

Копняев Павел Петрович

**Динамомашины постоянного
тока. Их теория, испытание,
конструкция и расчет**

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 82-3
ББК 84-4
П12

П12 **Павел Петрович К.**
Динамомашины постоянного тока. Их теория, испытание, конструкция и расчет / Копняев
Павел Петрович – М.: Книга по Требованию, 2024. – 302 с.

ISBN 978-5-519-90262-5

ISBN 978-5-519-90262-5

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2024
© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2024

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.

ОГЛАВЛЕНИЕ.

I. Индукція въ якорѣ генератора.

	Стр.
Составныя части динамомашинъ.....	1
Дѣйствіе коллектора.....	2
Распредѣленіе силовыхъ линій.....	7
Средняя э. д. сила якоря.....	10
Многополюсныя машины.....	12
Поле якоря.....	14
Коммутация тока.....	16
Размагничивающіе обороты якоря.....	19

II. Обмотка якоря.

Изображеніе обмотки.....	21
Формула обмотки.....	23

Кольцевой якорь.

Двуполусный якорь.....	27
Многополюсный якорь съ параллельнымъ соединеніемъ.....	29
Многополюсный якорь съ послѣдовательнымъ соединеніемъ...	31

Барабанная обмотка.

Двуполусный якорь съ петлевой обмоткой.....	32
Волновая обмотка.....	35
Обмотка въ два слоя.....	36
Уменьшеніе и увеличеніе пропуска.....	37

Многополюсный якорь съ параллельнымъ соединеніемъ.

Петлевая обмотка.....	38
Волновая обмотка.....	41

IV

Многополюсный якорь съ послѣдовательнымъ соединеніемъ.

Производство обмотки.....	42
Общіе выводы.....	43

III. Магнитная цѣпь машинъ.

Независимое возбужденіе.....	45
Принципъ самовозбужденія.....	46
Формы магнитовъ.....	51
Двуполусные индукторы.....	52
Многополюсные индукторы.....	53
Расчетъ возбужденія машины.....	54
Амперобороты для воздушнаго слоя.....	58
Амперобороты для зубцовъ.....	62
Амперобороты для якоря.....	62
Потокъ утечки.....	63
Амперобороты для магнитовъ.....	70
Кривая намагниченія машины.....	71

IV. Характеристики.

Раздѣленіе характеристикъ.....	73
Статическая характеристика.....	75
Вліяніе числа оборотовъ.....	76
Генераторъ съ независимымъ возбужденіемъ.....	77
Кривыя мощности.....	81
Сопротивленіе изъ характеристики.....	82
Свойства независимаго возбужденія.....	82
Послѣдовательное возбужденіе.....	83
Шунтовой генераторъ.....	85
Компаундъ-генераторъ.....	90

V. Потери въ генераторахъ.

Механическія потери.....	93
Электрическія потери.....	94
Потери отъ гистерезиса.....	97
Потери отъ токовъ Фуко.....	99
Нагрѣваніе магнитовъ и якоря.....	103
Коэф. полезнаго дѣйствія.....	105

VI. Электродвигатели.

Принципъ электродвигателя	109
Сдвигъ щетокъ. Реакція якоря.....	114
Вращающій моментъ. Число оборотовъ	115
Шунтовой моторъ	117
Регулированіе скорости. Запускъ.....	119
Моментъ вредныхъ сопротивленій.....	120
Свойство и примѣненіе шунтового мотора.....	124
Моторъ съ послѣдовательнымъ возбужденіемъ	125
Регулированіе скорости	129
Моментъ потерь.....	130
Снятіе кривой намагниченія	132
Свойство и примѣненіе серіесъ-мотора.....	136
Регулированіе скорости трамвайнаго мотора.....	137
Передача на разстояніе моторомъ съ послѣдовательнымъ воз- бужденіемъ	142

Глава VII.

Опредѣленіе отдачи динамомашинъ.

Электрическія потери	144
Способъ холостого хода	147
Способъ Гопкинсона	150
Способъ торможенія	151
Отдѣленіе потерь.....	154

Глава VIII.

Конструкція динамомашинъ.

Разслоеніе якоря.....	157
Вентиляція якоря	158
Закрѣвленіе барабаннаго якоря.....	159
Закрѣвленіе кольцевого якоря.....	161
Расчетъ ручекъ и стѣнокъ	162
Коллекторъ.....	163
Обмотка и ея изоляція.....	165
Расположеніе обмотки на гладкомъ якорѣ	167
Обмотка зубчатаго якоря.....	168

VI

Производство обмотки.....	171
Соединеніе съ коллекторомъ	174
Бандажи.....	174
Щетки и щеткодержатели.....	176
Щеточный рычагъ	178
Магниты.....	180
Рама.....	182
Валь.....	182
Цапфы.....	187
Подшипники.....	188

Глава IX.

Расчетъ динамомашинъ.

Обиця соображенія	191
Выборъ напряженія	192
Число оборотовъ.....	193
Число полюсовъ	193
Соединеніе якоря.....	194
Опредѣленіе діаметра и длины якоря.....	196
Потокъ и число проводниковъ	199
Условія безыскренной коммутаціи.....	201
Съченіе проводниковъ якоря.....	204
Размѣръ зубцовъ	206
Высота желѣза якоря.....	207
Коллекторъ и щетки	209
Магнитный остовъ	210
Возбужденіе холостого хода.....	213
Возбужденіе при нормальной нагрузкѣ.....	218
Расчетъ шунтовой обмотки	220
Расчетъ шунтового регулятора.....	222
Расчетъ послѣдовательной обмотки.....	227
Расчетъ смѣшанной обмотки.....	227
Нагрѣваніе якоря	230
Нагрѣваніе коллектора.....	231
Нагрѣваніе катушекъ.....	232
Характеристика.....	232
Оцѣнка проекта.....	233

VII

Глава X.

Описание и приблизительный расчетъ машинъ.

Машина Шуккерта на 6 KW	242
Повѣрочный расчетъ машины Шуккерта.....	243
Машина «Вольта» на 60 KW.....	251
Расчетъ машины «Вольта».....	254
Обозначенія	281
Алфавитный указатель.....	287

Поправки.

Благодаря спѣшности изданія, книга эта, въ началѣ не предназначенная для печати, содержитъ многочисленные недосмотры, которые слѣдуетъ исправить до чтенія.

Стран. 55 и 56 во всѣхъ формулахъ и въ текствѣ между равн. (6) и (7) слѣдуетъ, вмѣсто n поставить m — число витковъ обмотки въ отличіе отъ числа оборотовъ машины въ минуту.

» 57 строка 7 сверху вмѣсто 230 должно быть 290.

» 59 строка 12 сверху вмѣсто $\frac{a}{2}$ слѣдуетъ поставить $\frac{a}{4}$ и во всѣхъ выраженіяхъ этой страницы $b + \delta$ необходимо замѣнить черезъ $b + 2\delta$.

» 59 строки 4 и 8 снизу буква L должна быть замѣнена черезъ l_p .

» 60 строки 14, 15 и 16 сверху слѣдуетъ замѣнить:

Приравнивая эту величину проводимости наконечника съ дугою b_α , можемъ написать

$$\left\{ \frac{b}{\delta} + 2 \sum_1^n \frac{b_i}{\delta_i} \right\} l_\alpha = \frac{b_\alpha l_\alpha}{\delta},$$

откуда найдемъ приведенную величину b_α

$$b_\alpha = b + 2\delta \sum \frac{b_i}{\delta_i}.$$

» 60 строка 9 снизу вмѣсто $b + \delta$ вставить $b + 2\delta$.

» 61 строки 6, 7, 9 и 11 сверху вмѣсто t слѣдуетъ поставить t_1 — дѣленіе зуба по внѣшней окружности якоря.

» 62 строки 9, 10 и 19 сверху $b + \delta$ замѣнить $b + 2\delta$.

» 62 строка 11 снизу вмѣсто Z , поставить L .

- Стран. 63 строка 7 сверху вмѣсто Потекъ слѣдуетъ читать Потокъ.
- » 64 строки 6 и 7 снизу вмѣсто полюсныхъ слѣдуетъ поставить магнитныхъ.
- » 69 При вычисленіи потоковъ утечки F_4 и F_6 была допущена неправильность: эти потоки пропизываютъ обороты только одной катушки, а не двухъ, какъ всѣ остальные, поэтому во всѣхъ выраженіяхъ для F_4 и F_6 на этой страницѣ слѣдуетъ, вмѣсто X_0 , поставить $\frac{X_0}{2}$.
- » 69 строка 9 сверху вмѣсто $\frac{h_m}{l_m}$ надо поставить $\frac{l_m}{h_m}$.
- » 71 строка 13 сверху вмѣсто на магнитахъ слѣдуетъ читать: на одной парѣ магнитовъ.
- » 71 строки 13 и 14 снизу вмѣсто на возбуждающихъ ихъ катушечныхъ—надо поставить: на одной парѣ возбуждающихъ катушекъ, или, общіе, на томъ ихъ числѣ, черезъ которое замыкается одинъ потокъ F'_m . Полное же число ампероборотовъ на всѣхъ магнитахъ должно быть

$$X' = pX$$

и только въ тѣхъ случаяхъ, когда магнитная цѣпь замыкается черезъ одну катушку, какъ въ манчестерскомъ типѣ, магнитахъ Тюрн, а также для случая черт. 79,

$$X' = 2pX.$$

- » 71 строка 11 снизу вмѣсто X поставить: X или X' .
- » 78 и 79 въ формулахъ для c вмѣсто $\tau - b$ слѣдуетъ поставить $\tau - b_x$.
- » 96 строка 3 снизу вмѣсто ея оборотовъ слѣдуетъ поставить: оборотовъ на одной парѣ магнитовъ.
- » 104 строка 10 снизу вмѣсто $\frac{(500 - 750)S_m}{p_m}$ слѣдуетъ поставить $\frac{(500 - 750)p_m}{S_m}$.
- » 105 строка 13 сверху вмѣсто $\frac{(400 - 550)S_a}{(p_a + p_h + p_f)(1 + 0,1v)}$ поставить $\frac{(400 - 550)(p_a + p_h + p_f)}{S_a(1 + 0,1v)}$.

Стран. 108 Таблицу лучше замѣнить слѣдующей:

Мощность въ KW	Отдача въ %	Мощность въ KW	Отдача въ %
0,5	68	30	89
1	75	40	90
2	80	50	90,5
5	84	100	91
10	86	500	93
20	88	1000	94

- » 117 строка 17 сверху вмѣсто $\frac{FMp}{2\pi \cdot 9,81 \cdot q}$ слѣдуетъ $\frac{FNp}{2\pi \cdot 9,81 \cdot q}$.
- » 187 всюду l слѣдуетъ замѣнить черезъ l_* .
- » 187 строка 2 снизу вмѣсто $p \leq 8 - 11 \text{ kg/cm}^2$ поставить $p = 4 - 8 \text{ kg/cm}^2$.

Табл. XXVIII чер. 233 вмѣсто m поставить b_1 и вмѣсто n — b_2 .

ГЛАВА I.

Индукція въ якорѣ генератора.

Составныя части динамомашинъ. Машинны, преобразующія механическую энергію вращательнаго движенія въ энергію электрическаго тока или обратно, носятъ общее названіе *динамомашинъ*; онѣ раздѣляются на *генераторы*, которые превращаютъ механическую энергію въ электрическую, и на *моторы* или *электродвигатели*, служащіе для обратнаго преобразования энергіи электрическаго тока въ механическую работу.

Принципъ дѣйствія генераторовъ основанъ на явленіи электромагнитной индукціи: во всякомъ проводникѣ, который при движеніи въ магнитномъ полѣ перерѣзаетъ его силовыя линіи, индуцируется электродвижущая сила, и если проводникъ замкнуть, то по нему будетъ протекать электрическій токъ; та часть генератора, въ которой происходитъ индукція, наз. *якоремъ*. По закону Ленца при движеніи въ полѣ проводника въ немъ индуцируется токъ такого направленія, что его взаимодѣйствіе съ магнитнымъ полемъ препятствуетъ передвиженію, а потому на вращеніе якоря генератора должна быть затрачена работа. Смотря по тому, сохраняетъ ли токъ, возбужденный генераторомъ, постоянное направленіе во внѣшней цѣпи, или же это направленіе мѣняется періодически, — генераторы бываютъ постояннаго тока и переменнаго или *альтернаторы*.

Въ моторахъ происходитъ обратное явленіе: если по проводнику, находящемуся въ магнитномъ полѣ, протекаетъ электрическій токъ изъ внѣшней цѣпи или же индуцированный подъ дѣйствіемъ поля, то въ силу закона Лапласа проводникъ придетъ въ движеніе; система такихъ проводниковъ и составляетъ *якорь* мотора. По характеру тока, питающаго моторъ, различаютъ двигатели постояннаго и переменнаго токовъ.

Здѣсь мы будемъ имѣть въ виду генераторы и моторы только постояннаго тока.

Изъ самаго принципа дѣйствія генераторовъ легко понять, что они должны имѣть двѣ существенныя части: *индукторы* M (чер. 1), назначеніе которыхъ возбуждать магнитное поле, и *якорь* A , представляющій собой желѣзный сердечникъ, обмотанный проводниками, въ которыхъ индуцируются э. д. силы. Въ качествѣ индукторовъ иногда употребляются постоянныя магниты; подобные генераторы наз. *магнитоэлектрическими машинами*. Чаше индукторами служатъ электромагниты, получающіе свое возбужденіе отъ посторонняго источника—генераторы съ независимымъ возбужденіемъ, или же токъ въ электромагниты доставляется самимъ генераторомъ—машины съ самовозбужденіемъ. Части магнитовъ, охватывающіи якорь, наз. *полюсными наконечниками*, а тонкій воздушный промежутокъ между ними и желѣзнымъ сердечникомъ якоря носитъ названіе *междужелѣзнаго пространства*.

При вращеніи въ полѣ индукторовъ проводниковъ якоря A (чер. 1) въ нихъ индуцируются э. д. силы, мѣняющія свое направленіе, и генераторъ простѣйшаго устройства будетъ доставлять переменный токъ. Для того чтобы получить во вѣнней цѣпи токъ постояннаго направленія, чтобы выпрямить индуцированный токъ, служить коллекторъ K , состоящій изъ изолированныхъ другъ отъ друга металлическихъ пластинъ, къ которымъ и присоединяются проводники якоря. По поверхности коллектора скользятъ щетки $ВВ$, принимающія токъ якоря. По формѣ якоря въ генераторахъ постояннаго тока раздѣляются на *кольцевые*, *барабанные* и *дисковые*.

Такимъ образомъ, въ генераторѣ, какъ и во всякой динамомашинѣ, замѣчаются двѣ цѣпи: 1) *магнитная цѣпь*, служащая проводникомъ для магнитнаго потока, возбужденнаго въ индукторахъ, и состоящая частью изъ желѣзныхъ сердечниковъ индукторовъ и якоря, частью изъ воздушнаго промежутка, въ которомъ движутся проводники якоря; 2) *электрическая цѣпь*, состоящая изъ проводниковъ якоря и вѣнней цѣпи; связующимъ звеномъ между этими послѣдними служатъ коллекторъ и щетки.

Дѣйствіе коллектора. Пусть въ однородномъ магнитномъ полѣ, которое можно предположить созданнымъ двумя полюсами магнитовъ N и S , около оси, перпендикулярной къ направленію силовыхъ линий, вращается кольцо (чер. 2), приготовленное изъ немагнитнаго матеріала, напр., дерева, а потому не измѣняющее расположенія силовыхъ линий поля; на кольцо расположено одинъ оборотъ проводки, который при вращеніи будетъ занимать различныя положенія: