропорционального увеличения сил резания с сохранением полученных закономерностей изменения сил резания.

Список цитированных источников

1. Определение фактических сил резания при высокоскоростной и высокоэффективной обработке различных металлов и сплавов на станках с ЧПУ фрезерной группы: Научно-технический отчет по договору №ХД 13/40 / Брестский государственный технический университет; Руководитель работы А.В. Драган. – Брест, 2013. – 21 с.

УДК 681.5

Козлович К.А.

Научный руководитель: доцент Прокопеня О.Н.

СТРУКТУРА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДВИГАТЕЛЬНЫМ МОДУЛЕМ МОБИЛЬНОГО РОБОТА И НАСТРОЙКА РЕГУЛЯТОРОВ

Данная работа посвящена проблеме управления движением мобильных роботов. Она выполнялась в сотрудничестве с Высшей школой Равенсбург-Вайнгартен (Германия) на базе конструкции мобильного робота, созданного в данном учебном заведении. Конструкция является оригинальной и защищена патентом. При наличии достаточно качественной механической части устройство пока не имеет эффективной системы управления. Это не позволяет реализовать на практике те потенциальные возможности, которые заложены в конструкцию.

Рассматриваемая конструкция содержит четыре двигательных модуля. Каждый модуль имеет два колеса с индивидуальными приводами. Таким образом, устройство содержит восемь взаимосвязанных приводов, система управления которыми является достаточно сложной. Ее синтез возможен только на основе современных компьютерных методов проектирования.

Для обеспечения хорошей управляемости робота, прежде всего, необходимо построить эффективную систему управления движением отдельного модуля. Его внешний вид показан на рисунке 1.

Двигательный модуль содержит два колеса. Каждое колесо имеет привод от двигателя постоянного тока мощностью 90 Вт через редуктор с передаточным отношением 21,36. За счет управления двигателями можно обеспечить поступательное движение

модуля (при равных угловых скоростях колес), а также поворот вокруг собственной оси (за счет разности скоростей).

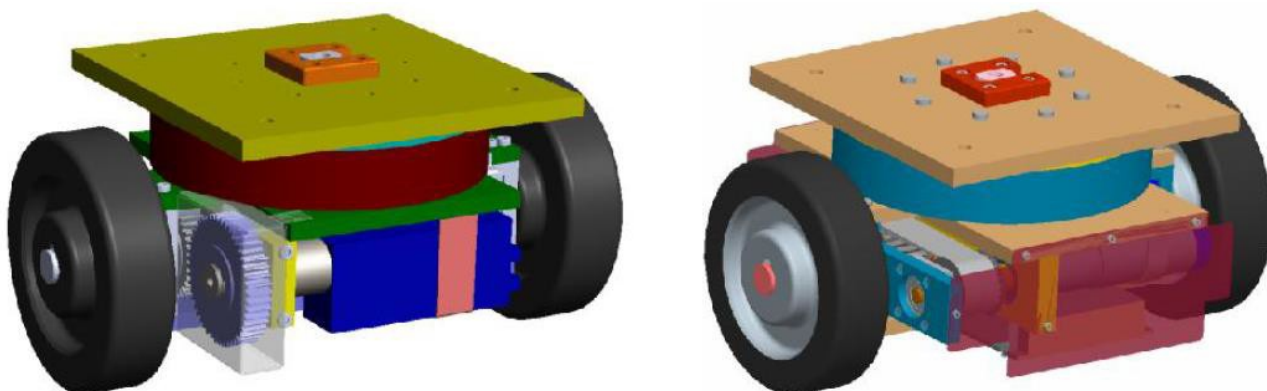


Рисунок 1 – Двигательный модуль робота

Подсистема управления модулем должна обеспечивать изменение желаемым образом скорости поступательного перемещения и угла разворота модуля для отработки заданной траектории. Таким образом, подсистема содержит два контура регулирования по указанным переменным. При этом необходимо, чтобы переходный процесс в каждом контуре был монотонным, а взаимное влияние контуров было незначительным.

Таким образом, задача состоит в выборе типа регулятора для каждого контура и его настройки, обеспечивающей требуемое качество переходного процесса, с последующим анализом взаимного влияния контуров методами математического моделирования. Для решения поставленной задачи была разработана математическая модель системы управления модулем в приложении SIMULINK среды программирования MATLAB.

Расчетная схема модуля приведена на рисунке 2.

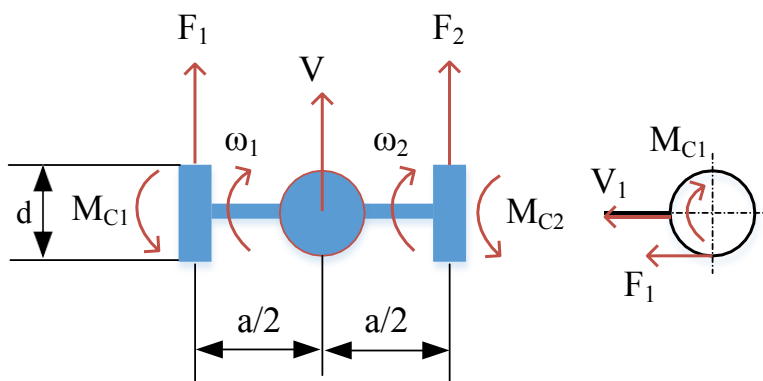


Рисунок 2 – Двигательный модуль робота

Уравнения поворотного и поступательного движения модуля

$$J\dot{\omega} = (F_2 - F_1) \frac{a}{2}; \quad (1)$$

$$m\dot{v} = F_2 - F_1, \quad (2)$$

где J и m – момент инерции и масса модуля; F_1 и F_2 – силы трения колес; a – расстояние между колесами.

Уравнения движения роторов двигателей

$$J_{np1}\dot{\omega}_{1\partial} = C_M I_{Я1} - M_{np1}; \quad (3)$$

$$J_{np2}\dot{\omega}_{2\partial} = C_M I_{я2} - M_{np2}, \quad (4)$$

где J_{np1} и J_{np2} – приведенные к валам двигателей моменты инерции; C_M – постоянная двигателя; $I_{я1}$ и $I_{я2}$ – токи двигателей; M_{np1} и M_{np2} – приведенные к валам двигателей моменты сил сопротивления.

Из (1)...(4) с учетом уравнений связи между силами и моментами получаем уравнения состояния:

$$\dot{\omega} = -b_{11}I_{я1} + b_{12}I_{я2} + b_{13}M_{c1} - b_{14}M_{c2}; \quad (5)$$

$$\dot{v} = b_{21}I_{я1} + b_{22}I_{я2} + b_{23}M_{c1} + b_{24}M_{c2}; \quad (6)$$

$$\dot{\varphi} = \omega; \quad (7)$$

$$\dot{S} = v, \quad (8)$$

где

$$b_{11} = b_{12} = \frac{0.5adC_M U}{0.5Jd^2 + J_{np}a^2 U^2}; \quad b_{13} = b_{14} = \frac{b_{11}}{C_M U}; \quad (9)$$

$$b_{21} = b_{22} = \frac{0.25 C_M U}{0.125d^2 m + J_{np}U^2}; \quad b_{23} = b_{24} = \frac{b_{21}}{C_M U} \quad (10)$$

Требуемые значения токов двигателей:

$$I_{я1} = I_{я} - \Delta I_{я}; \quad (11)$$

$$I_{я2} = I_{я} + \Delta I_{я}; \quad (12)$$

$$I_{я} = K_1 (v_{зад} - v); \quad (13)$$

$$\Delta I_{я} = K_2 (\varphi_{зад} - \varphi), \quad (14)$$

где $v_{зад}$ и v – заданное и измеренное значения скорости; $\varphi_{зад}$ и φ – заданное и измеренное значения угла поворота модуля; K_1 и K_2 – постоянные коэффициенты.

Таким образом, управление скоростью перемещения и углом поворота осуществляется за счет изменения токов двигателей в соответствии с (11), (12). Для реализации управления необходимо определять текущие значения скорости перемещения и угла поворота. Это можно сделать на основе измерения угловых скоростей двигателей с помощью тахогенераторов при условии, что проскальзывание колес отсутствует. При моделировании было принято указанное предположение.

На основе уравнений (1)...(14) была разработана динамическая модель системы управления модулем в приложении SIMULINK, представленная на рисунке 3. С ее помощью было исследовано качество переходных процессов в системе при использовании различных типов регуляторов.

Установлено, что достаточно хорошее качество переходных процессов обеспечивается при использовании пропорционального регулятора в контуре управления скоростью и пропорционально-дифференциального регулятора в контуре управления углом поворота при соответствующих настройках. На рисунке 4 показаны кривые изменения линейного и углового перемещений, а также линейной скорости при разгоне модуля до 1 м/с с одновременным разворотом на 1 радиан. Длительность переходных процессов по скорости и углу поворота около 2 с при отсутствии перерегулирования и колебательности.

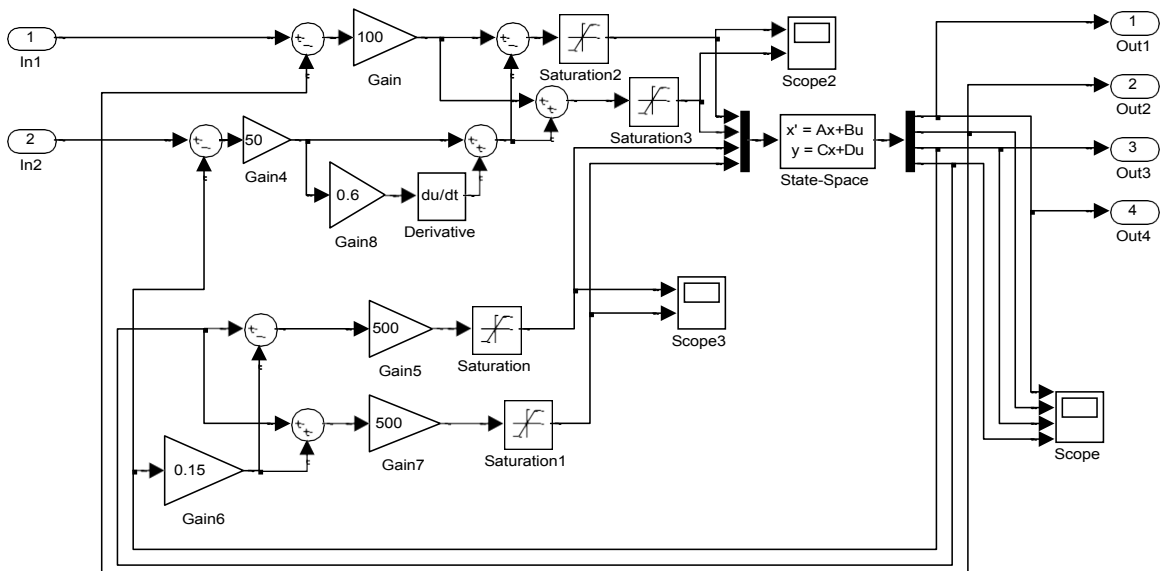


Рисунок 3 – Модель системы управления в приложении SIMULINK

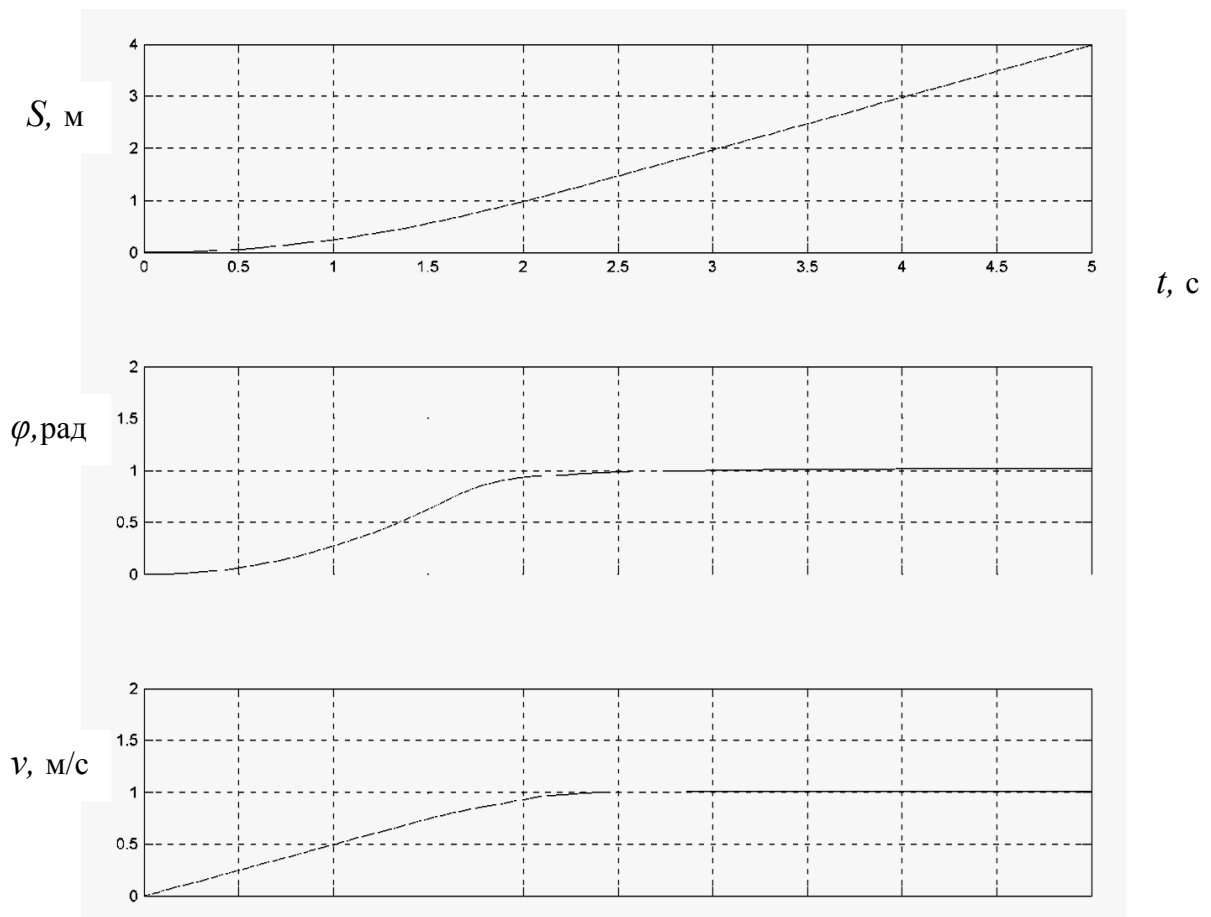


Рисунок 4 – Результаты моделирования движения робота

Работа полученной подсистемы управления модулем была исследована совместно с разработанным ранее алгоритмом планирования траектории [1]. Результаты моделирования показали, что данная система обеспечивает перемещение модуля в заданную целевую точку под заданным углом с отклонением не выше 5...7 см при скоростях перемещения до 1 м/с. Отклонение по углу при этом не более 1° . Траектории движения являются гладкими кривыми.

Таким образом, полученная подсистема управления двигателем модулем может быть применена в качестве составной части в системе управления движением мобильного робота. В настоящее время разрабатывается математическая модель такой системы. После отработки на математической модели полученные алгоритмы управления движением робота предполагается реализовать на практике и опробовать на действующей конструкции мобильного робота. В случае положительного результата полученную систему управления можно будет рекомендовать к использованию на промышленных вариантах мобильных роботов указанной конструкции.

Список цитированных источников

1. Прокопеня, О.Н. Управление движением мобильных роботов // Инновационные технологии, автоматизация и мехатроника в машино- и приборостроении: материалы Междунар. научно-практ. конф. / О.Н. Прокопеня, В.В. Халитов, К.А. Козлович; редкол.: Б.М. Хрусталева (гл. ред.) [и др.]. – Минск.: Бизнес-софсет, 2013. – С. 29-30.

Липовцев А.П.

Научный руководитель: доцент Ярошевич А.В.

КОМПЕНСАТОР РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ

Потери в сетях электроснабжения анализируются давно, обстоятельно и системно. В полной мере это относится и к потерям из – за реактивных нагрузок. Однако ситуация в бытовом потреблении электроэнергии анализируется в самом общем виде. Требования к компенсаторам реактивной мощности (КРМ) для бытовых нагрузок не сформулированы. Учитывая значительную долю бытового потребления электроэнергии, составляющую 20% от общего, задача разработки КРМ является актуальной. Способ решения этой задачи и некоторые требования к устройствам предложены путём применения аналоговой схемы вычислителя для КРМ.

Для обеспечения экономической целесообразности применения решающим параметром должна быть стоимость устройства. Стоимость определяется построением электрических схем из простых и надёжных элементов, количество которых в схеме невелико. Такой подход позволит обеспечить и другое важнейшее требование – небольшие габариты – позволяющие встраивать КРМ в квартирные щиты энергоснабжения.

Электрические цепи бытового потребителя питаются, как правило, одной фазой трёхфазной цепи переменного тока с нулевым проводом. Традиционно нагрузка в таких цепях считается резистивной и учёт потреблённой электроэнергии производится однофазным индукционным счётчиком, учитывающим потребляемую энергию активной мощности (АМ) нагрузки. Распространение бытовых приборов с трансформаторами, электродвигателями и сложными электронными цепями привело к появлению реактивной (индуктивной) составляющей мощности, $\cos \varphi$ в таких цепях может составлять $\cos \varphi = 0,65 \dots 0,97$. Средневзвешенное значение $\cos \varphi = 0,85$.

Передача РМ к потребителю и ее потребление в сети приводят к дополнительным потерям АМ в распределительных электрических сетях. При значении $\cos \varphi = 0,85$ РМ составляет 60% от АМ. Вследствие этого возрастают и активные потери от передачи электроэнергии, которые при $\cos \varphi = 0,85$ составляют 15% от полезной активной мощности у потребителя при 10% в случае чисто активной нагрузки.