

УДК 681.5  
ББК 31.291  
К17

**Калачёв Ю. Н.**

К17 SimInTech: моделирование в электроприводе. – М.: ДМК Пресс, 2021. – 106 с.: ил.

**ISBN 978-5-93700-102-3**

Данная книга – это заметки практика, разрабатывающего системы управления электродвигателями уже более 30 лет. Она адресована специалистам, которые хотят разобраться в теории управления двигателями переменного тока с целью решения стоящих перед ними практических задач, а также может быть рекомендована аспирантам и студентам технических вузов для практического использования среды математического моделирования SimInTech и дальнейшего самостоятельного развития в этом направлении.

УДК 681.5  
ББК 31.291

Все права защищены. Любая часть этой книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме и какими бы то ни было средствами без письменного разрешения владельцев авторских прав.

ISBN 978-5-93700-102-3

© Калачёв Ю. Н., 2021  
© Оформление, издание, ДМК Пресс, 2021

# Содержание

---

<b>1</b>	<b>Предисловие</b> .....	6
1.1	Раздел «Электропривод» среды <i>SimInTech</i> .....	8
1.1.1	Кодогенерация .....	8
1.1.2	Состав раздела.....	9
1.1.3	Функции раздела.....	10
1.1.4	Преимущества использования.....	10
1.2	О целесообразности автоматической кодогенерации.....	11
1.3	Прежде чем читать дальше ... ..	12
<b>2</b>	<b>О векторном регулировании</b> .....	13
<b>3</b>	<b>Преобразователи координат</b> .....	14
3.1	Обобщенный вектор и трехфазная система координат .....	14
3.2	Неподвижная Декартова система координат .....	15
3.3	Вращающаяся Декартова система координат: $XU$ .....	17
3.3.1	Геометрический вывод формул преобразований Парка .....	18
3.3.2	Смысл системы координат $XU$ .....	19
3.4	Преобразователи координат $ABC \Rightarrow dq$ и $dq \Rightarrow ABC$ .....	19
<b>4</b>	<b>Модели двигателей переменного тока</b> .....	22
4.1	Синхронный электродвигатель с постоянными магнитами (СДПМ) .....	22
4.1.1	Принцип работы .....	22
4.1.2	Векторная диаграмма и момент СДПМ.....	22
4.1.3	Векторная диаграмма и момент СД с неявнополюсным ротором.....	26
4.1.4	Уравнения равновесия статора СДПМ .....	27

4.1.5	Модель электромагнитных процессов СДПМ .....	29
4.1.6	Модель СДПМ в <i>SimInTech</i> .....	30
4.2	СДПМ с трапецеидальной формой ЭДС и сосредоточенной обмоткой статора в системе <i>ABC</i> .....	32
4.2.1	Конструкция обмотки двигателя .....	32
4.2.2	Уравнения равновесия статорных обмоток в системе <i>ABC</i> ..	33
4.2.3	Вывод формулы для расчета электромагнитного момента ..	37
4.2.4	Датчик положения ротора (ДПР).....	38
4.2.5	Модель СДПМ с трапецеидальной ЭДС в <i>SimInTech</i> .....	39
4.3	Модель синхронного двигателя в системе <i>ABC</i> .....	41
4.4	Асинхронный двигатель (АД).....	43
4.4.1	Схема замещения асинхронного двигателя.....	43
4.4.2	Векторная диаграмма асинхронного двигателя .....	44
4.4.3	Уравнения равновесия статора и ротора .....	46
4.4.4	Момент асинхронного двигателя.....	48
4.4.5	Уравнения модели электромагнитных процессов .....	48
4.4.6	Модель АД в <i>SimInTech</i> .....	52
<b>5</b>	<b>Широтно-импульсная модуляция</b> .....	<b>53</b>
5.1	Некоторые алгоритмы ШИМ .....	56
5.1.1	Синусная ШИМ. ....	56
5.1.2	Алгоритмы ШИМ с полным использованием напряжения ..	59
5.1.3	Немного о векторных алгоритмах ШИМ .....	63
5.2	Рекомендуемые алгоритмы ШИМ.....	63
<b>6</b>	<b>Векторные системы управления моментом СДПМ и АД</b> ...	<b>65</b>
6.1	Контур тока статора в осях $dq$ .....	65
6.1.1	Структура контура тока .....	65
6.1.2	Блок компенсации перекрестных связей СДПМ.....	66
6.1.3	Блок компенсации перекрестных связей АД .....	67
6.1.4	Вычислитель скорости .....	69
6.1.5	Ограничитель напряжения в осях $dq$ .....	69
6.2	Управление моментом СДПМ (неявнополюсный ротор).....	71
6.3	Управление моментом АД ( $\psi_R=const$ ).....	72
6.3.1	Связь между моментом и скоростью скольжения .....	73
6.3.2	Намагничивающая составляющая тока статора .....	75
6.3.3	Моментобразующая составляющая статорного тока .....	75

6.3.4	Выбор потока ротора .....	76
6.3.5	Структура системы управления моментом .....	78
<b>7</b>	<b>Управление моментом СДПМ с трапецеидальной ЭДС .....</b>	<b>83</b>
7.1	Самосинхронизация .....	83
7.2	Структура системы управления моментом (БДПТ) .....	85
<b>8</b>	<b>Управление скоростью .....</b>	<b>89</b>
<b>9</b>	<b>Управление положением .....</b>	<b>90</b>
9.1	Трехконтурная структура .....	90
9.2	Двухконтурная структура .....	91
9.3	Формирователь траектории .....	92
<b>10</b>	<b>Пакетное построение моделей .....</b>	<b>96</b>
10.1	Модель непрерывной части электропривода .....	96
10.2	Модель дискретной части (программы управляющего контроллера) .....	97
10.3	Связь проектов модели .....	97
10.4	Нормализация (переход к относительным единицам).....	97
10.5	Интерфейсные блоки и их модели .....	98
10.5.1	Аналоговые датчики в <i>SimInTech</i> .....	98
10.5.2	Цифровые датчики в <i>SimInTech</i> .....	99
10.5.3	Блоки АЦП .....	99
10.5.4	Блок нормализации .....	100
10.6	Пример пакета проекта модели.....	100
10.6.1	Модель дискретной системы управления.....	100
10.6.2	Модель непрерывной части электропривода.....	102
10.6.3	Совместная работа моделей в пакете .....	103
<b>11</b>	<b>Список литературы .....</b>	<b>105</b>