



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ
КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Робототехника и мехатроника»

Учебно-методическое пособие по дисциплине

«Моделирование роботов и РТС»

Авторы
Юсупов А.Р.,
Калашников Я.А.,
Кудрявцев И.В.

Ростов-на-Дону, 2018

Аннотация

Учебно-методическое пособие предназначен для студентов очной формы обучения направления 15.03.06 «Мехатроника и робототехника»

Авторы

ст. преподаватель кафедры Робототехника
и мехатроника»

Юсупов А.Р.,

магистрант группы ММР-21 кафедры
Робототехника и мехатроника»

Калашников Я.А.,

магистрант группы ММР-21 кафедры
Робототехника и мехатроника»

Кудрявцев И.В



Оглавление

Синтез динамической модели робота с электромеханическим приводом.	4
Введение.	4
Simulink-модель ДПТ с независимым возбуждением.	6
Синтез динамической модели.	8

СИНТЕЗ ДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ РОБОТА С ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИМ ПРИВОДОМ.

Цели:

Синтезировать динамическую модель на примере манипулятора PUMA-560 с электромеханическим приводом.

Задачи:

-Составить математическое описание манипулятора двигателя постоянного тока.

-Составить модель двигателя постоянного тока в среде MATLAB.

-Представить результаты моделирования.

-Составить динамическую модель манипулятора Puma-560 в среде MATLAB/Simulink.

ВВЕДЕНИЕ.

Производительность роботов в значительной степени определяется быстродействием приводов его звеньев. Кроме того, скорость выполнения технологических задач роботами должна соответствовать скоростям другого оборудования, функционирующего совместно с роботом. Для обеспечения заданного быстродействия робота должна быть разработана эффективная система автоматического регулирования скорости работы приводов робота, отвечающих за выполнение конкретных задач.

Современные роботы в большинстве своем оснащаются электроприводами, так как именно для данного типа приводов задача управления решается наиболее просто. Главным элементом электроприводов является электродвигатель, преобразующий электрическую энергию в механическую.

Задача управления скоростью электропривода сводится к задаче управления частотой вращения и положением вала электродвигателя с манипуляционной нагрузкой. Роботы работают в неустановившихся режимах, перемещают изменяющиеся инерционные нагрузки и это предъявляет повышенные требования к способности адаптации их приводов к переменным нагрузкам. Приводы являются силовыми, исполнительными элементами роботов и при наличии обратных связей говорят о следящих приводах, которые представляют собой, по существу, следящие системы.

Следящие приводы используются в роботах с позиционным и контурным управлением. Следящие приводы роботов должны

обладать необходимой мощностью, обеспечивать требуемую точность отработки программных воздействий, иметь заданные динамические характеристики, стабильно работать в условиях изменяющихся моментов инерции и внешних возмущений, обеспечивать точность слежения за входным воздействием при перемещении с «вытянутой» рукой, с объектом и без объекта манипулирования.

Основой системы электрического привода постоянного тока является электродвигатель. Именно типом электродвигателя, развиваемой частотой вращения, мощностью и моментом на валу определяются динамические возможности электропривода. Серийные электродвигатели, выпускаемые промышленностью, как правило, являются высокооборотными. Выходной вал исполнительного устройства следящей системы, однако должен иметь незначительную частоту вращения. Понижение частоты вращения вала электродвигателя осуществляется с помощью многоступенчатого редуктора. Кроме того, в регулируемом электроприводе всегда имеется кинематическая цепь, связывающая выходной вал двигателя с валом тахогенератора (или сельсина-датчика). Эта кинематическая цепь является частью цепи жесткой обратной связи следящей системы.

Для регистрации угла поворота исполнительного устройства на выходном валу установлен цифровой датчик. Очевидно, кинематические цепи редуктора, тахогенератора и цифрового датчика существенно повышают момент инерции и увеличивают нагрузку на привод.

Питание электродвигателей постоянного тока осуществляется по якорной цепи и цепи возбуждения. За счет изменения напряжения в цепях питания осуществляется регулирование частоты вращения электродвигателя. Принципиально управление электродвигателем может осуществляться как по якорной цепи, так и по цепи возбуждения. Однако наиболее распространенной схемой управления двигателями с независимым возбуждением является управление током якоря при неизменном потоке возбуждения.

Динамические процессы в электродвигателе с независимым возбуждением и управляемым напряжением якорной обмотки достаточно полно описываются линейным дифференциальным уравнением второго порядка. Кинематические цепи силового редуктора, тахогенератора и цифрового датчика в первом приближении считаются безинерционными, и при динамической модели учитываются лишь их передаточные числа. Однако в действи-

тельности все элементы механических звеньев, находящиеся под действием усилий и моментов, деформируются. Кроме того, в кинематических цепях редукторов следящих систем имеются зазоры.

Упругие деформации и зазоры в механических звеньях следящего привода оказывают существенное влияние на динамику работы электропривода. Зазоры в кинематических цепях увеличивают время регулирования и зачастую являются причиной возникновения в системе автоколебаний. Увеличивают колебания и время регулирования упругие деформации валов кинематической цепи. Сухое и вязкое трение в кинематических цепях оказывает демпфирующее воздействие на динамику работы кинематических передач. Кроме того, потери на трение в силовой цепи, в цепи обратной связи существенно влияют на точность работы системы. Поэтому при динамической модели электрического привода математическое описание движения кинематических звеньев должно учитывать все перечисленные выше факторы. Необходимо отметить, что динамические процессы в механических звеньях кинематической передачи достаточно полно описываются колебательным звеном, где демпфирование осуществляется вязким и сухим трением. Свободный ход в кинематических цепях, приведенный к моментам зацепления, описывается зоной нечувствительности.

Сложность математического описания объекта регулирования оказывает существенное влияние на весь ход решения задачи синтеза следящей системы. Поэтому выбор динамической модели электрического привода является важным моментом, определяющим сложность и трудоемкость дальнейшего решения задачи. В то же время динамическая модель объекта регулирования должна полно отражать протекающие в нем процессы. Только в этом случае может быть разработан регулятор, технически реализуемый и обеспечивающий высокое качество регулирования в реальной системе.

SIMULINK-МОДЕЛЬ ДПТ С НЕЗАВИСИМЫМ ВОЗБУЖДЕНИЕМ.

Двигатель постоянного тока независимого возбуждения (рис. 1), описывается следующей системой дифференциальных и алгебраических уравнений в абсолютных единицах:

$$u = e + R * i + L * \frac{di}{dt}$$

(1.1)

$$M - M_c = J \frac{d\omega}{dt} \quad (1.2)$$

$$M = C_M * \Phi * i \quad (1.3)$$

$$e = C * \Phi * \omega \quad (1.4)$$

где

u - напряжение на якорной обмотке двигателя,

e - электродвижущая сила (ЭДС) якоря,

i - ток якоря,

Φ - поток, создаваемый обмоткой возбуждения,

M - электромагнитный момент двигателя,

 M_c - момент сопротивления движению,

ω - скорость вращения вала двигателя,

R - активное сопротивление якорной цепи,

L - индуктивность якорной цепи,

J - суммарный момент инерции якоря и нагрузки,

C - коэффициент связи между скоростью и ЭДС,

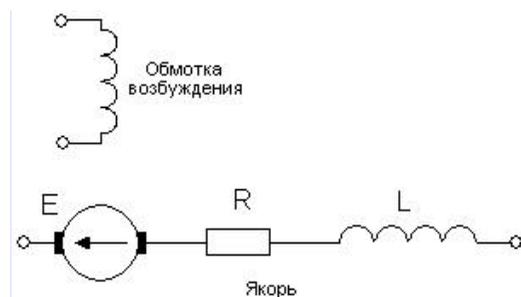
 C_M - коэффициент связи между током якоря и электромагнитным моментом.


Рис.1 – ДПТ с независимым возбуждением.

С точки зрения будущей модели, входными воздействиями являются напряжения якоря u и момент сопротивления движению M_c , выходными переменными - электромагнитный момент двигателя M и скорость вращения вала двигателя ω , а переменными состояниями - переменные стоящие под знаком производной (ток якоря i и скорость вращения вала двигателя ω). Остальные переменные, входящие в состав уравнений (1.1) - (1.4) являются параметрами, численные значения которых, необходимо будет задавать при проведении расчетов.

Для создания модели, так же как и в случае насыщающегося реактора, сначала необходимо получить передаточные функции, применив к дифференциальным уравнениям, преобразование Лапласа. Дифференциальное уравнение (1.1) даст ПФ, связывающую ток якоря и падение напряжения на якоре:

$$i(p) = [u(p) - e(p)] \frac{1}{R + L_p} \quad (1.5)$$

В итоге, используя уравнения (1.3)-(1.5) не трудно составить Simulink-модель двигателя. Схема модели, а также графики электромагнитного момента и скорости при прямом пуске двигателя показаны на рис. 4.8. В примере приняты следующие значения параметров двигателя (в единицах Си): $L=0.001$, $R=0.1$, $J=10$, $C_m=10$, $C_w=10$, $U=220$, $F_i=1$. Наброс нагрузки производится в момент времени $0.2c$, величина момента нагрузки равна $2500Нм$.

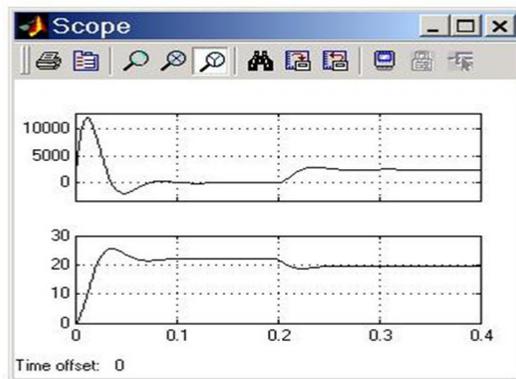
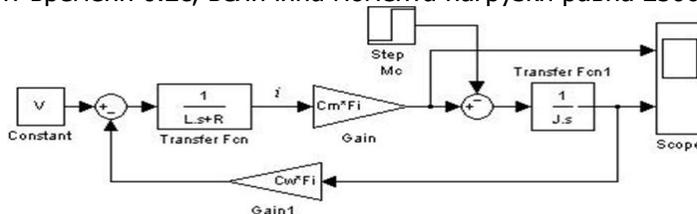


Рис 2. – модель ДПТ

СИНТЕЗ ДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ.

Опираясь на методичку Моделирование манипулятора в среде SimMechanics, сделаем блок двигателей для манипулятора Puma-560. Чтобы упростить схему, используем блок «subsystem» - это фрагмент Simulink-модели, оформленный в виде отдельного

блока. Использование подсистем при составлении модели имеет следующие положительные стороны:

- Уменьшает количество одновременно отображаемых блоков на экране, что облегчает восприятие модели (в идеале модель полностью должна отображаться на экране монитора).
- Позволяет создавать и отлаживать фрагменты модели по отдельности, что повышает технологичность создания модели.
- Позволяет создавать собственные библиотеки.
- Дает возможность синхронизации параллельно работающих подсистем.
- Позволяет включать в модель собственные справочные средства.
- Дает возможность связывать подсистему с каким-либо m-файлом, обеспечивая запуск этого файла при открытии подсистемы (нестандартное открытие подсистемы).
- Использование подсистем и механизма их блоков позволяет создавать блоки, не уступающие стандартным по своему оформлению (собственное окно параметров блока, пиктограмма, справка и т.п.).
- Количество подсистем в модели не ограничено, кроме того подсистемы могут включать в себя другие подсистемы. Уровень вложенности подсистем друг в друга также не ограничен.

Выделяем модель ДПТ и переносим в блок подсистемы, в результате получаем упрощенную схему манипулятора PUMA-560, с блоками ДПТ и моделью манипулятора.



Рис 3. – схема манипулятора PUMA-560

Содержание отчета:

- Цель работы;
- Введение;
- Синтез динамической модели робота с

Моделирование роботов и РТС

- электромеханическим приводом;
- Вывод.

Контрольные вопросы:

- 1.Преимущества и недостатки подсистем Simulink.
- 2.Опишите Simulink-модель двигателя постоянного тока с независимым возбуждением.
- 3.Назовите основные узлы манипулятора Puma-560.
- 4.Опишите принцип действия ДПТ с независимым возбуждением.