

В. П. Казанцев

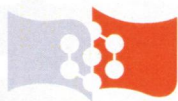
АНАЛИТИЧЕСКАЯ ЭЛЕКТРОСТАТИКА НА ПЛОСКОСТИ

ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКИЕ МУЛЬТИПОЛИ
ОДНОРОДНЫХ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ТЕЛ
И ИХ ПРИЛОЖЕНИЯ

Монография

Книга 2

Институт фундаментальной подготовки



СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
SIBERIAN FEDERAL UNIVERSITY

Министерство образования и науки Российской Федерации
Сибирский федеральный университет

В. П. Казанцев

АНАЛИТИЧЕСКАЯ ЭЛЕКТРОСТАТИКА НА ПЛОСКОСТИ

ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКИЕ МУЛЬТИПОЛИ ОДНОРОДНЫХ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ТЕЛ И ИХ ПРИЛОЖЕНИЯ

Монография

В двух книгах

Книга 2

Красноярск
СФУ
2013

УДК 517+530.1
ББК 22.33
К142

Рецензент:

А. К. Цих, доктор физико-математических наук, профессор

Казанцев, В. П.

К142 Аналитическая электростатика на плоскости. Характеристические мультиполи однородных диэлектрических тел и их приложения : монография : в 2 кн. Кн. 2 / В. П. Казанцев. – Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2013. – 298 с.
ISBN 978-5-7638-2917-4 (Кн. 2)
ISBN 978-5-7638-2870-2

Введены новые для теории поля понятия характеристических мультиполей и высших поляризуемостей диэлектрических тел. Понятия характеристических мультиполей относительно точки введены для однородных изотропных диэлектрических тел. На примерах продемонстрировано, что введенные понятия находят широкое применение в электростатике проводников и диэлектриков.

Книга будет полезна научным работникам и инженерам, использующим в своей практике теорию поля, а также студентам, обучающимся в магистратуре по специальности «Теоретическая и математическая физика».

Электронный вариант издания см.:
<http://catalog.sfu-kras.ru>

УДК 517+530.1
ББК 22.33

ISBN 978-5-7638-2917-4 (Кн. 2)
ISBN 978-5-7638-2870-2

© Сибирский федеральный университет, 2013 .

ОГЛАВЛЕНИЕ

Глава 7. ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ЭЛЕКТРОСТАТИКИ ПРОВОДНИКОВ И ДИЭЛЕКТРИКОВ ВАРИАЦИОННЫМИ МЕТОДАМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АППАРАТА ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКИХ МУЛЬТИПОЛЕЙ.....	4
7.1. Проводящий круг, экранированный диэлектрической полуплоскостью.....	4
7.1.1. Характеристические мультиполи окружности, экранированной в круговой полости однородного диэлектрика и концентрической с границей полости.....	4
7.1.2. Характеристические мультиполи относительно внутренней точки окружности, экранированной однородной диэлектрической полуплоскостью.....	6
7.1.3. Характеристический мультиполь нулевого порядка окружности, экранированной однородной диэлектрической полуплоскостью.....	8
7.1.4. Проводящая окружность, экранированная однородной диэлектрической полуплоскостью, во внешних электрических полях.....	11
7.1.5. Функция Грина области, ограниченной проводящей окружностью и однородной изотропной диэлектрической полуплоскостью.....	14
7.1.6. Электрические поля точечных мультиполей, расположенных в области, ограниченной проводящей окружностью и однородной изотропной диэлектрической полуплоскостью.....	17
7.2. Система параллельных проводов над однородным изотропным диэлектрическим полупространством.....	20
7.2.1. Комплексные потенциалы характеристических мультиполей отдельных проводов, экранированных однородным изотропным диэлектрическим полупространством.....	20
7.2.2. Энергии взаимодействия характеристических мультиполей проводящих кругов, экранированных однородной изотропной диэлектрической полуплоскостью.....	23
7.2.3. Решение вариационным методом задачи о емкостных коэффициентах системы проводящих кругов, экранированных однородной изотропной диэлектрической полуплоскостью.....	27
7.2.4. Решение вариационным методом основной задачи электростатики для системы проводящих кругов, экранированных однородной изотропной диэлектрической полуплоскостью.....	30
7.3. Длинная линия, параллельная однородному изотропному диэлектрическому полупространству.....	33
7.3.1. Вариационные формулировки задачи об электрической емкости системы двух проводников, находящихся в неоднородной анизотропной диэлектрической среде.....	33

7.3.2. Простые вариационные оценки электрической емкости двух-проводной линии, параллельной однородному изотропному диэлектрическому полупространству	37
7.3.3. Аппроксимация электрического поля вне области проводящих кругов, экранированных однородной изотропной диэлектрической полуплоскостью, полями точечных зарядов, расположенных во внутренних точках кругов	43
7.3.4. Вариационный расчет емкостных коэффициентов двух проводящих кругов, экранированных однородной изотропной диэлектрической полуплоскостью, при аппроксимации электрического поля вне кругов полями точечных зарядов, расположенных во внутренних точках кругов	48
7.3.5. Вариационный расчет погонной емкости симметричной длинной линии, параллельной однородному изотропному диэлектрическому полупространству	53
7.4. Характеристические мультиполи проводника, находящегося в диэлектрической среде	58
7.4.1. Вариационные формулировки задачи о характеристических мультиполях проводника, расположенного в диэлектрической среде	58
7.4.2. Общая схема расчета характеристических мультиполей проводника в присутствии однородного изотропного диэлектрического тела	61
7.4.3. Характеристические мультиполи проводящего круга, заключенного в концентрическую с ним диэлектрическую оболочку из однородного изотропного диэлектрика	65
7.4.4. Характеристические мультиполи проводящего круга в присутствии однородной изотропной диэлектрической полуплоскости	68
7.5. Электрические поля точечных зарядов и мультиполей в областях, ограниченных диэлектриками и проводниками	74
7.5.1. Функция Грина первого квадранта, ограниченного проводящей осью абсцисс, а по оси ординат граничащего с однородным изотропным диэлектриком	74
7.5.2. Точечные мультиполи, экранированные в первом квадранте, ограниченном проводящей осью абсцисс, а по оси ординат граничащего с однородным изотропным диэлектриком	77
7.5.3. Функция Грина кругового кольца, ограниченного по окружности меньшего радиуса проводником, а по окружности большего радиуса - однородным изотропным диэлектриком	81
7.5.4. Точечные мультиполи, экранированные в области кругового кольца, ограниченного по окружности меньшего радиуса проводником, а по окружности большего радиуса - однородным изотропным диэлектриком	84
7.5.5. Функция Грина полукруга $Re z > 0 \cap z < a$, ограниченного по диаметру проводящей прямой $Re z = 0$, а по дуге окружности $Re z > 0 \cap z = a$ - однородным изотропным диэлектриком	86

7.5.6. Точечные мультиполи, экранированные в полукруге $\text{Re } z > 0 \cap z < a$, ограниченном по диаметру проводящей прямой $\text{Re } z = 0$, а по дуге окружности $\text{Re } z > 0 \cap z = a$ – однородным изотропным диэлектриком	88
--	----

Глава 8. ВАРИАЦИОННЫЕ ОЦЕНКИ И РАСЧЕТЫ ЕМКОСТЕЙ ПРОВОДОВ ОТНОСИТЕЛЬНО ЭКРАНОВ

8.1. Провод с изоляцией.....	90
8.1.1. Функция Грина для проводящего круга, окруженного конденсаторическим с ним диэлектрическим кольцом	90
8.1.2. Комплексные потенциалы точечных мультиполей, экранированных проводящим кругом, окруженным концентрическим с ним диэлектрическим кольцом	94
8.1.3. Построение последовательности оценок снизу для электрической емкости изолированного провода относительно параллельной ему проводящей плоскости методом аппроксимации электрического поля на плоскости электрическими полями точечных зарядов.....	97
8.1.4. Построение последовательности оценок снизу для электрической емкости изолированного провода относительно параллельной ему проводящей плоскости методом аппроксимации электрического поля на плоскости электрическими полями точечных мультиполей, расположенных в одной точке	101
8.1.5. Построение последовательности вариационных оценок сверху для электрической емкости изолированного провода относительно параллельной ему проводящей плоскости.....	104
8.2. Электрические емкости параллельных проводов, экранированных проводящей плоскостью с нанесенным на неё однородным изотропным диэлектрическим слоем	115
8.2.1. Расчет электрической емкости провода относительно параллельной ему проводящей плоскости, покрытой диэлектрическим слоем, методом аппроксимации электрического поля полями точечных зарядов.....	115
8.2.2. Расчет электрической емкости провода относительно параллельной ему проводящей плоскости, покрытой диэлектрическим слоем, методом аппроксимации электрического поля полями точечных мультиполей, локализованных в одной точке	120
8.2.3. Вариационная схема расчета емкостных коэффициентов многопроводной линии, экранированной параллельной ей проводящей плоскостью, покрытой диэлектрическим слоем	122
8.2.4. Расчет электрической емкости двухпроводной линии, экранированной параллельной ей проводящей плоскостью, покрытой диэлектрическим слоем, методом аппроксимации электрического поля полями точечных зарядов	128
8.2.5. Расчет электрической емкости двухпроводной линии, экранированной параллельной ей проводящей плоскостью, покрытой	

диэлектрическим слоем, методом аппроксимации электрического поля полями точечных мультиполей.....	132
8.3. Электрические ёмкости проводов, заключенных в диэлектрическую изоляцию.....	137
8.3.1. Вариационные оценки емкости двухпроводной симметричной линии, изолированной в диэлектрическом круговом цилиндре.....	137
8.3.2. Вычисление емкости двухпроводной симметричной линии, изолированной в диэлектрическом круговом цилиндре, методом аппроксимации электрического поля полями экранированных точечных зарядов	140
8.3.3. Вычисление емкости двухпроводной симметричной линии, изолированной в диэлектрическом круговом цилиндре, методом аппроксимации электрического поля полями экранированных точечных мультиполей, расположенных в одной точке.....	142
8.3.4. Вычисление емкостных коэффициентов много проводной линии, изолированной в диэлектрическом круговом цилиндре, методом аппроксимации электрического поля полями экранированных точечных зарядов.....	147
8.3.5. Характеристические мультиполи проводящей окружности, расположенной в области однородного изотропного диэлектрического круга.....	152
8.3.6. Проводящий круг, расположенный внутри диэлектрического круга, во внешнем электрическом поле	158
8.3.7. Построение последовательности оценок снизу для электрической емкости провода с цилиндрической изоляцией относительно параллельной ему проводящей плоскости методом аппроксимации электрического поля на плоскости электрическими полями точечных зарядов	165
8.3.8. Энергия взаимодействия характеристических мультиполей двух окружностей, расположенных внутри диэлектрического круга.....	169

Глава 9. ПРОВОДА, ПАРАЛЛЕЛЬНЫЕ ЭКРАНАМ, ОГРАНИЧЕННЫМ ДВУМЯ ПАРАЛЛЕЛЬНЫМИ ПЛОСКОСТЯМИ..... 174

9.1. Вариационные расчеты емкостных коэффициентов проводов кругового сечения, экранированных параллельным им плоским однородным диэлектрическим слоем	174
9.1.1. Проводящий заряженный круг, экранированный диэлектрической полосой	174
9.1.2. Система двух проводящих заряженных кругов, экранированных диэлектрической полосой и расположенных по одну сторону от неё. Аппроксимация электрического поля кругов полями экранированных точечных мультиполей, локализованных в центрах кругов	182
9.1.3. Система двух проводящих заряженных кругов, экранированных диэлектрической полосой и расположенных по одну сторону от неё.	

Аппроксимация электрического поля кругов полями экранированных точечных зарядов, локализованных внутри кругов	194
9.1.4. Система двух проводящих заряженных кругов, экранированных диэлектрической полосой и расположенных по обе стороны от неё.....	200
9.1.5. Система проводящих заряженных кругов, экранированных диэлектрической полосой.....	210
9.2. Вариационные расчеты емкостных коэффициентов проводов кругового сечения, экранированных параллельными им плоскими однородными диэлектрическими полупространствами.....	224
9.2.1. Проводящий заряженный круг, расположенный в полосе и экранированный диэлектрическими полуплоскостями. Аппроксимация электрического поля круга полями точечных зарядов.....	224
9.2.2. Проводящий заряженный круг, расположенный в полосе и экранированный диэлектрическими полуплоскостями. Аппроксимация электрического поля круга полями точечных мультиполей	231
9.2.3. Система двух проводящих заряженных кругов, расположенных в полосе и экранированных диэлектрическими полуплоскостями. Аппроксимация электрического поля кругов полями экранированных точечных зарядов, локализованных внутри кругов	236
9.2.4. Система двух проводящих заряженных кругов, экранированных в полосе, ограниченной однородными диэлектриками. Аппроксимация электрического поля кругов полями экранированных точечных мультиполей, локализованных в центрах кругов.....	245
9.2.5. Система проводящих заряженных кругов, экранированных в области полосы, ограниченной однородными диэлектриками	256
9.3. Вариационные расчеты емкостных коэффициентов параллельных проводов кругового сечения, экранированных в плоском слое, ограниченном с одной стороны проводником, а с другой – однородным диэлектриком	260
9.3.1. Проводящий заряженный круг, расположенный в полосе, ограниченной проводящей и диэлектрической полуплоскостями.....	260
9.3.2. Система двух проводящих заряженных кругов, расположенных в полосе и экранированных с одной стороны диэлектрической, а с другой – проводящей полуплоскостями. Аппроксимация электрического поля кругов полями экранированных точечных зарядов, локализованных внутри кругов.....	267
9.3.3. Система двух проводящих заряженных кругов, расположенных в полосе и экранированных с одной стороны диэлектрической, а с другой – проводящей полуплоскостями. Аппроксимация электрического поля кругов полями экранированных точечных мультиполей, локализованных в центрах кругов	271
9.3.4. Электрическая емкость двух одинаковых проводящих кругов, расположенных в полосе на одинаковом расстоянии от её границ и экранированных с одной стороны диэлектрической, а с другой – проводящей полуплоскостями	277

9.3.5. Емкостные коэффициенты двух одинаковых проводящих кругов, расположенных в полосе на одинаковом расстоянии от её границ и экранированных с одной стороны диэлектрической, а с другой - проводящей полуплоскостями..... 283

Заключение..... 290

Список литературы..... 291