

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ, МОЛОДЕЖИ И СПОРТА  
УКРАИНЫ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
«Харьковский политехнический институт»

А. В. Беспрозванных, Б. Г. Набока

**МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ  
И МЕТОДЫ РАСЧЕТА  
ЭЛЕКТРОИЗОЛЯЦИОННЫХ  
КОНСТРУКЦИЙ**

Учебное пособие

Харьков  
2012

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ, МОЛОДЕЖИ И СПОРТА  
УКРАИНЫ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
«Харьковский политехнический институт»

**А. В. Беспрозванных, Б. Г. Набока**

**МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И МЕТОДЫ РАСЧЕТА  
ЭЛЕКТРОИЗОЛЯЦИОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

**Учебное пособие**

для студентов дневной, заочной и дистанционной форм обучения  
специальности «Техника и электрофизика высоких напряжений»  
специализации «Электроизоляционная и кабельная техника»

Утверждено

редакционно-издательским

советом университета, протокол № 1 от 23.06.2011 г.

Харьков

НТУ «ХПИ»

2 0 1 2

УДК 621-03  
ББК 31.23.7  
Б53

Рецензенты:

*Б. Т. Кононов*, доктор технических наук, проф., засл. деятель  
науки и техники ХУВС;

*Ю. А. Антонец*, канд. техн. наук, технический директор  
ЗАО «Южкабель»

**Представлено математичні моделі та методи розрахунків електроізоляційних  
конструкцій з загальних позицій теорії електричних ланцюгів. Наведено обчислю-  
вально-логічні алгоритми розрахунків та виконано аналіз режимів роботи елек-  
тричних конденсаторів, силових кабелів та кабелів зв'язку.**

**Призначено для студентів спеціальності «Техніка та електрофізика високих  
напруг», а також для спеціалістів в області електроізоляційної та кабельної техніки.**

**Беспрозванных А.В.**

Б53 Математические модели и методы расчета электроизоляции-  
онных конструкций : учеб. пособие / А. В. Беспрозванных,  
Б. Г. Набока. - Харьков : НТУ «ХПИ», 2012. - 108 с. - На рус. яз.

ISBN 978-966-593-952-8

**Представлены математические модели и методы расчета электроизоляции-  
ных конструкций с общих позиций теории электрических цепей. Приведены вы-  
числительно-логические алгоритмы расчета и выполнен анализ режимов работы  
электрических конденсаторов, силовых кабелей и кабелей связи.**

**Предназначено для студентов специальности «Техника и электрофизика вы-  
соких напряжений», а также для специалистов в области электроизоляцииной  
и кабельной техники.**

Ил. 57. Библиогр.: 39 назв.

УДК 621-03

ББК 31.23.7

© А. В. Беспрозванных, Б. Г. Набока, 2012

ISBN 978-966-593-952-8

© НТУ «ХПИ», 2012

## Содержание

Введение	3
1. Схемы замещения емкостных и индуктивных элементов. Формализация объекта исследования. Понятие математической модели	11
1.1. Схемы замещения емкостных элементов. Последовательная и параллельная схемы замещения. Условие их эквивалентности на фиксированной частоте	11
1.1.1. Последовательно-параллельная схема замещения с одним релаксатором	16
1.1.2. Влияние паразитных индуктивностей и слоя металлизации конденсатора на частотные характеристики $tg\delta$	19
1.1.3. Схемы замещения с рядом релаксаторов	21
1.1.4. Эквивалентное значение тангенса угла диэлектрических потерь электрической изоляции с полупроводящими покрытиями силовых кабелей на основе схем замещения	22
1.2. Схемы замещения индуктивных элементов	27
1.2.1. Последовательная и параллельная схемы замещения	27
1.2.2. Последовательно-параллельная схема замещения	30
1.2.3. Т-образная схема замещения индуктивно связанных цепей (катушек трансформатора)	31
1.3. Обоснование величины емкости фазосдвигающего конденсатора при включении трехфазного асинхронного двигателя в однофазную сеть на основе схемы замещения	36
Задания для самостоятельной работы к разделу 1	40
2. Метод дискретных резистивных схем замещения (ДРСЗ) индуктивных и емкостей	43
2.1. Дискретная резистивная схема замещения индуктивности	44
2.2. Дискретная резистивная схема замещения емкости	45
2.3. Последовательность расчета схемы методом ДРСЗ индуктивности и емкости	46
2.3.1. Переходный процесс при подключении <i>RLC-цепи</i> к источнику постоянной ЭДС	47
2.3.2. Схема замещения длинной линии и расчет методом дискретных резистивных схем замещения	48

2.4. Моделирование процесса старения изоляции. Математическая модель двухслойной изоляции. Физические основы метода восстанавливающегося напряжения	53
2.4.1. Нахождение параметров схемы замещения по кривым восстанавливающегося напряжения	57
Задания для самостоятельной работы к разделу 2	65
3. Тепловые схемы замещения изоляции	67
3.1. Тепловые схемы замещения изоляции в неустановившемся тепловом режиме	67
3.1.1. Кинетика охлаждения изолированного провода	67
3.1.2. Моделирование нагрева изолированного провода в печи	74
3.2. Метод электротепловых аналогий. Расчет установившегося теплового режима работы	78
3.2.1. Тепловое сопротивление одиночного кабеля в грунте	81
3.2.2. Тепловое сопротивление ряда кабелей, расположенных в грунте	84
3.2.2.1. Пример теплового расчета трех одножильных кабелей, расположенных в грунте	90
Задания для самостоятельной работы к разделу 3	97
Список литературы	101