

мощное, но вместе с тем легкое в применении, программное обеспечение и проверенный метод расчета, изменение электрофизических параметров можно отслеживать еще на этапе проектирования электронного модуля, что позволит минимизировать как материальные, так и временные затраты.

Задача моделирования цифровых узлов и систем может быть решена на основании моделей интегральных микросхем, составленных разными способами. В зависимости от подхода и метода составления моделей они имеют разное назначение, сложность и точность описания электрических свойств и логики функционирования.

Заключение. Проблема обеспечения ЭМС носит комплексный характер, что требует обеспечение необходимых требований на всех уровнях модульности при проектировании аппаратуры. Увеличение уровня модульности ведет к увеличению затрат на обеспечение ЭМС и снижению доступных мер. Обеспечение ЭМС достигается различными конструкторско-технологическими мерами, включающими выбор элементной базы, рациональную компоновку элементов, экранирование отдельных элементов схем, моделированием полей помехи элементов и т.д. Отсутствие алгоритмов оптимального размещения ЭРЭ на плате с учетом обеспечения их ЭМС, громоздкость и сложность математического описания требуют использования различных САПР для быстрого и качественного проектирования электронных цифровых устройств.

#### *Литература*

1. Муратов А.В. Проектирование радиоэлектронных средств с учетом показателей электромагнитной совместимости на основе использования метода частичных эквивалентных схем элементов / Муратов А.В. – М.: Воронеж, 2009.
2. SamsPcbGuide, часть 1: Оценка индуктивности элементов топологии печатных плат. – Электронный ресурс. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/409873/>

УДК 621.529

### **ПРОБЛЕМАТИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ 3D-ПРИНТЕРА СТРОИТЕЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

Бурба М.Д.

Научный руководитель – Гульков Г.И., к.т.н., доцент

Для обеспечения точного исполнения технологического процесса в 3D принтерах строительного назначения необходима система автоматического

управления электроприводом, приводящим в движение узлы технологической установки. Концепция системы автоматического управления 3D принтером строительного назначения зависит от принципа его работы. В данной статье рассматривается 3D принтер, по типу конструкции относящийся к порталным. Такой выбор обусловлен малой развитостью экструзионного строительства в Республике Беларусь. Портальные 3D принтеры, по оценке автора статьи, способны внести наибольший вклад в развитие промышленности за кратчайший отрезок времени.

Основной задачей автоматического управления является поддержание определенного закона изменения одной или нескольких физических величин, характеризующих процессы, протекающие в объектах управления (ОУ), без непосредственного участия человека. Эти величины называются управляемыми величинами (координатами), то есть координатами объекта управления, значения которых зависят от управляющих воздействий и показывают степень достижения цели управления.

В данной статье рассматривается система автоматического управления электроприводом 3D-принтера строительного назначения, а управляемой координатой, которая должна изменяться по заданному закону, является положение сопла по трем осям координат.

Главной задачей системы автоматического управления является точная отработка положения рабочего органа (РО) технологической установки. Передаточные механизмы перемещения подвижных опор приводятся в движение электродвигателями, которые через редуктор соединены с ведущими шестернями. Таким образом управляемой координатой системы автоматического управления 3D-принтера строительного является угловое положение валов приводных шестерней.

Для управления положением валов шестерен необходимы правильно выбранный электродвигатель, датчики положения ротора электродвигателя (в данном случае зная положение вала электродвигателя можно точно определить положение исполнительного органа), система автоматического управления (формирует управляющее воздействие для системы управления ключами преобразователя электрической на основе задние и сигналов обратных связей).

К любой системе управления предъявляются требования. Построенная с учетом всех требований система автоматического управления позволяет технологической установке обеспечивать выполнение заданных операций наилучшим образом с точки зрения конкретных критериев и исключает погрешность, вносимую в работу случайными процессами.

В качестве случайных процессов для системы автоматического управления электроприводом 3D-принтера строительного назначения

можно выделить: непредсказуемое изменение статического момента при обработке перемещения в условиях изменяющейся погоды, помехи в прямом канале САУ, ошибки в позиционировании сопла, помехи в сигналах от датчиков координат (тока, скорости, положения ротора). Так как, забегая вперед, система управления электроприводом будет реализована на микроконтроллере, а сама система автоматического управления будет реализована программно, то помехи в прямом канале можно не учитывать.

Для обеспечения заданной скорости перемещения электропривода при изменении статического момента и применяется система автоматического управления. Перемещение подвижных частей проектируемой установки сопровождается изменением статического момента, препятствующего или ускоряющего движения. Данный момент может изменяться в условиях работы при порывистом ветре, изменяющейся влажности воздуха и выпадающих осадках. Для обеспечения оптимального управления электроприводом на всей длине перемещения подвижных частей, в систему автоматического управления вводятся обратные связи и регуляторы (тока, напряжения), которые позволяют при изменении выходной величины скорости вала двигателя изменить соответствующим образом входное воздействие на схему питания электродвигателя

Для исключения ошибок в положении позиционирования сопла применяется обратная связь по положению. О системах с обратной связью часто говорят, что они управляются ошибкой (рассогласованием). Если звено обратной связи представляет собой усилитель с достаточно большим коэффициентом усиления, то при определенных условиях, наложенных на передаточную функцию остальной части тракта, замкнутая система остается устойчивой.

В этом случае погрешность в установившемся режиме может быть сделана сколь угодно малой. Достаточно ей появиться на входе усилителя, чтобы на его выходе образовалось достаточно большое напряжение и, которое автоматически компенсирует помеху и обеспечивает такое значение входной величины, при котором разность выходной и входной величин была бы достаточно мала. Малейшее нарастание выходной величины вызывает несоизмеримо большее нарастание входной величины. Поэтому любая (в практических пределах) помеха может быть скомпенсирована и притом при сколь угодно малой величине погрешности.

Для исключения помех от датчиков координат необходимо произвести фильтрацию цифрового сигнала. В общем случае термином цифровой фильтр называют аппаратную или программную реализацию математического алгоритма, входом которого является цифровой сигнал, а выходом – другой цифровой сигнал с определенным образом

модифицированной формой и/или амплитудной и фазовой характеристикой. Классификация цифровых фильтров обычно базируется на функциональных признаках алгоритмов цифровой фильтрации, согласно которому ЦФ подразделяются на 4 группы: фильтры частотной селекции, оптимальные (квазиоптимальные), адаптивные и эвристические. Наиболее изученными и опробованными на практике являются ЦФ частотной селекции.

### *Литература*

1. Требухин, А. Ф. Современные трехмерные принтеры для аддитивного строительного производства : учеб.-метод. пособие / А.Ф. Требухин, Д.Э. Парри. – Москва : Амалфея : Мисанта, 2019. – 10 с.
2. Лазарева Т. Я., Мартемьянов Ю. Ф. Основы теории автоматического управления: Учебное пособие. 2-е изд., перераб. и доп. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2004. 352 с.

УДК 621.3.07

## **СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ НА ОСНОВЕ СДПМ ДЛЯ ТРАНСПОРТНОЙ ТЕЛЕЖКИ**

Зарецкий В.А.

Научный руководитель – Гульков Г.Н., к.т.н., доцент

В качестве прототипа выступает действующая транспортная тележка. Транспортная тележка оснащена разрабатываемым контроллером моторов, программа которого работает в соответствии с моделью, описанной в главе 3 диссертации.

Функциональная схема прототипа для эксперимента представлена на рис. 1.

На рис. 1 введены следующие обозначения: «AGV Main board» – главная плата автоматизированной тележки, которая осуществляет управление всеми системами тележки; MCU – микроконтроллер TMS320F28335 в программе которого реализовано векторное управление двумя двигателями дифференциального привода транспортной тележки; Др – драйверы трехфазных транзисторных мостов, АИН – автономный инвертор напряжения; BMS – система управления батареей тележки; АКБ – аккумуляторная батарея транспортной тележки.