

Любимов Э. В.

Mathcad

**теория и практика проведения
электротехнических расчетов**

**в среде
Mathcad и Multisim**

(книга + DVD)



Наука и Техника
Санкт-Петербург
2012

Любимов Э. В.

МАТНСАД. ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ В СРЕДЕ МАТНСАД И MULTISIM. (КНИГА + DVD). — СПб.: Наука и Техника, 2012. — 400 с.: ил. (+ DVD с проектами и программами)

Серия «Просто о сложном»

Предлагаемая книга предназначена для обучения читателя приемам, методам и возможностям проведения электротехнических расчетов с применением программных продуктов Mathcad и Multisim (Electronics Workbench). Книга состоит из 11 глав, в которых в краткой форме приведены сведения из теории, даны методические указания по методам расчета и моделирования. Кроме того, в книге содержится 3300 вариантов задач по 33 темам, включая контрольные примеры по каждой теме (в которых Mathcad используется для выполнения расчетов, Multisim – для проверки правильности расчета на составленной виртуальной модели цепи). Все проекты, виртуальные модели цепей размещены на DVD, прилагаемом к книге, и могут служить основой ваших практических занятий и расчетов.

Книга написана автором на основе многолетнего опыта. Предназначена для самой широкой аудитории, имеющей отношение к электротехнике: от инженеров, специалистов электротехнических областей, студентов электротехнических специальностей технических вузов всех форм обучения, в том числе новой формы обучения – дистанционного интернет-образования (а также для преподавателей ведущих курс ТОЭ) до студентов неэлектротехнических специальностей, которым читаются курсы «Основы электротехники» или «Электротехника с основами электроники», а также для преподавателей, ведущих данные дисциплины, и слушателей курсов повышения квалификации.

Контактные телефоны издательства:

(812) 412 70 25, (812) 412 70 26, (044) 516 38 66

Официальный сайт: www.nit.com.ru

© Любимов Э. В.

© Наука и техника (оригинал-макет), 2012

Содержание

ВВЕДЕНИЕ	15
ГЛАВА 1. ЛИНЕЙНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ ПОСТОЯННОГО ТОКА	19
1.1. СВЕДЕНИЯ ИЗ ТЕОРИИ ЛИНЕЙНЫХ ЦЕПЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА	19
1.2. ПРАКТИКА ПРОВЕДЕНИЯ РАСЧЕТОВ	21
1.2.1. Расчет цепи постоянного тока методом эквивалентного сопротивления	21
1.2.1.1. Исходные данные и методические указания к вариантам задачи	21
Как работать с контрольными примерами	24
1.2.1.2. Контрольный пример расчета цепи методом эквивалентного сопротивления в среде Mathcad	31
1.2.1.3. Проверка контрольного примера расчета цепи методом эквивалентного сопротивления в среде Multisim	35
1.2.2. Расчет цепи постоянного тока методом наложения	39
1.2.2.1. Исходные данные и методические указания к вариантам задачи	39
1.2.2.2. Контрольный пример расчета цепи методом наложения в среде Mathcad	41
1.2.2.3. Проверка контрольного примера расчета цепи методом наложения в среде Multisim	46
1.2.3. Расчет цепи постоянного тока по законам Кирхгофа	46
1.2.3.1. Исходные данные и методические указания к вариантам задачи	46
1.2.3.2. Контрольный пример расчета цепи по законам Кирхгофа в среде Mathcad	50
1.2.3.3. Проверка контрольного примера расчета цепи по законам Кирхгофа в среде Multisim	52

1.2.4. Расчет цепи постоянного тока методом контурных токов ...	53
1.2.4.1. Исходные данные и методические указания к вариантам задачи	53
1.2.4.2. Контрольный пример расчета цепи методом контурных токов в среде Mathcad	55
1.2.4.3. Проверка контрольного примера расчета цепи методом контурных токов в среде Multisim	58
1.2.5. Расчет цепи постоянного тока методом узловых потенциалов	59
1.2.5.1. Исходные данные и методические указания к вариантам задачи	59
1.2.5.2. Контрольный пример расчета цепи методом узловых потенциалов в среде Mathcad	61
1.2.5.3. Проверка контрольного примера расчета цепи методом узловых потенциалов в среде Multisim	65
1.2.6. Расчет цепи постоянного тока методом эквивалентного генератора	65
1.2.6.1. Исходные данные и методические указания к вариантам задачи	65
1.2.6.2. Контрольный пример расчета цепи методом эквивалентного генератора в среде Mathcad	67
1.2.6.3. Проверка контрольного примера расчета цепи методом эквивалентного генератора в среде Multisim	69
 ГЛАВА 2. ЛИНЕЙНЫЕ ОДНОФАЗНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ СИНУСОИДАЛЬНОГО ТОКА.....	72
2.1. СВЕДЕНИЯ ИЗ ТЕОРИИ ЦЕПЕЙ СИНУСОИДАЛЬНОГО ТОКА	72
2.2. ПРАКТИКА ПРОВЕДЕНИЯ РАСЧЕТОВ В MATHCAD И MULTISIM.....	75
2.2.1. Расчет цепи переменного тока при последовательном соединении элементов	75
2.2.1.1. Исходные данные и методические указания к вариантам задачи	75
2.2.1.2. Контрольный пример расчета цепи при последовательном соединении в среде Mathcad	80

2.2.1.3. Проверка контрольного примера расчета в операционной среде Multisim	82
2.2.2. Расчет цепи переменного тока графоаналитическим методом.....	83
2.2.2.1. Исходные данные и методические указания к вариантам задачи	83
2.2.2.2. Контрольный пример расчета цепи графоаналитическим методом в среде Mathcad	85
2.2.2.3. Проверка контрольного примера расчета цепи переменного тока графоаналитическим методом в среде Multisim	88
2.2.3. Расчет цепи синусоидального тока символическим методом.....	88
2.2.3.1. Исходные данные и методические указания к вариантам задачи	88
2.2.3.2. Контрольный пример расчета цепи символическим методом в среде Mathcad	92
2.2.3.3. Проверка контрольного примера расчета цепи переменного тока символическим методом в среде Multisim	96
2.2.4. Расчет сложной цепи переменного тока символическим методом.....	98
2.2.4.1. Исходные данные и методические указания к вариантам задачи	98
2.2.4.2. Контрольный пример расчета сложной цепи переменного тока в среде Mathcad	101
2.2.4.3. Проверка контрольного примера расчета сложной цепи переменного тока в среде Multisim	105
2.2.5. Расчет резонансных режимов работы электрических цепей	105
2.2.5.1. Исходные данные и методические указания к вариантам задачи	105
2.2.5.2. Контрольный пример расчета резонанса напряжений в операционной среде Mathcad.....	109
2.2.5.3. Проверка контрольного примера расчета цепи при резонансе напряжений в среде Multisim	113

2.2.5.4. Контрольный пример расчета резонанса токов в операционной среде Mathcad.....	115
2.2.5.5. Проверка контрольного примера расчета цепи при резонансе токов в среде Multisim	119
ГЛАВА 3. ЦЕПИ С ВЗАИМНОЙ ИНДУКЦИЕЙ	122
3.1. СВЕДЕНИЯ ИЗ ТЕОРИИ ЦЕПЕЙ С ВЗАИМНОЙ ИНДУКЦИЕЙ	122
3.2. РАСЧЕТ РАЗВЕТВЛЕННОЙ ЦЕПИ СИНУСОИДАЛЬНОГО ТОКА С ИНДУКТИВНОЙ СВЯЗЬЮ МЕЖДУ КАТУШКАМИ	123
3.2.1. Исходные данные и методические указания к вариантам задачи	123
3.2.2. Контрольный пример расчета цепи с взаимной индукцией в среде Mathcad	126
Расчет для случая, когда индуктивная связь между катушками отсутствует.....	128
Расчет для случая, когда есть индуктивная связь между катушками	130
3.2.3. Проверка контрольного примера расчета цепи с взаимной индукцией в среде Multisim	132
ГЛАВА 4. ЛИНЕЙНЫЕ ЧЕТЫРЕХПОЛЮСНИКИ	135
4.1. СВЕДЕНИЯ ИЗ ТЕОРИИ ЧЕТЫРЕХПОЛЮСНИКОВ	135
4.2. ПРАКТИКА ПРОВЕДЕНИЯ РАСЧЕТОВ В MATHCAD И MULTISIM.....	136
4.2.1. Расчет постоянных четырехполюсника по данным опытов холостого хода и короткого замыкания.....	136
4.2.1.1. Исходные данные и методические указания к вариантам задачи	136
4.2.1.2. Контрольный пример расчета постоянных четырехполюсника в операционной среде Mathcad	137
4.2.1.3. Проверка контрольного примера расчета постоянных четырехполюсника в среде Multisim	140

4.2.2. Расчет линейного пассивного четырехполюсника	143
4.2.2.1. Исходные данные и методические указания к вариантам задачи	143
4.2.2.2. Контрольный пример расчета пассивного четырехполюсника в среде Mathcad.....	146
4.2.2.3. Проверка контрольного примера расчета пассивного четырехполюсника в среде Multisim	149
4.2.3. Расчет частотных характеристик активного четырехполюсника	151
4.2.3.1. Исходные данные и методические указания к вариантам задачи	151
4.2.3.2. Контрольный пример расчета активного четырехполюсника в среде Mathcad.....	154
4.2.3.3. Проверка контрольного примера расчета в операционной среде Multisim	158
ГЛАВА 5. ТРЕХФАЗНЫЕ ЦЕПИ	161
5.1. СВЕДЕНИЯ ИЗ ТЕОРИИ ТРЕХФАЗНЫХ ЦЕПЕЙ	162
5.2. ПРАКТИКА ПРОВЕДЕНИЯ РАСЧЕТОВ В MATHCAD И MULTISIM.....	164
5.2.1. Расчет несимметричной трехфазной цепи, соединенной по схеме звезда	164
5.2.1.1. Исходные данные и методические указания к вариантам задачи	164
5.2.1.2. Контрольный пример расчета трехфазной цепи, соединенной звездой, в среде Mathcad	167
5.2.1.3. Проверка контрольного примера расчета в операционной среде Multisim	175
5.2.2. Расчет трехфазной цепи, соединенной треугольником ...	175
5.2.2.1. Исходные данные и методические указания к вариантам задачи	175
5.2.2.2. Контрольный пример расчета трехфазной цепи, соединенной треугольником, в среде Mathcad.....	178

5.2.2.3. Проверка контрольного примера расчета в операционной среде Multisim	181
5.2.3. Расчет трехфазной цепи методом симметричных составляющих.....	182
5.2.3.1. Исходные данные и методические указания к вариантам задачи	182
5.2.3.2. Контрольный пример расчета трехфазной цепи методом симметричных составляющих в среде Mathcad	184
Решение для случая, когда нулевой провод отключен	184
Решение для случая, когда нулевой провод включен.....	187
5.2.3.3. Проверка контрольного примера расчета в операционной среде Multisim	189
 ГЛАВА 6. ЛИНЕЙНЫЕ ЦЕПИ НЕСИНУСОИДАЛЬНОГО ТОКА	192
6.1. СВЕДЕНИЯ ИЗ ТЕОРИИ ЦЕПЕЙ НЕСИНУСОИДАЛЬНОГО ТОКА	192
6.2. ПРАКТИКА ПРОВЕДЕНИЯ РАСЧЕТОВ В MATHCAD И MULTISIM.....	194
6.2.1. Расчет линейной цепи при несинусоидальных токах и напряжениях	194
6.2.1.1. Исходные данные и методические указания к вариантам задачи	194
6.2.1.2. Контрольный пример расчета линейной цепи несинусоидального тока в среде Mathcad	199
6.2.1.3. Проверка контрольного примера расчета в операционной среде Multisim	207
6.2.2. Расчет сложной цепи несинусоидального тока	208
6.2.2.1. Исходные данные и методические указания к вариантам задачи	208
6.2.2.2. Контрольный пример расчета сложной цепи несинусоидального тока в среде Mathcad	210
6.2.2.3. Проверка контрольного примера расчета в операционной среде Multisim	215

ГЛАВА 7. ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ЛИНЕЙНЫХ ЦЕПЯХ.....	218
7.1. СВЕДЕНИЯ ИЗ ТЕОРИИ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ	218
7.2. ПРАКТИКА ПРОВЕДЕНИЯ РАСЧЕТОВ В MATHCAD И MULTISIM.....	220
7.2.1. Переходный процесс в цепи постоянного тока с двумя катушками	220
7.2.1.1. Исходные данные и методические указания к вариантам задачи	220
7.2.1.2. Контрольный пример расчета переходного процесса в цепи с двумя катушками в среде Mathcad	225
Расчет переходного процесса классическим методом	225
Расчет переходного процесса численным методом Рунге-Кутты	233
Сравнение результатов расчета переходных процессов классическим методом с численным методом Рунге-Кутты	234
7.2.1.3. Проверка контрольного примера расчета в операционной среде Multisim	234
7.2.2. Расчет переходного процесса в линейной электрической цепи постоянного тока	236
7.2.2.1. Исходные данные и методические указания к вариантам задачи	236
7.2.2.2. Контрольный пример расчета переходного процесса в линейной цепи постоянного тока в среде Mathcad	240
7.2.2.3. Проверка контрольного примера расчета в операционной среде Multisim	247
7.2.3. Расчет переходного процесса в линейной электрической цепи переменного тока	249
7.2.3.1. Исходные данные и методические указания к вариантам задачи	249
7.2.3.2. Контрольный пример расчета переходного процесса в цепи переменного тока в среде Mathcad	252
7.2.3.3. Проверка контрольного примера расчета в операционной среде Multisim	262

ГЛАВА 8. ЦЕПИ С РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ 265

8.1. СВЕДЕНИЯ ИЗ ТЕОРИИ ЦЕПЕЙ С РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ265

8.2. РАСЧЕТ ПЕРВИЧНЫХ И ВТОРИЧНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЛИНИИ266

8.2.1. Исходные данные и методические указания к вариантам задачи 266

8.2.2. Контрольный пример расчета первичных и вторичных параметров линии в операционной среде Mathcad 268

8.2.3. Проверка контрольного примера расчета в операционной среде Multisim 271

ГЛАВА 9. НЕЛИНЕЙНЫЕ ЦЕПИ 275

9.1. СВЕДЕНИЯ ИЗ ТЕОРИИ НЕЛИНЕЙНЫХ ЦЕПЕЙ.....276

9.2. ПРАКТИКА ПРОВЕДЕНИЯ РАСЧЕТОВ В МАТНСАД И MULTISIM.....276

9.2.1. Расчет нелинейной цепи постоянного тока 276

 9.2.1.1. Исходные данные и методические указания к вариантам задачи 276

 9.2.1.2. Контрольный пример расчета нелинейной цепи постоянного тока в операционной среде Mathcad 280

 9.2.1.3. Проверка контрольного примера расчета в операционной среде Multisim 286

9.2.2. Расчет нелинейной цепи переменного тока 287

 9.2.2.1. Исходные данные и методические указания к вариантам задачи 287

 9.2.2.2. Контрольный пример расчета №1 нелинейной цепи переменного тока в операционной среде Mathcad 291

 9.2.2.3. Проверка примера №1 по виртуальной модели, реализованной в операционной среде Multisim..... 302

 9.2.2.4. Контрольный пример расчета №2 нелинейной цепи переменного тока в операционной среде Mathcad 304

9.2.2.5. Проверка примера №2 по виртуальной модели, реализованной в операционной среде Multisim.....	315
ГЛАВА 10. МАГНИТНЫЕ ЦЕПИ	317
10.1. СВЕДЕНИЯ ИЗ ТЕОРИИ МАГНИТНЫХ ЦЕПЕЙ	318
10.2. ПРАКТИКА ПРОВЕДЕНИЯ РАСЧЕТОВ В MATHCAD И MULTISIM	320
10.2.1. Расчет неразветвленной магнитной цепи постоянного тока	320
10.2.1.1. Исходные данные и методические указания к вариантам задачи	320
10.2.1.2. Контрольный пример расчета неразветвленной магнитной цепи в операционной среде Mathcad	323
10.2.1.3. Проверка контрольного примера расчета в операционной среде Multisim	328
10.2.2. Расчет разветвленной магнитной цепи постоянного тока	328
10.2.2.1. Исходные данные и методические указания к вариантам задачи	328
10.2.2.2. Контрольный пример расчета разветвленной магнитной цепи в операционной среде Mathcad	332
10.2.2.3. Проверка контрольного примера расчета в операционной среде Multisim	338
10.2.3. Расчет магнитной цепи переменного тока	338
10.2.3.1. Исходные данные и методические указания к вариантам задачи	338
10.2.3.2. Контрольный пример расчета магнитной цепи переменного тока в операционной среде Mathcad	341
10.2.3.3. Проверка контрольного примера расчета в операционной среде Multisim	350
ГЛАВА 11. ТЕОРИЯ ПОЛЯ	351
11.1. СВЕДЕНИЯ ИЗ ТЕОРИИ ПОЛЯ	352

11.2. ПРАКТИКА ПРОВЕДЕНИЯ РАСЧЕТОВ В MATHCAD И MULTISIM	354
11.2.1. Расчет электрического поля в проводящей среде	354
11.2.1.1. Исходные данные и методические указания к вариантам задачи	354
11.2.1.2. Контрольный пример расчета электрического поля в операционной среде Mathcad.....	357
11.2.2. Расчет магнитного поля, создаваемого линейным током, протекающим вблизи стальной массы	363
11.2.2.1. Исходные данные и методические указания к вариантам задачи	363
11.2.2.2. Контрольный пример расчета магнитного поля в операционной среде Mathcad.....	365
11.2.3. Электрический поверхностный эффект	371
11.2.3.1. Исходные данные и методические указания к вариантам задачи	371
11.2.3.2. Контрольный пример расчета электрического поверхностного эффекта в среде Mathcad	373
11.2.4. Магнитный поверхностный эффект	377
11.2.4.1. Исходные данные и методические указания к вариантам задачи	377
11.2.4.2. Контрольный пример расчета магнитного поверхностного эффекта в операционной среде Mathcad.....	380