621.3
Э45

ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

Лабораторный практикум

для студентов специальности 141
«Электроэнергетика, электротехника и электромеханика»,
в том числе для иностранных студентов

Харьков 2018

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
«Харьковский политехнический институт»

ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

Лабораторный практикум
для студентов специальности 141
«Электроэнергетика, электротехника и электромеханика»,
в том числе для иностранных студентов

Утверждено
редакционно-издательским
советом университета,
протокол № 1 от 30.01.2018 г.

Харьков
НТУ «ХПИ»
2018

УДК 621-03(07)
Э45

Р е ц е н з е н т ы :

Б. Т. Кононов, засл. деятель науки и техники Украины, д-р техн. наук, проф., ХНУПС им. И. Кожедуба;

А. П. Лазуренко, канд. техн. наук, проф. кафедры «Электрические станции», НТУ «ХПИ»

А в т о р с к и й к о л л е к т и в :

В. М. Золотарёв, А. Г. Гурин, А. В. Беспрозванных, С. Г. Ломов, Е. С. Москвитин, В. П. Скибин, Л. А. Щебенюк

Лабораторний практикум містить: вступний розділ; класифікацію електротехнічних матеріалів за їх призначенням, складом і властивостями; основні характеристики, за якими оцінюється придатність матеріалів для їх використання в електротехнічних пристроях; теоретичні положення, в яких висвітлюються питання електропровідності, електричного пробою, втрат енергії при постійній та змінній напрузі, при низьких і високих частотах.

Призначено для студентів, спеціальності 141.

Электротехнические материалы : лаб. практикум / В. М. Золо-
Э45 тарёв, А. Г. Гурин, А. В. Беспрозванных [и др.]. – Харьков : НТУ «ХПИ», 2018. – 160 с. – На рус. яз.

ISBN 978-617-05-0280-3

Лабораторный практикум содержит: вступительный раздел; классификацию электротехнических материалов по их назначению, составу и свойствам; основные характеристики, по которым оцениваются пригодность материалов для их использования в электротехнических устройствах; теоретические положения, в которых освещаются вопросы электропроводности, электрического пробоя, потерь энергии при постоянном и переменном напряжении, при низких и высоких частотах.

Предназначено для студентов, специальности 141.

Ил. 70. Табл.: 37. Библиогр.: 11 назв.

УДК 621-03(07)

ISBN 978-617-05-0280-3

© Авторский коллектив, 2018
© НТУ «ХПИ», 2018

СОДЕРЖАНИЕ

Введение....7

Лабораторная работа № 1
Исследование твердых проводниковых материалов 9
1. Цель работы 9
2. Общие положения 9
Свойства проводниковых материалов....9
Резисторы на основе сплавов высокого сопротивления.... 11
3. Испытательная установка.... 12
Испытательное оборудование 12
Принципиальная схема установки 14
Образцы резисторов из различных материалов.... 14
4. Порядок выполнения работы 15
Измерение сопротивлений резисторов при помощи кабельного моста Р334 15
Измерение сопротивлений резисторов при помощи мультиметра 17
Расчётная часть и оформление результатов.... 17
Контрольные вопросы....18

Лабораторная работа № 2
Определение параметров полупроводниковыхматериалов 19
1. Цель работы 19
2. Основные положения....19
Строение полупроводниковых материалов 19
Электропроводность полупроводников 24
Температурная зависимость электропроводности полупроводников 32
3. Испытательная установка.... 37
Основное испытательное оборудование 37
Образцы для измерений 38
4. Порядок выполнения работы 40
Измерение сопротивлений полупроводниковых резисторов при комнатной температуре 40
Измерение сопротивлений полупроводниковых резисторов при различных температурах....41
Расчётная часть и оформление результатов....41
Контрольные вопросы....43

Лабораторная работа № 3
Определение вольт-амперных характеристик твердых полупроводниковых материалов 45
1. Цель работы 45
2. Общие положения 45
3. Испытательная установка.... 49
Основное испытательное оборудование 49
Образцы измерений....51

Схема испытательной установки 51
4. Порядок выполнения работы 52
Снятие вольт-амперной характеристики терморезистора....52
Расчётная часть и оформление результатов....53
Контрольные вопросы....54

Лабораторная работа № 4
Определение вольт-амперной характеристики полупроводникового диода....55
1. Цель работы 55
2. Теоретические положения....55
3. Испытательная установка....60
Схема испытательной установки 60
Основное испытательное оборудование 60
Образцы для измерений 61
4. Порядок выполнения работы 63
Определение прямой ветви вольт-амперной характеристики диода Д7Г 63
Определение обратной ветви вольт-амперной характеристики диода Д7Г 65
Расчётная часть и оформление результатов....65
Контрольные вопросы....66

Лабораторная работа № 5
Определение удельных объемного и поверхностного сопротивлений твердых диэлектриков....67
1. Цель работы 67
2. Общие положения 67
Зависимость сопротивления диэлектриков от температуры..69
Зависимость поверхностного сопротивления диэлектриков от внешних факторов....70
Схема включения испытательных электродов при определении ρ_v и ρ_s....71
3. Испытательная установка....76
Основное испытательное оборудование 76
Образцы измерений 77
Схема измерений 77
4. Порядок выполнения работы 78
Измерение объемных сопротивлений диэлектриков при комнатной температуре 78
Измерение объемного сопротивления при повышенной температуре....79
Расчётная часть и оформление результатов....80
Контрольные вопросы....81

Лабораторная работа № 6
Определение тангенса угла диэлектрических потерь и диэлектрической проницаемости диэлектриков при переменномнапряжении 83
1. Цель работы 83
2. Общие положения 83

2.1. Диэлектрическая проницаемость и тангенс угла диэлектрических потерь ... 83
2.2. Определение tg δ и ε при помощи высоковольтного моста Шеринга ... 87
2.3. Зависимость ε и tg δ от напряжения ... 90
2.4. Влияние влажности на диэлектрическую проницаемость ... 91
3. Испытательная установка ... 92
3.1. Оборудование ... 92
3.2. Образцы для измерений ... 96
3.3. Схема установки ... 96
4. Порядок выполнения работы ... 96
4.1. Определение тангенса угла диэлектрических потерь и диэлектрической проницаемости стекла при помощи моста переменного тока Р5026 ... 97
4.2. Расчётная часть и оформление результатов ... 98
Контрольные вопросы ... 100

Лабораторная работа № 7
Определение зависимости тангенса угла диэлектрических потерь и диэлектрической проницаемости диэлектрика от условий работы ... 102
1. Цель работы ... 102
2. Общие положения ... 102
Зависимость ε и tg δ от температуры ... 102
Зависимость ε и tg δ от частоты ... 105
Влияние влажности на величину ε и tg δ ... 106
3. Испытательная установка ... 107
Оборудование ... 107
Образцы для измерений ... 110
Схема испытательной установки ... 110
4. Порядок выполнения работы ... 111
Определение tg δ и емкости твердых, жидких диэлектриков и воздуха ... 111
Расчётная часть и оформление результатов ... 112
Контрольные вопросы ... 113

Лабораторная работа № 8
Определение электрической прочности твердых диэлектриков ... 114
1. Цель работы ... 114
2. Общие положения ... 114
Электрическая прочность диэлектриков ... 114
Электрический пробой макроскопически однородных диэлектриков ... 116
Электрический пробой неоднородных диэлектриков ... 117
Тепловой (электротепловой) пробой ... 117
Электрохимический пробой ... 118
3. Испытательная установка ... 119
Основное испытательное оборудование ... 119
Образцы для измерений ... 119
Схема установки ... 120

4. Порядок выполнения работы 120
Измерение пробивных напряжений и определение электрической прочности многослойной бумажной изоляции при переменном напряжении 121
Измерение пробивных напряжений и определение электрической прочности многослойной бумажной изоляции при постоянном напряжении..... 122
Измерение времени до пробоя многослойной бумажной изоляции при переменном напряжении 123
Расчётная часть и оформление результатов..... 123
Контрольные вопросы..... 125

Лабораторная работа № 9
Исследование сегнетоэлектриков..... 126
1. Цель работы 126
2. Общие положения 126
3. Испытательная установка..... 130
Оборудование 131
Образцы для измерений 132
Схема испытательной установки 132
4. Порядок выполнения работы 134
Настройка осциллографа..... 134
Градуировка (масштабирование) осей осциллографа..... 135
Экспериментальное исследование зависимостей $Q_{0x} = f(U_{0x})$; $C_{0x} = f(U_{0x})$для конденсатора с малыми потерями 135
Экспериментальное исследование зависимостей $Q_x = f(U_x)$; $W = f(U_x)$;tg $\delta = f(U_x)$; $\varepsilon = f(E)$ для конденсатора с сегнетоэлектриком..... 136
Экспериментальное исследование зависимостей $\varepsilon = f(T)$; tg $\delta = f(T)$ для конденсатора с сегнетоэлектриком..... 136
Расчётная часть и оформление результатов..... 137
Контрольные вопросы..... 139

Лабораторная работа № 10
Определение характеристик магнитных материалов 140
1. Цель работы 140
2. Основные положения..... 140
3. Испытательная установка..... 147
Основное испытательное оборудование 147
Образцы измерений 148
Схема испытательной установки 149
4. Порядок выполнения работы 152
Настройка осциллографа..... 152
Снятие зависимости $B_{max} = f(H_{max})$..... 153
Градуировка (масштабирование) осей осциллографа..... 154
Расчётная часть и оформление результатов..... 154
Контрольные вопросы..... 157

Список литературы..... 158