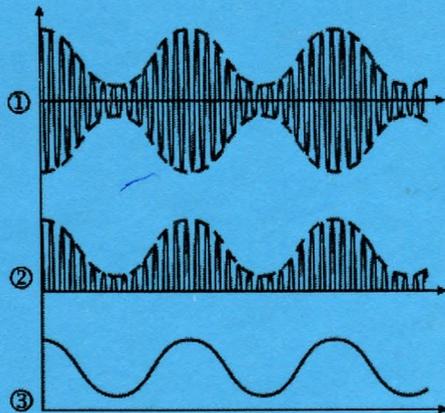
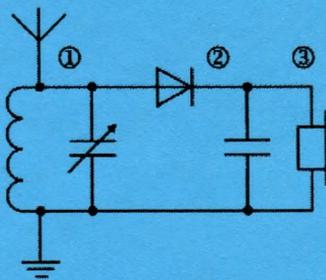


Ю. Н. Веприк

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ

В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ



Учебное пособие
для студентов высших
учебных заведений

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
«Харьковский политехнический институт»

Ю. Н. Веприк

**ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ
В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ**

Учебное пособие
для студентов высших учебных заведений

Утверждено
редакционно-издательским
советом университета,
протокол № 2 от 06.12.2012 г.

Х а р ь к о в
Підручник НТУ «ХПІ»
2 0 1 4

УДК 621.311

ББК 31.27

В62

Рецензенты:

П. Д. Лежнюк, д-р техн. наук, проф., Винницкий национальный
технический университет

Н.Л. Лисиченко, д-р техн. наук, проф., Харьковский
национальный технический университет сельского хозяйства
имени П. Василенко

У навчальному посібнику викладено теоретичні основи, методи і алгоритми розрахунків електромагнітних перехідних процесів в електричних системах з використанням класичного методу, показано застосування неявних методів інтегрування, для розрахунку струмів коротких замикань використані вузловий метод, алгоритми лінійної алгебри та їхня комп'ютерна реалізація.

Для студентів та аспірантів електроенергетичних спеціальностей вищих навчальних закладів.

Веприк Ю. Н.

В62 Электромагнитные переходные процессы в электрических системах : учеб. пособие / Ю. Н. Веприк. — Х. : Изд-во «Підручник НТУ «ХП»», 2014. - 420 с. - На рус. яз.

ISBN 978-617-687-023-4

Изложены теоретические основы, методы и алгоритмы расчета электромагнитных переходных процессов при симметричных и несимметричных замыканиях в электрических системах с использованием классического метода, показано применение неявных методов интегрирования, для расчета токов коротких замыканий использованы узловой метод, алгоритмы линейной алгебры и их компьютерная реализация.

Предназначено для студентов и аспирантов электроэнергетических специальностей высших учебных заведений.

Ил. 183. Библиогр.: 23 назв.

УДК 621311

ББК 31.27

© Ю. Н. Веприк, 2014

ISBN 978-617-687-023-4

© Изд-во «Підручник НТУ «ХП»», 2014

Содержание

Вступление.....	3
Список сокращений.....	5
Раздел 1. Общие сведения о переходных процессах в электрических системах, о методах и средствах их расчета.....	6
1. Электрическая система и режимы ее работы.....	6
2. Режимы нейтрали электрических сетей.....	10
3. Виды и причины возникновения коротких замыканий.....	11
4. Отрицательные последствия коротких замыканий и средства их ограничения в электрических сетях ВН.....	13
5. Методы и средства анализа аварийных режимов.....	19
ЧАСТЬ ПЕРВАЯ. ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ЭЛЕМЕНТАХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ.....	30
Раздел 1. Переходные процессы в элементах электрических систем и их исследование аналитическими методами.....	30
1.1. Переходные процессы в линии электропередачи.....	31
1.2. Переходные процессы в силовых трансформаторах.....	40
1.3. Электромагнитные переходные процессы в синхронных машинах (СГ, СД, СК).....	49
1.4. Переходные процессы в узлах двигательной нагрузки.....	97
Выводы по разделу 1.....	116
Раздел 2. Компьютерные методы моделирования переходных процессов в элементах электрических систем.....	118
2.1. Методы численного интегрирования в задачах математического моделирования переходных процессов.....	118
2.2. Общий алгоритм моделирования переходных процессов в элементах электрической системы неявными методами численного интегрирования.....	125
2.3. Компьютерное моделирование переходных процессов в элементах электрических систем численными методами.....	128
Выводы по разделу 2.....	137
Контрольные вопросы.....	138
ЧАСТЬ ВТОРАЯ. СИММЕТРИЧНЫЕ КОРОТКИЕ ЗАМЫКАНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ.....	141
Раздел 3. Расчеты периодической составляющей тока при трехфазных коротких замыканиях в сетях ВН.....	141
3.1. Общая методика расчета токов трехфазных КЗ.....	143

3.2. Выбор расчетных условий.....	144
3.3. Подготовка данных к расчетам токов КЗ.....	150
3.4. Сверхпереходные, ударные и установившиеся токи трехфазных КЗ.....	189
3.5. Расчет периодической составляющей тока КЗ для произвольного момента времени переходного процесса.....	216
3.6. Учет комплексной нагрузки при расчете токов короткого замыкания.....	230
3.7. Расчет аperiodической составляющей тока КЗ для произвольного момента времени переходного процесса.....	232
Выводы по разделу 3.....	235
Раздел 4. Применение ЭВМ в расчетах трехфазных КЗ в электрических сетях ВН.....	236
4.1. Состав данных для формирования математической модели электрической сети.....	237
4.2. Методы формирования систем уравнений электрической сети.....	240
4.3. Линейные и нелинейные узловые уравнения в блочно-матричной форме записи.....	242
4.4. Моделирование сложных электрических сетей на ЭВМ.....	268
Выводы по разделу 4.....	287
Контрольные вопросы.....	288
ЧАСТЬ ТРЕТЬЯ. НЕСИММЕТРИЧНЫЕ КОРОТКИЕ ЗАМЫКАНИЯ И КОММУТАЦИИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ.....	290
Раздел 5. Методы расчета несимметричных режимов.....	290
5.1. Общая характеристика несимметричных аварийных режимов и методов их расчета.....	290
5.2. Основные положения метода симметричных составляющих.....	296
5.3. Параметры основных элементов электрической системы в симметричных составляющих.....	301
Выводы по разделу 5.....	320
Раздел 6. Расчет несимметричных коротких замыканий методом симметричных составляющих.....	322
6.1. Схемы замещения для отдельных последовательностей.....	322
6.2. Основные соотношения между токами и напряжениями в точке несимметричного повреждения.....	327
6.3. Распределение и трансформация токов и напряжений в схемах отдельных последовательностей.....	343
6.4. Однократная продольная несимметрия.....	348

6.5. Математическое моделирование несимметричных аварийных режимов электрических систем методом симметричных составляющих.....	353
Выводы по разделу 6.....	364
Контрольные вопросы.....	364
ЧАСТЬ ЧЕТВЕРТАЯ. ОТРИЦАТЕЛЬНЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ РЕЖИМОВ КЗ И МЕРЫ ИХ ОГРАНИЧЕНИЯ.....	366
Раздел 7. Воздействия токов КЗ на оборудование.....	366
7.1. Электродинамические силы в электроустановках.....	366
7.2. Термическое действие тока короткого замыкания.....	368
7.3. Повышение коммутационной способности электрических аппаратов.....	371
7.4. Увеличение быстродействия выключателей и релейной защиты.....	372
Выводы по разделу 7.....	375
Раздел 8. Методы ограничения токов КЗ.....	376
8.1. Ограничение уровней токов КЗ как оптимизационная задача	376
8.2. Методы и средства ограничения токов КЗ.....	378
Выводы по разделу 8.....	393
Раздел 9. Методы определения места КЗ в электрической сети повреждения.....	394
9.1. Классификация методов определения места повреждения.....	394
9.2. Теоретические основы определения места короткого замыкания по параметрам аварийного режима.....	398
9.3. Принципы определения места короткого замыкания по двустороннему измерению параметров аварийного режима.....	403
9.4. Некоторые положения теории дистанционных защит.....	407
9.5. Теория одностороннего замера на линии с двусторонним питанием.....	411
Выводы по разделу 9.....	413
Контрольные вопросы.....	414
Список источников информации.....	415