



В ПОМОЩЬ РАДИО ЛЮБИТЕЛЮ

С. П. САГАРДА

РАСЧЕТ
КАТУШЕК

РАДИОИЗДАТ · 1936

С. П. САГАРДА

РАСЧЕТ КАТУШЕК



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
ПО ВОПРОСАМ РАДИО
МОСКВА 1936

Шифр - 05

$$\frac{31}{30} = 0$$

$$\frac{25055}{40}$$

Ответственный редактор Г. Гин
Техн. редактор М. Забелински
Корректор Л. Шмидевич

Сдано в производство 5 августа 1936 г.
Подписано к печати 22 сентября 1936 г.
Объем $\frac{3}{4}$ печ. л. = 0,68 авт. л. Формат 62x94 см
Тираж 25000 экз. Уполн. Главлита № Б-20567
Радиоиздат. № 116 Зак. тип. № 1512

1-я журн. тип. ОНТИ НКТП СССР
Москва, Денисовский пер., 30.

$$\frac{3140}{79}$$

$$\frac{50 \cdot 5,28}{2140} \quad P = 2700$$

$$d = \frac{10 \cdot 5700}{4} = 1425$$

$$\frac{314}{50} = 6,28$$

$$\frac{4}{5} \cdot \frac{1}{2} = 0,4$$

$$\frac{25700}{13} = 1977$$

$$1,3$$

РАСЧЕТ КАТУШЕК

Определение величины необходимых коэффициентов самоиндукции и взаимной индукции не представляет для радиолюбителя затруднений (часто встречается в несложных формулах). Более конкретной (хотя и более трудной) радиолюбительской задачей является конструктивный расчет катушек с заданными коэффициентами. Этот расчет должен включать определение формы и габаритов катушки, числа витков, диаметра провода намотки.

В данном плакате мы рассмотрим зависимости, существующие между всеми этими величинами.

ОДНОСЛОЙНЫЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ КАТУШКИ

Расчет индуктивности однослойной цилиндрической катушки удобнее всего производить по следующей упрощенной формуле, не требующей никаких вспомогательных таблиц и графиков:

$$L = \frac{10Dn^2}{l + 0,44D} \quad (1)$$

Здесь L — индуктивность катушки в см,
 D — диаметр катушки в см (рис. 1),
 l — длина намотки в см (рис. 1),
 n — число витков.

На практике часто приходится определять число витков по заданной индуктивности и габаритам катушки. В этом случае следует пользоваться формулой:

$$n = \sqrt{\frac{L \cdot \left(\frac{l}{D} + 0,44\right)}{10D}} \quad (2)$$

Значения те же, что и для формулы 1.

Необходимый диаметр провода (в миллиметрах с изоляцией) для сохранения заданных габаритов легко определяется как частное $\frac{l}{n}$ (l — в миллиметрах).

Если у катушки отношение $\frac{D}{l}$ больше 5, то в этом случае большую точность даст применение следующей формулы (Нагаока)

$$L = \frac{n^2 D^2 \pi^2 K}{l}, \quad (3)$$

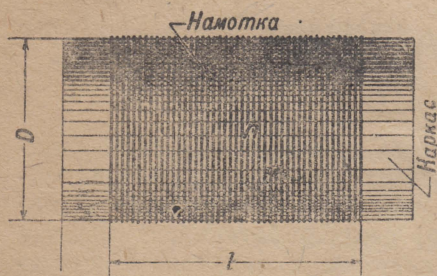


Рис. 1

где L — индуктивность в см,
 n — число витков,
 D — диаметр катушки в см (рис. 1),
 l — длина намотки в см,
 K — поправочный коэффициент, значение которого берется из таблицы 1 в зависимости от соотношения $\frac{D}{l}$.

Таблица 1

$\frac{D}{l}$	K	$\frac{D}{l}$	K	$\frac{D}{l}$	K	$\frac{D}{l}$	K
0,02	0,992	0,38	0,857	0,85	0,723	4,5	0,341
0,04	0,983	0,4	0,850	0,9	0,711	5	0,320
0,06	0,975	0,45	0,834	0,95	0,7	6	0,285
0,08	0,967	0,5	0,818	1,0	0,688	8	0,237
0,1	0,959	0,55	0,803	1,5	0,595	10	0,203
0,14	0,943	0,6	0,789	2,0	0,526	15	0,153
0,18	0,928	0,65	0,775	2,5	0,47	20	0,124
0,22	0,913	0,7	0,761	3,0	0,429	30	0,091
0,26	0,898	0,75	0,748	3,5	0,394	40	0,078
0,3	0,884	0,8	0,735	4,0	0,365	100	0,035
0,34	0,870	—	—	—	—	—	—

Число витков в этом случае находится по следующей формуле:

$$n = \sqrt{\frac{L \cdot l}{D^2 \pi^2 K}}. \quad (4)$$

Данные те же, что и для формулы 3.

КАТУШКИ МНОГОСЛОЙНОЙ НАМОТКИ

Большое разнообразие форм намотки многослойных катушек (сотовые, намотка кучей, галетные и пр.) не позволяет привести примеры расчета индуктивности для каждого случая в отдельности. Как показала практика, разница в индуктивности для разных форм намотки (при одинаковом числе витков и габаритах) незначительна и практически может не учитываться. Поэтому эмпирическим путем был выработан ряд формул, позволяющих производить расчет индуктивности для любой формы многослойной намотки.

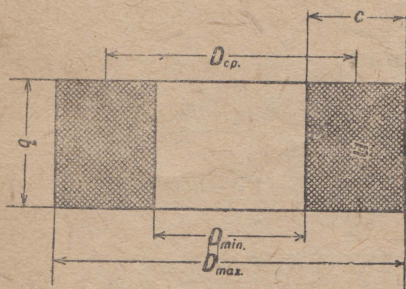


Рис. 2

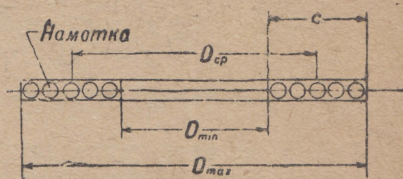


Рис. 3

Для катушки любого типа намотки, но имеющей габариты, указанные на рис. 2, индуктивность находится по формуле:

$$L = \frac{80D^2n^2}{3D + 9b + 10c}, \quad (5)$$

где L — индуктивность в см,

D — средний диаметр катушки ($D = \frac{D_{max} + D_{min}}{2}$) в см,

b — осевая длина намотки в см,

c — радиальная толщина намотки ($\frac{D_{max} - D_{min}}{2}$).

Формула для определения числа витков легко выводится из основной формулы 5 и имеет вид:

$$n = \sqrt{\frac{L(3D + 9b + 10c)}{80D^2}}. \quad (6)$$

Значения те же, что и в предыдущей формуле (5).

Подсчет индуктивности катушек, состоящих из ряда катушек галетного типа, может производиться по вышеприведенной формуле при условии, если галеты лежат вплотную, или же находятся на расстоянии не более 3—4 мм.

Общие габариты надо считать по крайним точкам всей катушки. В случае, если галеты отстоят друг от друга более, чем на 3—4 мм, индуктивность надо определять отдельно для каждой галеты (вышеприведенная формула) и общую индуктивность всей катушки через взаимную индукцию (см. ниже), в противном случае погрешность может достигать значительной величины.

В практике работы с коротковолновой аппаратурой часто приходится иметь дело с катушками спиральной формы намотки. Расчет индуктивности таких катушек производится по следующей эмпирической формуле:

$$L = \frac{100D^2n^2}{40D + 11c}, \quad (7)$$

где L — индуктивность катушки в см,

n — число витков,

D — средний диаметр в сантиметрах $\left(\frac{D_{\max} + D_{\min}}{2}\right)$,

c — радиальная толщина намотки $\left(\frac{D_{\max} - D_{\min}}{2}\right)$.

Габариты этого типа катушки указаны на рис. 3.

Число витков спиральной обмотки находится по формуле:

$$n = \sqrt{\frac{L(40D + 11c)}{100D^2}}. \quad (8)$$

Значения те же, что и в формуле 7.

РАСЧЕТ ВЗАИМНОЙ ИНДУКЦИИ

При проектировании катушек с различными формами намотки (как, например, катушки колебательных контуров приемника и пр.) определение полной индуктивности не может производиться по одной из вышеприведенных формул. В таких случаях расчет ведется отдельно для каждой катушки согласно ее форме намотки, и общая индуктивность находится с учетом коэффициента взаимной индукции. Если одна катушка является продолжением другой (витки направлены в одну сторону), общая индуктивность определяется по формуле:

$$L_{\text{общ.}} = L_1 + L_2 + 2M, \quad (9)$$

где $L_{\text{общ.}}$ — полная индуктивность всей катушки,

L_1 и L_2 — индуктивность каждой части катушки,

M — взаимная индукция.

Определение взаимной индукции может быть рассмотрено для двух случаев:

а) для многослойной намотки, когда осевая длина катушки значительно меньше ее радиуса, и б) для намотки однослойной.

Разберем первый случай.

Как указано на рис. 4, находится расстояние между центрами катушек (точка $A-B$) — величина R_2 и расстояние между верхней точкой центра одной катушки и нижней точкой центра другой катушки (точки $B-C$) — величина R_1 . По отношению этих величин $\frac{R_2}{R_1}$ находится величина M_0 по таблице 2.

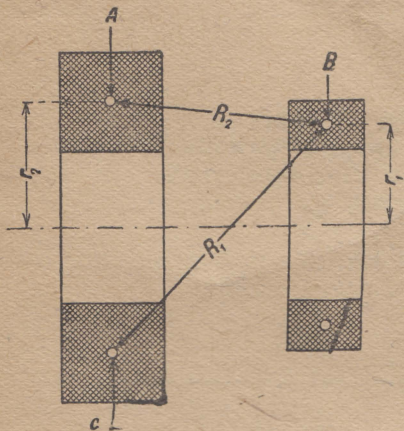


Рис. 4

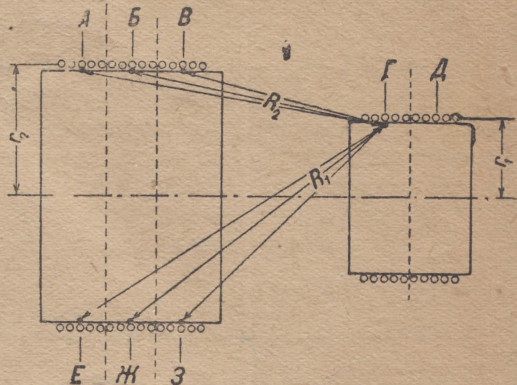


Рис. 5

Величина взаимной индукции определится формулой:

$$M = n_1 n_2 \sqrt{r_1 r_2} M_0, \quad (10)$$

где M — коэффициент взаимной индукции в см,

n_1 и n_2 — числа витков катушек,

r_1 и r_2 — средние радиусы катушек в см (рис. 4),

M_0 — величина, найденная в таблице 2 по отношению $\frac{R_2}{R_1}$.

Для однослойной намотки, когда осевая длина катушек больше их радиусов, необходимо по рис. 5 каждую из катушек разбить на несколько частей и найти центр каждой части (точки $A B B \dots$). Определение величины M_0 ведется, как и в первом случае, по таблице 2 через отношение $\frac{R_2}{R_1}$ для каждой части одной катушки с каждой частью другой. Полученные значения M_0 складываем и, поделив на число произведенных вычислений, получим величину M_x , которая и войдет в формулу 10 определения коэффициента взаимной индукции вместо M_0 .

Порядок расчета таков.

Находим M_0 для отношения расстояний $\frac{AG}{GE}$. К этой величине M_0 прибавляем M_0 , найденное для отношения $\frac{BG}{GЖ}$. К полученной

сумме прибавляем величину M_0 , найденную для отношения $\frac{B\Gamma}{ГЗ}$. Сюда же прибавляются величины M_0 , найденные для секции $Д$ в том же порядке, т. е. величины M_0 для отношений $\frac{AD}{ДЕ}$, $\frac{БД}{ДЖ}$ и $\frac{ВД}{ДЗ}$. Полученная сумма M_0 делится на число произведенных вычислений, в данном случае на 6, и полученная величина M_x подставляется в формулу 10, которая примет вид:

$$M = n_1 n_2 \sqrt{r_1 r_2} \cdot M_x. \quad (1)$$

Значения те же, что и в предыдущем случае.

Определение взаимной индукции для случая однослойной и многослойной катушек производится этим же способом, причем многослойная катушка на части не разбивается (в расчете участвует только один средний виток).

Точность вычислений будет тем больше, чем на большее число секций разбиваются катушки (при вычислениях M_0).

Таблица 2

$\frac{R_2}{R_1}$	M_0	$\frac{R_2}{R_1}$	M_0	$\frac{R_2}{R_1}$	M_0	$\frac{R_2}{R_1}$	M_0
1,00	0,00	0,81	0,675	0,35	7,266	0,10	21,48
0,99	0,01	0,78	0,865	0,30	8,895	0,09	22,77
0,98	0,022	0,75	1,075	0,25	10,79	0,08	24,20
0,97	0,038	0,72	1,310	0,20	13,28	0,07	25,84
0,96	0,059	0,69	1,570	0,19	13,87	0,06	27,73
0,95	0,0-2	0,66	1,860	0,18	14,49	,05	30,02
0,94	0,107	0,63	2,178	0,17	15,15	0,04	32,78
0,93	0,137	0,60	2,5-7	0,16	15,86	0,03	36,34
0,92	0,170	0,57	2,915	0,15	16,61	0,02	41,46
0,91	0,204	0,55	3,190	0,14	17,44	0,015	45,07
0,90	0,240	0,50	3,970	0,13	18,31	00,1	50,16
0,87	0,365	0,45	4,890	0,12	19,28	—	—
0,84	0,507	0,40	5,973	0,11	20,33	—	—

Поясним расчет практическим примером.

На одном каркасе диаметром 4 см намотаны две цилиндрические катушки с габаритами и расстоянием между ними по рис. 6. Разобьем намотку первой катушки на 3 равные части; вторую катушку делим на две части. Центральные точки секций обозначим буквами так же, как и для рис. 5.

Находим M_0 для отношения $\frac{A\Gamma}{ГЕ}$.

Расстояние от точки А до точки Г для заданных размеров рис. 6 составит 50 мм (R_2). Диаметр катушки 40 мм. Следова-

тельно расстояние от точки Γ до точки E (величина R_1) легко определится как гипотенуза прямоугольного треугольника.
Следовательно

$$R_1 = \sqrt{50^2 + 40^2} = 64 \text{ мм.}$$

Находим отношение

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{50}{64} = 0,78.$$

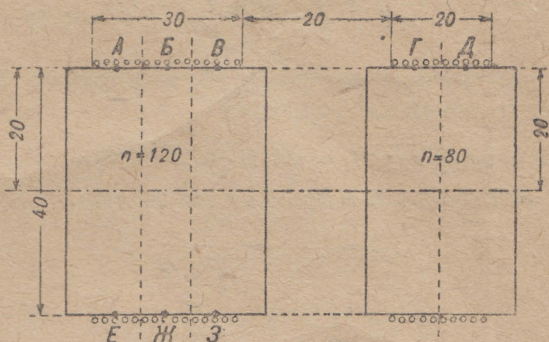


Рис. 6

Для этого отношения по таблице 2 находим $M_{01} = 0,865$.

Таким же образом находим M_{02} для соотношения $\frac{БГ}{ЖГ}$.

$$R_2 = БГ = 40 \text{ мм; } R_1 = ЖГ = \sqrt{40^2 + 40^2} = 56,5 \text{ мм.}$$

Отношение

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{40}{56,5} = 0,71; \quad M_{02} \cong 1,4.$$

Для точек ВГЗ:

$$R_2 = ВГ = 30 \text{ мм; } R_1 = ГЗ = \sqrt{30^2 + 40^2} = 50 \text{ мм.}$$

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{30}{50} = 0,6; \quad M_{03} = 2,53.$$

Переходим к секции Д.

$$R_2 = АД = 60 \text{ мм; } R_1 = ДЕ = \sqrt{60^2 + 40^2} = 72 \text{ мм.}$$

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{60}{72} = 0,83; \quad M_{04} = 0,55.$$

$$R_2 = БД = 50 \text{ мм}; R_1 = ДЖ = \sqrt{50^2 + 40^2} = 64 \text{ мм}.$$

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{50}{64} = 0,79; M_{08} = 0,77.$$

$$R_2 = ВД = 40 \text{ мм}; R_1 = ДЗ = \sqrt{40^2 + 40^2} = 56,5 \text{ мм}.$$

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{40}{56,5} = 0,71; M_{08} = 1,4.$$

Находим среднее для всех 6 значений M_0 :

$$M_x = \frac{0,865 + 1,4 + 2,53 + 0,55 + 0,77 + 1,4}{6} = 1,25.$$

Подставляем полученную величину M_x в формулу 10 определения коэффициента взаимной индукции

$$\begin{aligned} M &= n_1 n_2 \sqrt{r_1 r_2} \cdot M_x = 120 \cdot 80 \cdot \sqrt{2 \cdot 2} \cdot 1,25 = \\ &= 120 \cdot 80 \cdot 2 \cdot 1,25 = 24000 \text{ см или } 24 \text{ мкГн}. \end{aligned}$$

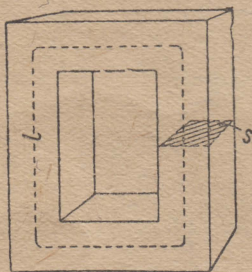


Рис. 7

РАСЧЕТ ИНДУКТИВНОСТИ КАТУШЕК С ЖЕЛЕЗНЫМ МАГНИТОПРОВОДОМ

Определение индуктивности катушки, имеющей замкнутый (без воздушного зазора) железный сердечник, можно производить по формуле:

$$L = \frac{N^2 \cdot S}{l \cdot A}, \quad (12)$$

где L — индуктивность катушки в генри,

N — число витков,

S — площадь поперечного сечения сердечника в кв. см.

l — средняя длина магнитного пути в железном сердечнике (рис. 7) в см.

A — коэффициент, который находится по таблице 3, в зависимости от силы подмагничивающего тока и числа витков, проходящихся

на 1 см длины магнитного пути (от так называемых ампервитков на сантиметр).

Таблица 3

$\frac{IN}{l}$	A	$\frac{IN}{l}$	A
0	65 000	1,75	165,000
0,25	80,000	2,00	180,000
0,50	95,000	2,25	190,000
0,75	110,000	2,50	210,000
1,00	125,000	2,75	220,000
1,25	135,000	3,00	240,000
1,50	155,000		

В этой таблице:

- I — сила постоянного тока (подмагничивания) в а,
- N — полное число витков катушки,
- l — средняя длина магнитного пути (рис. 7) в см.



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
ПО ВОПРОСАМ РАДИО (РАДИОИЗДАТ)

Г. Москва Петровка, 12.

Тел. 4-70-08 и 1-67-65.

**ВЫШЛИ ИЗ ПЕЧАТИ И ИМЕЮТСЯ НА СКЛАДЕ
РАДИОЛЮБИТЕЛЬСКИЕ СПРАВОЧНЫЕ ПЛАКАТЫ**

- Ю. Шнейдер. Основные формулы электрорадио-
техники.**
Радиоиздат, 1936. Тираж 25 000 экз. Цена 35 коп.
- А. Шевцов. Как испытывать радиодетали при по-
купке.**
Радиоиздат, 1936. Тираж 25 000 экз. Цена 35 коп.
- Ф. Бурдейный. Любительский коротковолновый пере-
датчик.**
Радиоиздат, 1936. Тираж 25 000 экз. Цена 35 коп.
- Г. Кюстанди. У. к. в.-передвижка.**
Радиоиздат, 1936. Тираж 25 000 экз. Цена 35 коп.
- К. Дроздов. Советские радиолампы.**
Выпуск I. Приемно-усилительные и маломощные генератор-
ные лампы постоянного тока.
Выпуск II. Выпрямительные и приемно-усилительные лампы
переменного тока.
Радиоиздат, 1936. Тираж каждого выпуска 25 000 экз. Цена
35 коп.
- А. Карпов. Низкочастотные трансформаторы и дрос-
сели.**
Радиоиздат, 1936. Тираж 25 000 экз. Цена 35 коп.
- А. Карпов. Фабричные силовые трансформаторы.**
Радиоиздат, 1936. Тираж 25 000 экз. Цена 35 коп.

**Требуйте во всех магазинах КОГИЗа. Наложным
платежом высылают магазин № 8 МОГИЗа: Москва,
Петровка, 15.**



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
ПО ВОПРОСАМ РАДИО (РАДИОИЗДАТ)

г. Москва, Петровка, 12.

Телеф. 4-70-08 и 1-67-65.

ИМЕЮТСЯ НА СКЛАДЕ КНИГИ

- Л. Р. Коллер. Физика электронных ламп**
Перевод с английского под редакцией инж. С. И. Гиршгорна. Радиоиздат, 1936 г., стр. 190. Рис. 67. Таблиц 15. Тираж 10 000 экз. Цена 2 р. 50 к.
- Л. В. Кубаркин. Путеводитель по эфиру на 1935 г.**
Радиоиздат, 1935 г. Стр. 84. Тираж 50 000 экз. Цена 1 рубль. Несмотря на издание прошлого года книжка не потеряла своей актуальности и на сегодняшний день.
- А. И. Халфин. Фотоэлементы и их применение**
Радиоиздат, 1936 г. Стр. 180. Рис. 129. Тираж 15 000 экз. Цена 2 р. 50 к.
- В. А. Зарва. Железный сердечник**
Радиоиздат, 1936 г. Стр. 104. Рис. 75. Тираж 20 000 экз. Цена 85 коп.

ВЫШЛИ ИЗ ПЕЧАТИ И ПОСТУПИЛИ В ПРОДАЖУ
НОВЫЕ КНИГИ

- И. Арденне. Электроионлучевые трубки и их применение в технике слабых токов**
Перевод с немецкого, под общей редакцией С. Катаева. Радиоиздат, 1936 г. Стр. 448. Рис. 499. Тираж 5 000 экз. Цена 12 руб.
- В. И. Архангельский. Телевидение**
Радиоиздат 1936 г. Стр. 244. Рис. 279. Тираж 15 000 экз. Цена 3 р. 50 к. Переплет 75 коп.
- В. А. Гуров. Основы дальновидения**
Радиоиздат, 1936 г. Стр. 372. Рис. 242. Тираж 6 000 экз. Цена 7 р. 50 к. Переплет 1 р. 50 к.
- Новые исследования нелинейных колебаний. Авторы** акад. Л. Н. Мандельштам, проф. Н. Д. Падалекен, проф. А. А. Андронов, проф. А. А. Витт, проф. Г. С. Горелин, проф. С. Э. Хайкин.
Радиоиздат 1936 г. Стр. 96. Рис. 78. Тираж 5 000 экз. Цена 2 р. 75 к.
- Г. Г. Гинкин. Закон Ома постоянного тока**
Радиоиздат, 1936 г. Стр. 112 + схема. Тираж 25 000 экз. Цена 1 руб.
- С. М. Герасимов. Как читать радиосхемы**
Радиоиздат, 1936 г. Стр. 148. Тираж 25 000 экз. Цена 1 р. 25 к.

Требуйте во всех магазинах МОГИЗа. Заказы о высылке наложенным платежом направлять по адресу: Москва, Петровка, 15, магазину № 8 МОГИЗа

Цена 25 коп.



СКЛАД ИЗДАНИЙ:
МОСКВА, ОРУЖЕЙНЫЙ ПЕР. 39