

621.311

Б81

В. Е. Бондаренко, О. В. Шутенко, Д. Н. Баклай

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ ОБЪЕКТОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

ДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ
ОБОРУДОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ
НА ОСНОВЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ
И ДЕТЕРМИНИСТСКИХ
МЕТОДОВ РАСПОЗНАВАНИЯ

Часть I

Учебное пособие

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
«ХАРЬКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ»

В. Е. Бондаренко, О. В. Шутенко, Д. Н. Баклай

**МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ
ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ
ОБЪЕКТОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ**

Учебное пособие

для студентов специальности
«Электроэнергетика, электротехника и электромеханика»
в том числе для иностранных студентов

Часть первая

**ДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ
НА ОСНОВЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ И ДЕТЕРМИНИСТСКИХ
МЕТОДОВ РАСПОЗНАВАНИЯ**

Рекомендовано ученым советом НТУ «ХПИ»

Харьков
НТУ «ХПИ»
2017

УДК 621.311.1(075)

Б81

Рецензенты:

О. М. Попов, д-р техн. наук, с.н.с., гл. н.с., ХНУРЭ;

С. А. Тимчук, д-р техн. наук, проф., ХНТУСХ им. П. Василенко

Рекомендовано ученым советом НТУ «ХПИ»

как учебное пособие для студентов специальности «Электроэнергетика,
электротехника и электромеханика», протокол № 4 от 28 апреля 2017

Навчальний посібник містить систематизовану характеристику методів діагностики стану складних технічних об'єктів і систем. Розглянуто загальні положення статистичних та детерміністських методів розпізнавання. Наведено практичні приклади діагностики стану високовольтного устаткування на основі викладених методів.

Призначено для студентів і магістрів спеціальності № 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» за спеціалізацією «Техніка високих напруг та діагностика об'єктів електричних мереж», а також для здобувачів, аспірантів і дослідників, що працюють у галузі діагностики стану високовольтного електроенергетичного обладнання.

Бондаренко В. Е.

Б81 Математические основы технической диагностики объектов электрических сетей : учеб. пособ. в 2 ч. Ч. 1 / В. Е. Бондаренко, О. В. Шутенко, Д. Н. Баклай. - Харьков: НТУ «ХПИ», 2017. - 256 с. - На рус. яз.

ISBN 978-617-05-0254-4

ISBN 978-617-05-0255-1 (Ч. 1)

Учебное пособие содержит систематизированную характеристику методов диагностики состояния сложных технических объектов и систем. Рассмотрены общие положения статистических и детерминистских методов распознавания. Приведены практические примеры диагностики состояния высоковольтного оборудования на основе изложенных методов.

Предназначено для студентов и магистров специальности № 141 «Электроэнергетика, электротехника и электромеханика» по специализации «Техника высоких напряжений и диагностика объектов электрических сетей», а также для соискателей, аспирантов и исследователей, работающих в области диагностики состояния высоковольтного электро-энергетического оборудования.

Ил. 60. Табл. 27. Библиогр. 90 наим.

УДК 621311.1(075)

ISBN 978-617-05-0255-1

ISBN 978-617-05-0255-1 (Ч. 1)

© Бондаренко В. Е., Шутенко О. В., Баклай Д. Н., 2017

© НТУ «ХПИ», 2017

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	6
ВВЕДЕНИЕ.....	7
Раздел 1. ВВЕДЕНИЕ В ТЕХНИЧЕСКУЮ ДИАГНОСТИКУ.	
ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ.....	8
1.1. Основные понятия и определения технической диагностики.....	8
1.2. Состояния диагностических объектов и события перехода.....	9
1.3. Задачи технической диагностики.....	14
1.4. Структура технической диагностики.....	18
1.5. Диагностические модели.....	19
1.6. Постановка задач технической диагностики.....	20
Вопросы для самоконтроля.....	22
Литература к разделу.....	22
Раздел 2. СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ РАСПОЗНАВАНИЯ.....	24
2.1. Метод Байеса.....	24
2.2. Метод последовательного анализа.....	34
2.3. Статистические решения для одного диагностического параметра.....	35
2.4. Статистические решения при наличии зоны неопределенности и другие обобщения.....	50
2.5. Статистические решения для нескольких состояний.....	54
2.6. Статистические решения для многомерных распределений.....	56
2.7. Определение граничных значений концентраций растворенных в масле газов, обеспечивающих минимальное значение риска.....	60
Вопросы для самоконтроля.....	104
Литература к разделу.....	105
Раздел 3. МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ИНФОРМАТИВНОСТИ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ.....	109
3.1. Энтропия системы.....	109
3.2. Измерение информации.....	111

3.3. Диагностическая ценность признаков.....	116
3.4. Диагностическая ценность обследования.....	120
3.5. Оптимизация процедуры диагностики изоляции на основе анализа информационной значимости диагностических признаков.....	128
3.6. Особенности определения диагностической ценности показателей качества изоляции высоковольтного электроэнергетического оборудования.....	134
Вопросы для самоконтроля.....	138
Литература к разделу.....	138

Раздел 4. МЕТОДЫ РАЗДЕЛЕНИЯ В ПРОСТРАНСТВЕ

ПРИЗНАКОВ.....	141
4.1. Линейные методы разделения.....	141
4.2. Разделение в диагностическом пространстве.....	154
4.3. Метод потенциальных функций и метод потенциалов.....	158
4.4. Оптимизация системы информационных показателей качества трансформаторного масла для технического эксплуатационного контроля маслонаполненного энергетического оборудования.....	163
Вопросы для самоконтроля.....	169
Литература к разделу.....	170

Раздел 5. МЕТРИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ РАСПОЗНАВАНИЯ.....

5.1. Метрика пространства признаков.....	172
5.2. Диагностика по расстоянию в пространстве признаков.....	176
5.3. Распознавание типа дефекта высоковольтных силовых трансформаторов на основе анализа образов дефектов, построенных по результатам хроматографического анализа растворенных в масле газов.....	182
5.4. Формирование эталонных множеств в условиях временного дрейфа диагностических признаков.....	188
5.5. Распознавание траектории изменения состояния диагностируемого объекта.....	193

Вопросы для самоконтроля.....	202
Литература к разделу.....	203
Раздел 6. МЕТОДЫ РАСПОЗНАВАНИЯ КРИВЫХ.....	206
6.1. Обнаружение неслучайных отклонений по методу средних.....	207
6.2. Обнаружение неслучайных отклонений на основе дисперсион- ного анализа линейной регрессии.....	210
6.3. Оценка неслучайных отклонений по контрольным уровням.....	218
6.4. Общая задача распознавания кривых, метод признаков.....	221
6.5. Распознавание кривых по комплексу признаков.....	231
6.6. Обнаружение развивающихся дефектов на основе анализа динамики изменения концентраций газов, растворенных в масле трансформаторов.....	231
Вопросы для самоконтроля.....	247
Литература к разделу.....	248
Предметный указатель.....	252