

Содержание

1. Предисловие	8
1.1 Раздел «Электропривод» среды SimInTech.....	9
1.1.1 Кодогенерация	9
1.1.2 Состав раздела.....	9
1.1.3 Функции раздела.....	10
1.1.4 Преимущества использования.....	11
1.2 О целесообразности автоматической кодогенерации	11
1.3 Прежде чем читать дальше... ..	12
2. О векторном регулировании	13
3. Преобразователи координат	14
3.1 Обобщенный вектор и трехфазная система координат	14
3.2 Неподвижная декартова система координат.....	15
3.3 Вращающаяся декартова система координат: XУ	18
3.3.1 Геометрический вывод формул преобразований Парка	18
3.3.2 Смысл системы координат XУ	19
3.4 Преобразователи координат $ABC \Rightarrow dq$ и $dq \Rightarrow ABC$	20
4. Модели двигателей переменного тока	22
4.1 Синхронный электродвигатель с постоянными магнитами (СДПМ)	22
4.1.1 Принцип работы	22
4.1.2 Векторная диаграмма и момент СДПМ.....	23
4.1.3 Векторная диаграмма и момент СД с неявнополюсным ротором.....	25
4.1.4 Уравнения равновесия статора СДПМ.....	26
4.1.5 Модель электромагнитных процессов СДПМ	28
4.1.6 Модель СДПМ в SimInTech.....	29
4.2 Бесколлекторный электродвигатель постоянного тока (БДПТ)	30
4.2.1 Конструкция и принцип работы БДПТ.....	31
4.2.2 Уравнения равновесия статорных обмоток в системе ABC	31
4.2.3 Вывод формулы для расчета электромагнитного момента.....	36
4.2.4 Датчик положения ротора (ДПР)	37
4.2.5 Модель БДПТ в SimInTech.....	37
4.3 Модель синхронного двигателя в системе ABC	38

4.4 Асинхронный двигатель (АД).....	40
4.4.1 Схема замещения асинхронного двигателя	40
4.4.2 Векторная диаграмма асинхронного двигателя	41
4.4.3 Уравнения равновесия статора и ротора	43
4.4.4 Момент асинхронного двигателя	44
4.4.5 Уравнения модели электромагнитных процессов	45
4.4.6 Модель АД в SimInTech	48
5. Широтно-импульсная модуляция.....	49
5.1 Некоторые алгоритмы ШИМ.....	52
5.1.1 Синусная ШИМ.....	52
5.1.2 Алгоритмы ШИМ с полным использованием напряжения	54
5.1.3 Немного о векторных алгоритмах ШИМ.....	58
5.2 Рекомендуемые алгоритмы ШИМ	59
6. Векторные системы управления моментом СДПМ и АД	60
6.1 Контур тока статора в осях dq	60
6.1.1 Структура контура тока	60
6.1.2 Блок компенсации перекрестных связей СДПМ	61
6.1.3 Блок компенсации перекрестных связей АД.....	63
6.1.4 Вычислитель скорости.....	64
6.1.5 Ограничитель напряжения в осях dq	64
6.2 Управление моментом СДПМ (неявнополюсный ротор).....	65
6.3 Управление моментом АД ($\psi_R = const$).....	67
6.3.1 Связь между моментом и скоростью скольжения	68
6.3.2 Намагничивающая составляющая тока статора	69
6.3.3 Моментобразующая составляющая статорного тока	69
6.3.4 Выбор потока ротора	70
6.3.5 Структура системы управления моментом	72
7. Управление моментом БДПТ	76
7.1 Самосинхронизация	76
7.2 Структура системы управления моментом.....	78
8. Управление скоростью	81
9. Управление положением.....	82
9.1 Трехконтурная структура	82
9.2 Двухконтурная структура.....	83
9.3 Формирователь траектории	84

10. Пакетное построение моделей	88
10.1 Модель непрерывной части электропривода	88
10.2 Модель дискретной части (программы управляющего контроллера)	89
10.3 Связь проектов модели	89
10.4 Нормализация (переход к относительным единицам)	89
10.5 Интерфейсные блоки и их модели	89
10.5.1 Аналоговые датчики в SimInTech	90
10.5.2 Цифровые датчики в SimInTech	90
10.5.3 Блоки АЦП	91
10.5.4 Блок нормализации	91
10.6 Пример пакета проекта модели	92
10.6.1 Модель дискретной системы управления	92
10.6.2 Модель непрерывной части электропривода	93
10.6.3 Совместная работа моделей в пакете	94
Список литературы	96

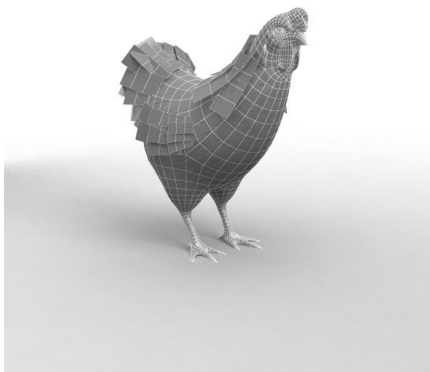
1

Предисловие

В давние времена мною, тогда студентом МВТУ, на лекции по автоматике была услышана следующая фраза: «Чтобы создать точную модель курицы, надо создать курицу». Она была приписана нашим лектором основоположнику кибернетики Норберту Винеру. Сказал это Винер или нет – ручаться не могу, но фраза в душу запала.

Работая впоследствии в области проектирования электроприводов, эту фразу я обычно произносил в полемике с приверженцами моделирования, обосновывая бесполезность их усилий неточностью используемых моделей. Сам же я долгое время оставался сторонником экспериментального исследования и оптимизации спроектированных и реально изготовленных систем. Надо заметить, однако, что путь эксперимента весьма небыстр и тернист. Он напоминает хождение по темному лабиринту, на полу которого разложены грабли с сучковатыми ручками. В лабиринте темно, и единственным источником света являются искры из глаз, возникающие при ударе граблями по лбу.

И вот искры очередного удара вызвали просветление, в результате которого стало ясно, что в современном мире наконец появились программы, позволяющие создать «почти курицу». Например, SimInTech.



Симинтек (SimInTech) – российская среда создания математических моделей, алгоритмов управления, интерфейсов управления и автоматической генерации кода для программируемых контроллеров.

История данной среды началась в 90-х годах прошлого века в МВТУ. Это не компиляция западных аналогов, а прямой их конкурент – со своими корнями, оригинальными подходами и богатым послужным списком.

1.1 РАЗДЕЛ «ЭЛЕКТРОПРИВОД» СРЕДЫ SIMINTECH

Данный раздел создан в помощь проектировщикам электроприводов.

Совместно с библиотеками, позволяющими моделировать автоматизацию, электрику, механику и т. д., раздел дает возможность создавать модели электроприводов, включающие в себя:

- систему управления
- силовой преобразователь
- двигатель
- элементы механики (различные передачи).

Важной особенностью нашей программы является возможность разделения модели электропривода на непрерывную и дискретную части.

К непрерывной части модели относятся модели силового преобразователя, двигателя, элементов механики и нагрузки.

Дискретная часть состоит из модели управляющего алгоритма, который в реальности обычно выполняется цифровым контроллером. Работа этого контроллера характеризуется дискретностью по времени и уровню.

Непрерывная и дискретная части системы могут моделироваться с разным шагом и даже с разными способами счета, при этом осуществляется их синхронизация. Такой подход к построению модели позволяет максимально точно моделировать поведение системы с учетом дискретности управления.

1.1.1 Кодогенерация

Инструмент генерации кода в SimInTech дает возможность автоматически транслировать модель алгоритма управления в текст программы процессора – управляющего контроллера на языке СИ.

Отмечу, что на уровне СИ-текста полученная программа открыта для пользователя, и он имеет возможность вносить изменения в элементы сгенерированного проекта.

1.1.2 Состав раздела

При создании раздела мы рассмотрели наиболее интересные и перспективные виды электропривода. Это векторно-регулируемые электроприводы переменного тока (синхронные и асинхронные), а также электропривод с бесколлекторным двигателем постоянного тока.

Системы управления всех этих электроприводов строятся по определенным структурным схемам с конечным количеством вариантов. Кроме того, можно выделить типовые блоки, из которых данные структуры состоят. Модели этих типовых блоков и составляют содержание разработанного нами раздела.

Раздел состоит из пяти подразделов:

1) «ЭП» – электропривод

В данном подразделе помещены стандартные узлы, которые могут применяться в любом электроприводе, независимо от типа двигателя. Например: трехфазный мостовой инвертор, ПИ-регулятор, преобразователи координат, узлы ШИМ и т. д.

2) «АД» – асинхронный двигатель

В этом подразделе находятся элементы, из которых можно строить различные структуры векторно-управляемых электроприводов с асинхронным двигателем (АД). Например, это модель самого двигателя, блок компенсации перекрестных связей и т. д.

3) «СД» – синхронный двигатель

В этом подразделе находятся элементы, из которых можно строить различные структуры векторно-управляемых электроприводов с синхронным двигателем с постоянными магнитами на роторе (СД).

4) «БДПТ» – бесколлекторный двигатель постоянного тока

В этом подразделе находятся элементы, из которых можно строить синхронные электроприводы с бесколлекторным двигателем постоянного тока (БДПТ).

5) Демо (электроприводы)

В данном подразделе приведены примеры построения моделей электроприводов на базе элементов раздела.

1.1.3 Функции раздела

- Моделирование и настройка модели электропривода (позволяет оценить правильность алгоритмов управления и осуществить предварительную настройку параметров проектируемого электропривода).
- Автоматическая генерация программы управляющего контроллера (позволяет автоматически транслировать модель алгоритма управления в текст программы процессора – управляющего контроллера на языке СИ).
- Полунатурное моделирование.

Под полунатурным моделированием понимается наличие возможности совместной работы части модели с реальными узлами электропривода. Например, модели двигателя и нагрузки – с реальным управляющим контроллером.

Данный вид моделирования позволяет оценить качество выполнения алгоритма управления контроллером и уточнить параметры настройки системы.

Использование упомянутых выше функций может существенно снизить время разработки системы электропривода с одновременным повышением ее качества.

1.1.4 Преимущества использования

- Ускорение процесса проектирования изделий и более глубокая проработка вариантов рабочих и нестандартных ситуаций.
- Написание программы на языке СИ можно заменить построением системы в среде моделирования.
- Автоматическое создание документации на программу и, соответственно, сохранение преемственности при исчезновении (как это иногда бывает) программиста.

1.2 О ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ

АВТОМАТИЧЕСКОЙ КОДОГЕНЕРАЦИИ

В необходимости моделирования сейчас убеждать никого не надо. Однако среди специалистов продолжается полемика по поводу целесообразности автоматической кодогенерации программы управляющего контроллера.

Аргументы критиков этого подхода сводятся в целом к двум тезисам, представленным ниже:

- не может глупая машина из картинке сгенерировать оптимальный по объему и быстродействию СИ-текст программы – это можно сделать только руками
- модель сложного электропривода со всеми защитами, интерфейсами и прочими наворотами превратится в нечитаемые каракули.

Ну что же, если доводить до абсурда, то сторонникам первого тезиса я посоветую написать программу прямо в кодах или хотя бы на ассемблере. Именно в этом случае программа будет оптимальна. Только ведь они откажутся.

Тем, кого пугают каракули, советую правильно иерархически структурировать систему, и проблем не будет.

Ну а если без крайностей, то автоматическая кодогенерация не отменяет программиста, а дает ему в руки инструмент, существенно облегчающий его работу. Где этот инструмент применить, а где нет – надо решать по месту.

Призываю коллег-оппонентов не стоять на пути прогресса и не отрицать, что скоро программы будут писаться другими программами ... –

диалектика, ...псс...

1.3 ПРЕЖДЕ ЧЕМ ЧИТАТЬ ДАЛЬШЕ...

- Приведенная ниже в данном сочинении информация является инструкцией по пониманию основных принципов построения систем электроприводов переменного тока и их моделей в среде SimInTech.
- Для того чтобы все было понятно, читайте материал по порядку.
- Для правильного использования библиотеки «Электроприводы», кроме нижеприведенного материала, обязательно читайте краткие пояснения «HELP» об элементах (двойной щелчок по элементу левой кнопкой мыши и знак «?» слева внизу).
- Ну и, конечно, надо знать общие правила работы в среде SimInTech.
- Часть материала взята автором из предыдущих книг.

***С наилучшими пожеланиями
читателю,
Ю. Н. Калачёв***