

К.И. Шенфер

Асинхронные машины

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 62
ББК 30.6
К11

К11 **К.И. Шенфер**
Асинхронные машины / К.И. Шенфер – М.: Книга по Требованию, 2023. –
412 с.

ISBN 978-5-458-24769-6

Все что вы хотели знать об асинхронных двигателях, но боялись спросить!
В данной книге вы найдете подробное описание принципов работы асинхронного генератора, ротора Бушера, познакомитесь с теорией ротора с двойной клеткой, узнаете о нестационарных процессах и многое другое. Автор считает своим долгом выразить благодарность проф. М. П. Костенко, сделавшему ряд ценных указаний в отношении четвертого издания книги. Проф. В. А. Толвинского автор благодарит за критические указания относительно начальных глав книги. Автор также выражает свою благодарность инж. В. К. Красусскому, производившему примерный расчет двигателя на 42 kW, и т. Ванкевичу Л. В., рассчитавшему для примера двигатель на 15 kW

ISBN 978-5-458-24769-6

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2023

© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2023

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первоизданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.



Серия Книжный Ренессанс

www.samizday.ru/reprint

	Стр.
§ 33. Обмоточный коэффициент „распределения“ гладкой обмотки . . .	45
§ 34. Обмоточный коэффициент „распределения“ многофазной обмотки .	47
§ 35. Обмоточные коэффициенты высших гармоник	48
Глава IV. М. д. с. обмоток асинхронного двигателя	
§ 36. Кривая м. д. с. однофазной обмотки	49
§ 37. Разложение в ряд Фурье кривой м. д. с.	51
§ 38. Общее выражение для нахождения величин м. д. с. в любой момент времени (t) и в любой точке (x) окружности статора . . .	—
§ 39. Кривая м. д. с. для трехфазной обмотки	52
§ 40. Уравнение м. д. с. вращающегося поля для трехфазной обмотки	55
§ 41. М. д. с., создаваемая обмотками с большим числом пазов на полюс и фазу (q)	56
§ 42. М. д. с. равномерно распределенной трехфазной обмотки	57
§ 43. Многоугольник Гергеса	59
Глава V. Э. д. с., индуцированные в обмотках асинхронного двигателя	
§ 44. Магнитные потоки в асинхронном двигателе	60
§ 45. Э. д. с., индуцированные потоками рассеяния Φ_{s1} и Φ_{s2}	62
§ 46. Э. д. с., наводимые потоком Φ	—
Глава VI. Асинхронный двигатель как трансформатор	
§ 47. Ток ротора	64
§ 48. Изменение величины магнитного потока Φ	65
§ 49. Величина потока Φ	66
§ 50. Связь между ампервитками статора (AW_1) и ротора (AW_2) . . .	—
§ 51. Диаграмма ампервитков	67
§ 52. Диаграмма токов	68
§ 53. Коэффициент трансформации	—
§ 54. „Приведенные“ величины	69
§ 55. Аналогия между асинхронным двигателем и трансформатором . .	70
§ 56. Векторная диаграмма неподвижного двигателя	71
Глава VII. Явления, происходящие во вращающемся двигателе	
§ 57. Общее выражение крутящего момента	73
§ 58. Диаграмма ампервитков и токов вращающегося двигателя	74
§ 59. Скольжение и частота в роторе	77
§ 60. Зависимость между скольжением и э. д. с. фазного ротора . . .	—
§ 61. Ток фазного ротора в функции скольжения двигателя	78
§ 62. Эквивалентная схема для роторного тока	79
§ 63. Два вида векторной диаграммы э. д. с. и тока ротора	—
§ 64. Полная векторная диаграмма вращающегося двигателя	80
§ 65. Векторная диаграмма э. д. с. и потоков	81
Глава VIII. Ротор в виде беличьей обмотки (короткозамкнутый ротор)	
§ 66. Надежность беличьего ротора	82
§ 67. Электродвижущие силы и токи в беличьей обмотке ротора . . .	83
Глава IX. Асинхронный двигатель как универсальный преобразователь	
§ 68. Асинхронный двигатель как универсальный преобразователь . . .	85
§ 69. „Энергетическая“ диаграмма	—
§ 70. Мощность, подводимая к ротору вращающимся магнитным потоком (P_g)	86
§ 71. Механическая аналогия	87

Глава X. Крутящий момент

§ 72.	Полное выражение крутящего момента	88
§ 73.	Величина крутящего момента, выраженная в „синхронных ваттах“ (P_s)	89
§ 74.	Связь между величиной крутящего момента и джоулевыми потерями в обмотке ротора	—
§ 75.	Пусковой момент	90
§ 76.	Зависимость величины крутящего момента от величины магнитного потока	91
§ 77.	Влияние напряжения U на величину крутящего момента	—
§ 78.	Максимальная величина крутящего момента	92
§ 79.	Влияние величины активного сопротивления цепи ротора на величину пускового момента	93
§ 80.	Форма кривой крутящего момента	94
§ 81.	Связь между M_{\max} , M и скольжением s	—
§ 82.	Крутящий момент при малых скольжениях	96
§ 83.	Зависимость крутящего момента от частоты f_1 тока, питающего двигатель, и омического сопротивления цепи ротора r_2	—
§ 84.	Кривая начального момента вращения в функции сопротивления цепи ротора	97
§ 85.	„Гистерезисный“ момент	98
§ 86.	Местные магнитные потоки и явления „прилипания“	100
§ 87.	Мощность ротора (P_2) и скольжение (s)	101
§ 88.	Зубцовые поля и влияние их на форму кривой крутящего момента и на шум машины	102
	1. Зубцовые магнитные поля	—
	2. Крутящие моменты, создаваемые высшими гармониками	103
	3. Влияние числа зубцов ротора	104
	4. Порядок высших зубцовых гармоник	105
	5. Полюсное деление зубцовых гармоник	106
	6. Синхронный момент, вызываемый высшими гармониками	108
	7. Форма кривых крутящих моментов	111
	8. Шум в асинхронных машинах	112
	9. Общие замечания относительно выбора числа пазов в короткозамкнутом роторе	114
§ 89.	Влияние скоса пазов ротора на высшие гармоники	117

Глава XI. Потери и к. п. д.

§ 90.	Потери в асинхронном двигателе	117
§ 91.	Потери холостого хода	118
§ 92.	Перемагничивание железного цилиндра, вращающегося в постоянном магнитном поле	—
§ 93.	Перемагничивание железного ротора вращающимся потоком	119
§ 94.	Потери на гистерезис в статоре асинхронного двигателя	—
§ 95.	Формула для подсчета потерь на гистерезис	120
§ 96.	Вихревые токи, появляющиеся в железе ротора при его вращении	—
§ 97.	Потери на токи Фуко в железе статора	121
§ 98.	Формулы для подсчета потерь на токи Фуко	—
§ 99.	Формула для подсчета суммарных потерь железа	—
§ 100.	Потери на гистерезис и вихревые токи в сердечнике статора (индекс s)	122
§ 101.	Потери на гистерезис и вихревые токи в зубцах статора (индекс z)	123
§ 102.	Влияние механической обработки на потери в железе	124
§ 103.	Потери в железе ротора	—
§ 104.	Добавочные потери в железе	—
§ 105.	Потери в болтах	125

	Стр.
§ 106. Учет дополнительных потерь	126
§ 107. Нагрузочные потери	—
§ 108. Вихревые потери в меди статора и ротора	127
§ 109. Экспериментальное исследование явления „вытеснения тока“ (Опыты К. И. Шенфера и А. И. Москвитина)	128
§ 110. Форма кривых токов, текущих в проводах ротора	135
§ 111. Механические потери	137
§ 112. Потери на трение в подшипниках	—
§ 113. Потери на трение щеток о контактные кольца	138
§ 114. Вентиляционные потери	—
§ 115. Коэффициент полезного действия	—
§ 116. Кривые к. п. д.	139

Глава XII. Нагревание машин

§ 117. Влияние нагревания на продолжительность службы изоляции	140
§ 118. Изменение температуры нагрева электрической машины в функции времени	141
§ 119. Классификация изолирующих материалов	142
§ 120. Допускаемый нагрев машины	144
§ 121. Эмпирические формулы для подсчета перегрева машины	145
§ 122. Общее выражение для нахождения повышения температуры	—
§ 123. Повышение температуры железа статора	146
§ 124. Влияние вентиляционных прослоек на величину удельной поверхности охлаждения	147
§ 125. Нагрев меди статора	—
§ 126. Нагрев меди ротора	148
§ 127. Теплопроводность изолирующих и активных материалов	149
§ 128. Расчет вентилятора	150
§ 129. Машины „закрытого типа“	151

Глава XIII. Вывод круговой диаграммы

§ 130. Опыт	151
§ 131. Краткая история	—
§ 132. Простейшая цепь, имеющая круговую диаграмму	152
§ 133. Другой вид векторной диаграммы асинхронного двигателя	153
§ 134. Эквивалентная схема для векторной диаграммы согласно фиг. 143 (левый чертеж)	154
§ 135. Упрощенная схема замещения	156
§ 136. Токи короткого замыкания $I_{2k'}$ и $I_{2ki'}$	157
§ 137. Доказательство существования круговой диаграммы для полной схемы замещения	—
§ 138. Поправка на падение напряжения в статоре $I_0 X_1$	158
§ 139. Другой способ доказательства существования круговой диаграммы	159
§ 140. Опыт холостого хода и короткого замыкания	160
§ 141. Влияние магнитного насыщения на очертания „круговой диаграммы“	161

Глава XIV. Пользование круговой диаграммой

§ 142. Джоулевы потери на круговой диаграмме	162
§ 143. Подводимая мощность (P_1)	163
§ 144. Полезная мощность (P_2)	—
§ 145. Крутящий момент	164
§ 146. Физический смысл точки K_∞	165
§ 147. Физический смысл точки K	166
§ 148. Коэффициент мощности ($\cos \varphi$)	—
§ 149. Скольжение	—
§ 150. Построение круговой диаграммы	167
§ 151. Максимальная величина коэффициента мощности	168

Глава XV. Асинхронная машина как генератор

§ 152. Асинхронная машина как генератор	168
§ 153. Параллельная работа асинхронного генератора с сетью	170
§ 154. Самовозбуждение асинхронного генератора	172
§ 155. Асинхронная машина как электротормоз (вращение „против поля“)	173

Глава XVI. Пуск в ход многофазных асинхронных двигателей (при фазной обмотке ротора)

§ 156. Способ пускового реостата	175
§ 157. Крутящий момент при неподвижном двигателе	—
§ 158. Величина крутящего момента при вращении двигателя	—
§ 159. Пусковые реостаты	176
§ 160. Включение индуктивного сопротивления в цепь ротора	177
§ 161. Включение в цепь ротора реостата через средство трансформатора (метод „третичных“ токов Рюденберга)	178
§ 162. Метод дроссельной катушки с массивным железным сердечником	180
§ 163. Нестационарные процессы, происходящие в асинхронном двигателе в момент включения его обмоток на сеть	—
§ 164. Пусковые свойства двигателей с беличьим ротором	182

Глава XVII. Пуск в ход многофазных асинхронных двигателей (при короткозамкнутой обмотке ротора)

§ 165. Пуск в ход по методу пересоединения со звезды на треугольник	182
§ 166. Работа асинхронного двигателя при соединении его статора в звезду и треугольник	183
§ 167. Метод автотрансформатора	184
§ 168. Двигатель с двойным статором Бушера	185
§ 169. Двигатель Брункена (Brunken)	187
§ 170. Двигатель с двойной беличьей клеткой ротора	188
§ 171. Кривая крутящего момента двигателя с двойной клеткой	189
§ 172. Алюминиевая обмотка ротора. Глубокие пазы	190
§ 173. Другие модификации ротора Бушера	191
§ 174. Нагрев пусковой клетки	194
§ 175. Ротор в виде массивного железного цилиндра	—
§ 176. Пуск в ход больших асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором	196
§ 177. Двигатель Рихтера	197

Глава XVIII. Безреостатный пуск в ход асинхронных двигателей с фазным ротором по методу „противосоединения“

§ 178. Схемы Гергеса	198
§ 179. Токи ротора при второй схеме противосоединения (шестифазной)	199
§ 180. Величина коэффициента взаимоиндукции	201
§ 181. Коэффициент самоиндукции одной фазы ротора при его рабочем соединении	202
§ 182. Сдвиг фаз в роторе	—

Глава XIX. Другие методы противосоединения. Короткозамкнутый двигатель как наиболее распространенный тип

§ 183. Описание схемы противосоединения, предложенной автором	203
§ 184. Переключение обмотки ротора в рабочее положение	205
§ 185. Пуск в ход по методу противосоединения обмоток статора (Б. П. Апарова)	—
§ 186. Коэффициент эффективности пуска	206
§ 187. Сопоставление трех типов двигателей с короткозамкнутым ротором	—

§ 188. Наиболее распространенный тип асинхронного двигателя с безреостатным пуском	207
Глава XX. Краткая теория ротора с двойной беличьей клеткой и с глубоким пазом	
§ 189. Схема замещения для двигателя с двойной клеткой	208
§ 190. Токи в двойной клетке	209
§ 191. Отношение токов I_A/I_B в функции скольжения	210
§ 192. Векторная диаграмма э. д. с. и токов в роторе Бушера	211
§ 193. Сопротивления клеток ротора Бушера	213
§ 194. Зависимость активного и реактивного сопротивления ротора Бушера от скольжения	—
§ 195. Режим малых скольжений	215
§ 196. Режим больших скольжений	—
§ 197. Круги диаграммы тока двигателя с двойным беличьим ротором	217
§ 198. Полная диаграмма тока двигателя с двойным беличьим ротором	219
§ 199. Сопоставление свойств двигателей Бушера и с глубоким пазом	221
§ 200. Двигатель с глубоким пазом	—
Глава XXI. Однофазные асинхронные двигатели. Теория вращающихся в противоположные стороны полей	
§ 201. Общие свойства	224
§ 202. „Прямое поле“ и „инверсное“ поле	225
§ 203. Крутящий момент однофазного двигателя	—
§ 204. Кривые тока в роторе однофазного асинхронного двигателя	227
§ 205. Два спаренных многофазных асинхронных двигателя, магнитные потоки которых вращаются в противоположные стороны	228
§ 206. Крутящий момент агрегата, описанного в предыдущем параграфе	—
§ 207. Кривые момента однофазного асинхронного двигателя	230
Глава XXII. Однофазные асинхронные двигатели. Теория „поперечного“ поля	
§ 208. Потоки в статоре однофазного асинхронного двигателя при неподвижном и вращающемся роторе	230
§ 209. Эллиптическое вращающееся поле	232
Глава XXIII. Системы однофазных асинхронных двигателей	
§ 210. Начальный момент однофазного двигателя	233
§ 211. Метод Корсепиуса (Korsepilus)	—
§ 212. Двигатель Пунга (Punga)	234
§ 213. Схемы Тесла и Штейнметца (Tesla и Steinmetz)	236
§ 214. Конденсаторные асинхронные двигатели	239
Глава XXIV. Регулирование скорости асинхронных двигателей по методу изменения числа оборотов в минуту вращающегося поля	
§ 215. Скорость вращения магнитного потока	240
§ 216. Двигатель с двойной обмоткой в статоре	—
§ 217. Переключение обмотки на другое число полюсов	241
§ 218. Асинхронный двигатель с двойным ротором	242
Глава XXV. Каскадное соединение двух асинхронных двигателей	
§ 219. Регулирование скорости асинхронного двигателя путем включения в цепь ротора реостата	244
§ 220. Каскадное соединение двух асинхронных двигателей	245
§ 221. Скорость каскадного агрегата	246
§ 222. Распределение мощности между машинами каскадного агрегата	247
§ 223. Эквивалентная схема для каскадного соединения	248
§ 224. Ток холостого хода в статоре двигателя I	249

	Стр.
§ 225. Ток, текущий в статоре двигателя <i>I</i> при неподвижном агрегате	249
§ 226. Коэффициент мощности при каскадных схемах	250
§ 227. Явление Гегреса	—
§ 228. Явления, происходящие при каскадном соединении асинхронных двигателей с однофазным ротором	251
§ 229. Практическое значение схемы	257
§ 230. Каскадное соединение асинхронных двигателей с переключением числа полюсов	—
§ 231. Обзорная таблица каскадных схем	259
§ 232. Двухмоторная схема (для подъемников)	—
§ 233. Регулирование скорости по методу инверсного поля	261
Глава XXVI. Каскадное соединение асинхронных двигателей с коллекторными машинами	
§ 234. Краткая история	263
§ 235. Краткий обзор схем соединения	264
§ 236. Каскадное соединение асинхронного двигателя с машинами постоянного тока	—
§ 237. Схема Кремера с шестифазным конвертором	265
а) Устойчивость работы схемы Кремера	266
б) Схема Кремера с вольтодобавочной машиной	267
§ 238. Схема Шербиуса с машинами постоянного тока	—
§ 239. Различные виды каскадных соединений	268
§ 240. Каскадное соединение асинхронного двигателя с коллекторным при непосредственном механическом соединении (схема Кремера)	—
§ 241. Мощность каскадного агрегата по схеме Кремера	269
§ 242. Влияние характера возбуждения вспомогательного двигателя на работу агрегата	271
§ 243. Регулирование скорости при каскадном соединении асинхронного двигателя с шунтовым коллекторным двигателем	—
§ 244. Описание схемы Шербиуса	273
§ 245. Действие схемы	274
§ 246. „Энергетическая“ диаграмма схемы Кремера	—
§ 247. „Энергетическая“ диаграмма схемы Шербиуса	275
§ 248. Регулирование скорости ниже синхронной при схеме Шербиуса	—
§ 249. Сверхсинхронная скорость	277
§ 250. Переход через синхронизм	278
§ 251. Схема каскадного соединения, при которой возможен плавный переход главного двигателя через синхронную скорость	—
Глава XXVII. Компенсаторы сдвига фаз	
§ 252. Компенсаторы сдвига фаз с самовозбуждением	281
§ 253. Компенсатор Шербиуса	283
§ 254. Работа компенсатора с самовозбуждением при разных нагрузках главного двигателя	—
§ 255. Компенсаторы шунтового возбуждения	284
Глава XXVIII. Компенсированные асинхронные двигатели	
§ 256. Двигатель Гейланда (Heyland) завода Бергмана (Bergmann)	284
Глава XXIX. Синхронно-индукционные двигатели	
§ 257. Различные методы улучшения $\cos \varphi$ в асинхронных двигателях	286
§ 258. Синхронно-индукционные двигатели	—
§ 259. Круговая диаграмма синхронного индукционного двигателя	287
§ 260. Различные способы соединения обмотки ротора с возбудителем	288
§ 261. Синхронно-индукционный двигатель с автоматическим регулированием $\cos \varphi$	290
§ 262. Индукционная машина двойного питания	292

Глава XXX. Нестационарные процессы, происходящие в асинхронном двигателе при переходных режимах

§ 263. Внезапное включение на сеть асинхронного двигателя при разомкнутом роторе	294
§ 264. Внезапное включение статора асинхронного двигателя на сеть при закороченном роторе	296
§ 265. „Бросок“ тока при включении на сеть магнитно-насыщенного статора асинхронного двигателя	297
§ 266. Перенапряжения в обмотках асинхронных двигателей	298

Глава XXXI. Нормальные свойства асинхронных машин

§ 267. Нормальные свойства асинхронных машин	300
§ 268. Вес машины	301
§ 269. Серии асинхронных двигателей, построенных советскими заводами	302

Глава XXXII. Расчет асинхронного двигателя

§ 270. О математической неопределенности расчета электрических машин	307
§ 271. Расчетные варианты	—
§ 272. Главные размеры машины	310
§ 273. „Длинные“ и „короткие“ машины	311
§ 274. Расчетная длина (l_i)	—
§ 275. Коэффициент формы кривой поля (α_i)	312
§ 276. Величина магнитного потока	313
§ 277. Основное уравнение	—
§ 278. Физический смысл постоянной C ; удельное тяговое усилие	315
§ 279. Исследование основного уравнения	317
§ 280. Влияние B_1 и AS на размеры машины	318
§ 281. Влияние числа оборотов в минуту n_1	319
§ 282. Машинная постоянная	320
§ 283. Влияние выбора плотности тока на размеры машины	321
§ 284. Связь между величиной полюсного деления и мощностью машины	322
§ 285. Влияние быстроходности, величины B_1 и δ на ток холостого хода	—
§ 286. Выбор величины воздушного зазора (δ)	324
§ 287. Пример	—

Глава XXXIII. Железо и обмотки статора и ротора

§ 288. Расчет обмотки статора	325
§ 289. Число пазов статора и объем тока	327
§ 290. Связь между объемом тока I_n и линейной нагрузкой AS	—
§ 291. Число пазов на полюс и фазу в статоре (q_1)	328
§ 292. Ход расчета зубцов статора	—
§ 293. Ширина зубцов и пазов статора	329
§ 294. Очертание зубцов	330
§ 295. Выбор числа витков одной фазы w_2 роторной обмотки	—
§ 296. Число пазов в роторе (Z_2)	331
§ 297. Ток в фазе обмотки ротора	—
§ 298. Сечение проводов фазной обмотки ротора	332
§ 299. Расчет пазов и зубцов ротора	—
§ 300. Глубина паза h_n	—
§ 301. Величина магнитного потока	333
§ 302. Определение высоты железного сердечника статора и ротора	—
§ 303. Ротор с беличьей обмоткой	335
§ 304. Размеры роторных контактных колец и щеток	336

Глава XXXIV. Расчет магнитной цепи

§ 305. Величина тока холостого хода	337
§ 306. Участки магнитной цепи асинхронного двигателя	—
§ 307. Нахождение ампервитков для зубцов статора (AW_{zs})	—
§ 308. Ампервитки для зубцов ротора (AW_{zp})	339
§ 309. Ампервитки для воздушного зазора (AW_l)	—
§ 310. Ампервитки в сердечнике статора и ротора	340
§ 311. Суммарные ампервитки	341

Глава XXXV. Ток короткого замыкания

§ 312. Ток короткого замыкания	342
§ 313. Активное сопротивление обмотки статора	—
§ 314. Активное сопротивление фазной обмотки ротора	343
§ 315. Приведенная величина активного сопротивления фазной обмотки ротора	—
§ 316. Реактивное сопротивление обмотки статора и ротора	—
§ 317. Удельная магнитная проводимость паза	345
§ 318. Активное и реактивное сопротивления обмотки в виде беличьего колеса	346
§ 319. Приведенные значения активного и реактивного сопротивления обмотки ротора в виде беличьего колеса	347
§ 320. Другое выражение приведенного реактивного сопротивления беличьей обмотки	348

Глава XXXVI. Магнитные потоки рассеяния

§ 321. Потоки рассеяния в разных частях секции	349
§ 322. Магнитная проводимость паза λ_n	350
§ 323. Удельная магнитная проводимость потока рассеяния между головками зубцов (λ_z)	352
§ 324. Удельная магнитная проводимость потока рассеяния лобовых частей обмотки (λ_s)	355
§ 325. Расчет рассеяния торцевых или лобовых частей обмоток	356
§ 326. Суммарная удельная проводимость (λ)	357
§ 327. Влияние укорочения шага в двухслойных („американских“) обмотках на величину λ	358
§ 328. Приведенный реактанс обмотки ротора в виде беличьего колеса	—

Глава XXXVII. Конструкция асинхронных машин

§ 329. Общий вид	360
§ 330. Конструкция ротора	362
§ 331. Приспособление для короткого замыкания	363
§ 332. Асинхронный двигатель сварной конструкции	364
§ 333. Двигатель с независимой вентиляцией	365
§ 334. Двигатель для центрифуги	366
§ 335. Новый тип двигателя для работы под водой	—
§ 336. Системы вентиляции	367
§ 337. Ротор с увеличенным активным сопротивлением	368
§ 338. Асинхронные двигатели производства советских заводов	369
§ 339. Двигатели типа Бушери и с глубоким пазом производства советских заводов	376
§ 340. Некоторые технические данные, касающиеся асинхронных двигателей советского производства	381

Глава XXXVIII. Примерные расчеты

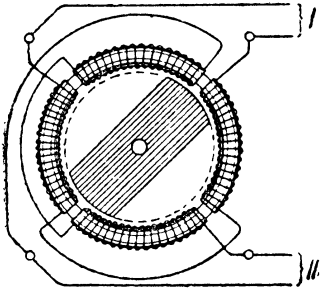
§ 341. Задание	381
§ 342. Задание	396
Основные буквенные обозначения встречающиеся в книге	406
Алфавитный указатель	408

ВВЕДЕНИЕ

§ 1. Краткий исторический обзор. Изобретение асинхронного двигателя приписывается проф. Галлилео Феррарису, который открыл (в 1885 г.) явление вращающегося магнитного поля.

На фиг. 1 показан схематически двигатель Феррариса, работающий на принципе вращающегося магнитного поля. Двигатель этот, однако, не получил на практике дальнейшего распространения, так как имел выступающие полюса и был весьма несовершенной конструкции.

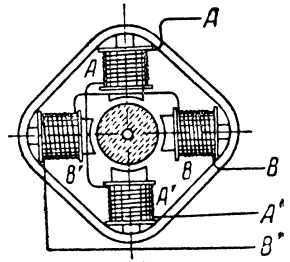
Год спустя (в 1886 г.) Тесла в Америке независимо от Феррариса также построил асинхронный двигатель. Статор этого двигателя в отличие от двигателя Феррариса имел уже более совершенную распределенную обмотку, однако его ротор был весьма примитивной конструкции, имея вместо обычной — в настоящее время цилиндрической — удлиненную форму, как показано на фиг. 2, что ухудшало свойства этого двигателя.



Фиг. 2. Схема двигателя Тесла.

Одним из первых, придавших асинхронному двигателю весьма конструктивную форму, является также Броун (С. E. Z. Brown), который на заводе Эрликон (Oerlikon) в Швейцарии в 1890 г. построил двигатель мощностью в 20 л. с. (фиг. 3).

В настоящее время мощность, на которую строятся асинхронные двигатели, колеблется в очень широких пределах, начиная от долей лошадиных сил и кончая многими тысячами киловатт.



Фиг. 1. Схема двигателя Феррариса с массивным железным ротором в виде цилиндра без обмотки.

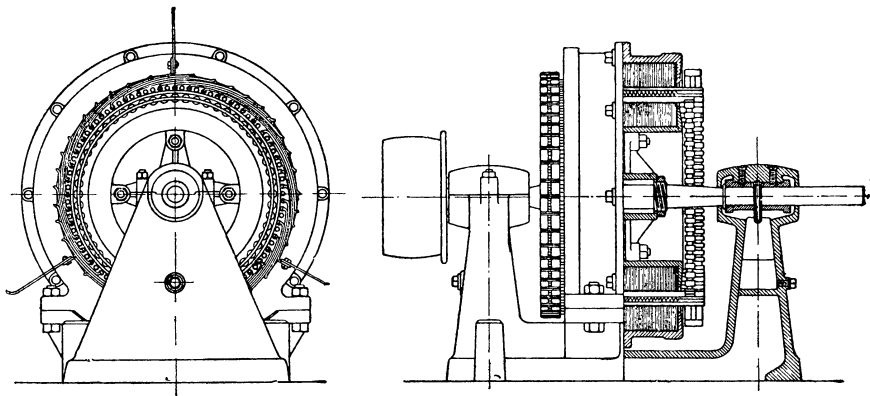
Доливо-Добровольский впервые (в 1890/91 г.) придал асинхронному двигателю законченную и весьма совершенную с конструктивной точки зрения форму, которая в общих чертах напоминает современные конструкции (равномерно распределенная обмотка в статоре и роторе и одинаковый воздушный зазор по всей окружности ротора).

Одним из первых, придавших асинхронному двигателю весьма конструктивную форму, является также Броун (С. E. Z. Brown), который на заводе Эрликон (Oerlikon) в Швейцарии в 1890 г. построил двигатель мощностью в 20 л. с. (фиг. 3).

В настоящее время мощность, на которую строятся асинхронные двигатели, колеблется в очень широких пределах, начиная от долей лошадиных сил и кончая многими тысячами киловатт.

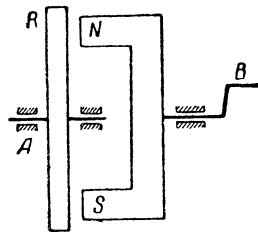
§ 2. Опыт Фарадея. Для выяснения тех принципов, на основании которых работает современный асинхронный двигатель, вспомним известный опыт Фарадея.

Расположение этого опыта показывает фиг. 4, на которой означают: R — медный диск с осью A , которая может вращаться в подшипниках; $N—S$ — постоянный магнит.



Фиг. 3. Асинхронный двигатель завода Эрликон 20 л. с. (1890 г.).

Если магнит $N—S$ при помощи ручки B будет приведен во вращение, то, как показывает опыт, медный диск R начнет увлекаться в сторону вращения магнита $N—S$. Последнее объясняется появлением в диске наводимых вращающимся магнитом $N—S$ токов Фуко, которые, взаимодействуя с магнитным полем $N—S$, служат причиной появления крутящего момента.



Фиг. 4. Диск Фарадея.

§ 3. Принцип действия современного асинхронного двигателя. Диск Фарадея, изображенный на фиг. 4, является прототипом современного асинхронного двигателя.

Современный асинхронный двигатель (фиг. 5, 6, 7) имеет в принципе такой же, как и в расположении Фарадея, вращающийся якорь R или ротор, как его обычно называют; вместо примитивной конструкции с вращающимся магнитом $N—S$ Фарадея асинхронный двигатель имеет неподвижный статор S (фиг. 5), в котором вращение магнитного потока осуществляется более совершенным, описанным ниже образом. К статору современного асинхронного двигателя подводится электрическая энергия, обычно в виде многофазного тока.

Этот многофазный ток, обтекая обмотки статора S (фиг. 8), создает так называемое вращающееся магнитное поле Φ ; последнее, пересекая провода обмотки ротора R , наводит в них токи I_2 ; токи I_2 ,