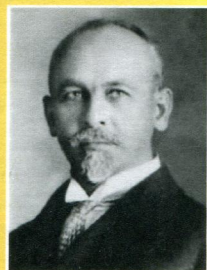


К  
И  
М

КЛАССИКА  
ИНЖЕНЕРНОЙ МЫСЛИ

**В. Ф. Миткевич**

Академик  
АН СССР



**ФИЗИЧЕСКИЕ  
ОСНОВЫ  
ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ**

Электротехника



URSS

**В. Ф. Миткевич**

# **ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ**

Издание четвертое



**URSS**  
**МОСКВА**

ББК 22.3я44 22.3я73 22.313 22.336 30.13 31.21 31.27

**Миткевич Владимир Федорович**

**Физические основы электротехники. Изд. 4-е. — М.: ЛЕНАНД, 2015.  
512 с. (Классика инженерной мысли: электротехника.)**

Вниманию читателей предлагается книга выдающегося ученого-электротехника, академика АН СССР В. Ф. Миткевича, содержащая фундаментальный курс по физическим основам электротехники. По мнению автора, обширная область электромеханики, интересы которой он имеет в виду, является по существу областью практических приложений физических свойств магнитного потока, который играет роль основного фактора во всех электромеханических устройствах. В приложении приведены данные о физических размерностях величин, характеризующих электромагнитные процессы.

Книга рекомендуется физикам и инженерам — научным работникам, исследователям-практикам, преподавателям, аспирантам и студентам физических и электроэнергетических специальностей.

Формат 60×90/16. Печ. л. 32. Зак. № IX-86.

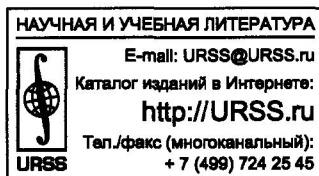
Отпечатано в ООО «ЛЕНАНД».

117312, Москва, пр-т Шестидесятилетия Октября, 11А, стр. 11.

ISBN 978-5-9710-1997-8

© ЛЕНАНД, 2015

6146 ID 197734



Все права защищены. Никакая часть настоящей книги не может быть воспроизведена или передана в какой бы то ни было форме и какими бы то ни было средствами, будь то электронные или механические, включая фотокопирование и запись на магнитный носитель, а также размещение в Интернете, если на то нет письменного разрешения владельца.

## ОГЛАВЛЕНИЕ.

Предисловие к третьему изданию.  
Предисловие ко второму изданию.  
Предисловие к первому изданию.

### Глава I. Магнитный поток.

	Стр.
§ 1. Общая характеристика магнитного поля . . . . .	1
§ 2. Основные определения и соотношения . . . . .	6
§ 3. Магнитный поток . . . . .	17
§ 4. Принцип непрерывности магнитного потока. Опыты Фарадея . . . . .	19
§ 5. Анализ опытов Фарадея . . . . .	23
§ 6. Математическая формулировка принципа непрерывности потока . . . . .	24
§ 7. Формулировка закона электромагнитной индукции . . . . .	28
§ 8. Вопрос об условиях тождественности фарадеевской и макс- велловской формулировок закона электромагнитной индукции . . . . .	31
§ 9. Случай изменяемого контура . . . . .	34
§ 10. Общий вывод по вопросу о законе электромагнитной индукции . . . . .	36
§ 11. О преобразованиях магнитного потока . . . . .	37
§ 12. Механизм перерезывания магнитных линий проводником. § 13. Преобразования магнитного потока в трансформаторе . . . . .	45
§ 14. Роль магнитных экранов . . . . .	51
§ 15. Проблема бесколлекторной машины постоянного тока . . . . .	52
§ 16. Закон магнитной цепи . . . . .	59
§ 17. Линейный интеграл магнитной силы. Закон магнитодви- жущей силы . . . . .	67
§ 18. Вывод точной формулировки закона магнитной цепи . . . . .	68
§ 19. Приближенное выражение закона магнитной цепи . . . . .	74
§ 20. Энергия магнитного потока . . . . .	75
§ 21. Энергия магнитной линии (единичной трубки магнитной индукции) . . . . .	77
§ 22. Тяжение магнитных линий . . . . .	81
§ 23. Подъемная сила магнита . . . . .	83
§ 24. Отрывной пермеаметр . . . . .	86
§ 25. Природа электромагнитной силы . . . . .	87
§ 26. Боковой распор магнитных линий . . . . .	89
§ 27. Преломление магнитных линий . . . . .	91
§ 28. Принцип инерции магнитного потока . . . . .	93
§ 29. Формулировка принципа инерции магнитного потока. Флюксметр . . . . .	98
	104

## Глава II. Магнитные свойства вещества.

	Стр.
§ 30. Роль вещества в магнитном процессе . . . . .	109
§ 31. Фиктивность „магнитных масс“ . . . . .	110
§ 32. Общая характеристика магнитных материалов . . . . .	114
§ 33. Магнитный цикл . . . . .	116
§ 34. Гистерезисная петля как характеристика магнитного материала . . . . .	120
§ 35. Потери на гистерезис . . . . .	121
§ 36. Расчет потерь на гистерезис и формула Штейнметца . . . . .	125
§ 37. Гипотеза вращающихся элементарных магнитов . . . . .	127
§ 38. Магнитное насыщение . . . . .	135
§ 39. Влияние сотрясений на магнитные свойства . . . . .	137
§ 40. Влияние температурных условий на магнитные свойства вещества . . . . .	141
§ 41. Магнитная вязкость . . . . .	147
§ 42. Изменение размеров тел при намагничении . . . . .	148
§ 43. Гистерезис вращения . . . . .	150
§ 44. Некоторые магнитные свойства железа и его сплавов . . . . .	151

## Глава III. Электрическое смещение.

§ 45. Общая характеристика электромагнитных процессов . . . . .	156
§ 46. Непрерывность электрического тока . . . . .	159
§ 47. Электрическое смещение. Основные положения Максвелла . . . . .	160
§ 48. Мера электрического смещения . . . . .	165
§ 49. Ток смещения . . . . .	165
§ 50. Теорема Максвелла . . . . .	167
§ 51. Природа электрического смещения . . . . .	169
§ 52. Пояснения к теореме Максвелла. Выводы из основной формулировки . . . . .	171
§ 53. Математическая формулировка принципа непрерывности тока . . . . .	172
§ 54. Механическая аналогия . . . . .	174
§ 55. Непрерывность тока в случае электрической конвекции . . . . .	177
§ 56. Сложные примеры непрерывности тока . . . . .	180

## Глава IV. Электрическое поле.

§ 57. Связь электрического поля с электромагнитными процессами. Область электростатики . . . . .	185
§ 58. Закон Кулона и вытекающие из него определения и соотношения . . . . .	188
§ 59. Электродвижущая сила и разность потенциалов. Закон электродвижущей силы . . . . .	197
§ 60. Электрическая деформация среды . . . . .	202
§ 61. Линии смещения . . . . .	203
§ 62. Трубки смещения . . . . .	203
§ 63. Фарадеевские трубки . . . . .	206
§ 64. Фарадеевская трубка и количество электричества, с нею связанное . . . . .	207
§ 65. Вторая формулировка теоремы Максвелла . . . . .	208
§ 66. Электризация через влияние. Теорема Фарадея . . . . .	210
§ 67. Энергия электрического поля . . . . .	213
§ 68. Механические проявления электрического поля . . . . .	217
§ 69. Преломление фарадеевских трубок . . . . .	220
§ 70. Емкость и диэлектрическая постоянная . . . . .	221
§ 71. Свойства диэлектриков . . . . .	226

## Глава V. Природа электрического тока.

		Стр.
§	72. Общие соображения о природе тока . . . . .	234
§	73. Движение электричества внутри проводников . . . . .	238
§	74. Участие электрического поля в процессе электрического тока . . . . .	239
§	75. Участие магнитного поля в процессе электрического тока . . . . .	247

## Глава VI. Прохождение электрического тока через газы и пустоту.

§	76. Общие соображения . . . . .	255
§	77. Ионы . . . . .	256
§	78. Ионизирующие агенты . . . . .	259
§	79. Заряд и масса иона . . . . .	263
§	80. Влияние давления газа на характер разряда . . . . .	271
§	81. Различные стадии прохождения тока через газы при атмосферном давлении . . . . .	272
§	82. Основные соотношения, характеризующие ток через газы . . . . .	276
§	83. Тихий разряд. Корона . . . . .	284
§	84. Разрывной разряд . . . . .	288
§	85. Вольтова дуга . . . . .	292
§	86. Дуговые выпрямители . . . . .	304
§	87. Различные стадии разряда через газы при малых давлениях . . . . .	310
§	88. Прохождение электрического тока через пустоту . . . . .	312
§	89. Пустотные электронные приборы . . . . .	317
§	90. Заключение . . . . .	322

## Глава VII. Электродинамика.

§	91. Основные положения Максвелла . . . . .	233
§	92. Вторая форма уравнений Лагранжа . . . . .	330
§	93. Выражение для кинетической энергии в обобщенных координатах . . . . .	337
§	94. Выбор обобщенных координат для электродинамической системы . . . . .	339
§	95. Энергии $T_m$ , $T_e$ и $T_{me}$ . . . . .	342
§	96. Общее исследование сил, действующих в электродинамической системе . . . . .	343
§	97. Электрокинетическая энергия . . . . .	356
§	98. Электродвижущая сила самоиндукции . . . . .	358
§	99. Коэффициент самоиндукции . . . . .	361
§	100. Электродвижущая сила взаимной индукции . . . . .	371
§	101. Коэффициент взаимной индукции . . . . .	374
§	102. Связь между коэффициентами самоиндукции и взаимной индукции . . . . .	379
§	103. Общие выражения для магнитных потоков, сцепляющихся с отдельными контурами системы . . . . .	383
§	104. Общие выражения для электродвижущих сил, индуцируемых в отдельных цепях системы . . . . .	384
§	105. Роль коротко замкнутой вторичной цепи . . . . .	386
§	106. Действующие коэффициенты самоиндукции и взаимной индукции . . . . .	390
§	107. Электромагнитная сила. Общие соображения . . . . .	398

	Стр.
§ 108. Условия возникновения электромагнитной силы . . . . .	403
§ 109. Случай сверхпроводящих контуров . . . . .	408
§ 110. Случай контура с током во внешнем магнитном поле . .	412
§ 111. Основная роль бокового распора и продольного тяжения магнитных линий . . . . .	414
§ 112. Случай прямолинейного проводника во внешнем магнитном поле . . . . .	415
§ 113. Электромагнитные взаимодействия в асинхронном двигателе . . . . .	417
§ 114. Величина и направление электромагнитной силы в случае одного контура с током . . . . .	418
§ 115. Величина и направление силы электромагнитного взаимодействия двух контуров с током . . . . .	423
§ 116. Случай электромагнитного взаимодействия любого числа контуров с током . . . . .	425
§ 117. Электромагнитная сила, действующая на участок проводника с током, расположенный во внешнем магнитном поле . . . . .	426

### Глава VIII. Движение электромагнитной энергии.

§ 118. Электромагнитное поле . . . . .	429
§ 119. Основные уравнения электромагнитного поля . . . . .	431
§ 120. Общий характер дифференциальных уравнений электромагнитного поля . . . . .	438
§ 121. Распространение электромагнитной энергии. Плоская волна . . . . .	439
§ 122. Скорость распространения электромагнитной энергии . .	445
§ 123. Опытные данные, подтверждающие теорию Максвелла . .	447
§ 124. Опыты Герца . . . . .	451
§ 125. Механизм движения электромагнитной энергии. Вектор Пойнтинга . . . . .	459
§ 126. Распространение тока в металлических массах. Поверхностный эффект . . . . .	467

Приложение. Размерности электрических и магнитных величин . . . . .	479
Предметный указатель . . . . .	484