

## Кольцевые сердечники: ферритовые кольца Amidon

(С сайта компании Amidon, Inc)

Ферритовые кольца (ФК) выпускаются различных диаметров и проницаемостей, диапазон последних простирается от 20 до более чем 15000. ФК применяются в резонансных (колебательные контуры), широкополосных цепях (трансформаторы РЧ), также используются для подавления нежелательных (паразитных) колебаний. Промышленностью (в частности: фирмой Amidon, Inc.) предлагаются готовые ферритовые кольца диаметров от 0,23 до 2,4 дюйма (1 дюйм = 25,4 мм).

Ферритовые кольцевые сердечники удачно вписываются в большинство радиочастотных схем, а их относительно высокие коэффициенты проницаемости особенно хорошо подходят для получения больших значений индуктивности при минимальном количестве витков катушек, что благоприятно сказывается на габаритах, как самих катушек, так и устройств с их применением, в целом. (Здесь можно добавить ещё экономию цветных металлов, уменьшение сопротивления обмоток постоянному току, что приводит к уменьшению электрических потерь, возьмите, например, автомобильные фильтры помех и т. д. – UA9LAQ )

Существуют две основные группы ферритовых материалов:

1. с проницаемостью 20...800 класса никель-цинк;
2. с проницаемостью более 800, обычно, марганец-цинк.

**Никель-цинковые** кольцевые сердечники обеспечивают высокое объёмное сопротивление (high volume resistivity), умеренную температурную стабильность (moderate temperature stability) и высокую добротность (high 'Q' factor) в диапазоне частот от 500 кГц до 100 МГц. Они хорошо подходят для слаботочных (от слова "ток" – UA9LAQ), с большой величиной индуктивности резонансных схем. Низкая проницаемость этой группы сердечников позволяет применять их также для изготовления широкополосных трансформаторов.

**Марганец-цинковые** ферриты, имеющие проницаемости выше 800, обладают довольно низким объёмным сопротивлением и средней плотностью магнитного потока насыщения (moderate saturation flux density). Они обеспечивают высокую добротность на частотах 1...1000 кГц. Сердечники из ферритов этой группы широко используют в импульсных трансформаторах преобразователей питающего напряжения, работающих в диапазоне частот 20...100 кГц. Эти сердечники также очень полезны при подавлении нежелательных колебаний в диапазоне частот 20...400 МГц и выше.

Список ферритовых колец (фирмы Amidon, Inc. – UA9LAQ), включающий их физические размеры, значение AL и магнитные условия приведены ниже. Используйте данные значения AL и формулы для расчёта количества витков для получения заданной индуктивности:

$$N = 1000 \sqrt{\frac{\text{desired 'L' (mh)}}{A_L \text{ (mh/1000 turns)}}} \quad L(\text{mh}) = \frac{A_L \times N^2}{1,000,000} \quad A_L \text{ (mh/1000 turns)} = \frac{1,000,000 \times 'L' \text{ (mh)}}{N^2}$$

N = number of turns      L = inductance (mh)       $A_L$  = inductance index (mh)/1000 turns

где: N – количество витков; L – индуктивность (мГн);  $A_L$  – коэфф. индуктивности (мГн/1000 витков).

Чтобы повысить устойчивость к электрическому пробоя имеются покрытия колец из материалов F, J, W и H. Обычными покрытиями являются материал Parylene C, Gray Coating (серое покрытие) и Black Lacquer (чёрная лакировка). Покрытие Parylene C имеет толщину от 0,5 mils до 2 mils с напряжением пробоя 760 В. Покрытие Gray

coating с толщиной 4...8 mils пробивается напряжением 500 В. Покрытие Black Lacquer имеет толщину от 0.5 mils до 2 mils с таким же напряжением пробоя.

**MATERIAL 33** ( $\mu = 850$ ) – марганец-цинковый материал с малым объёмным сопротивлением. Используется для низкочастотных антенн в диапазоне частот 1...1000 кГц, изделия выпускаются только в виде стержней.

**MATERIAL 43** ( $\mu = 850$ ) – материал с высоким объёмным сопротивлением используется для средневолновых катушек и широкополосных (ШП) трансформаторов в диапазоне частот до 50 МГц. Оптимален для подавления колебаний частот 40...400 МГц. Выпускается в виде колец, бусин, многоапертурных сердечников ("бинокли") и изделий специальной формы для подавления паразитных колебаний в радиодиапазоне (RFI).

**MATERIAL 61** ( $\mu = 125$ ) – материал обеспечивает умеренную (среднюю) температурную стабильность и высокую добротность в диапазоне частот 0,2...15 МГц. Полезен при изготовлении ШП трансформаторов до 200 МГц и ослаблении (подавлении) колебаний частот выше 200 МГц. Выпускается в виде колец, штырей, шпулек (bobbins) и многоапертурных сердечников.

**MATERIAL 67** ( $\mu = 40$ ) – похож на материал 63 (описания его нет – UA9LAQ). Имеет большую величину плотности магнитного потока насыщения (greater saturation flux density) и очень неплохую температурную стабильность. Предназначен для высокочастотных катушек в диапазоне частот 10...80 МГц и ШП трансформаторов до 200 МГц. Выпускается только в виде колец.

**MATERIAL 68** ( $\mu = 20$ ) – имеет высокое объёмное сопротивление и отличную температурную стабильность. Предназначен для высокочастотных резонансных схем и РЧ катушек в диапазоне частот 80...180 МГц. Выпускается только в виде колец.

**MATERIAL 73** ( $\mu = 2500$ ) – изначально был предназначен для изготовления бусин. Имеет хорошее подавление колебаний в диапазоне частот 1...50 МГц. Выпускается в виде бусин и ШП многоапертурных изделий.

**MATERIAL 77** ( $\mu = 2000$ ) – имеет высокий уровень магнитного потока насыщения при высокой температуре. Низкий уровень потерь в сердечнике в диапазоне частот 1...1000 кГц. Предназначен для маломощных преобразователей и для ШП трансформаторов. Интенсивно используется для ослабления (подавления) в диапазоне частот 0,5...50 МГц. Выпускается в виде колец, горшков, Ш-образных сердечников, бусин, ШП сердечников для "балунов" и трубок. Выпущен для улучшения начально выпускавшегося материала 72, сердечники из которого ещё можно встретить в некоторых конфигурациях, в новых разработках следует использовать материал 77.

**MATERIAL 'F'** ( $\mu = 3000$ ) - имеет высокий уровень магнитного потока насыщения при высокой температуре. Предназначен для трансформаторов преобразователей напряжения. Хорошее подавление колебаний в диапазоне частот 0,5...50 МГц. Выпускается только в виде колец.

**MATERIAL 'J' /75** ( $\mu = 5000$ ) - имеет низкое объёмное сопротивление и низкие потери в материале сердечника в диапазоне частот 1...1000 кГц. Используется в импульсных трансформаторах и малосигнальных ШП трансформаторах. Прекрасное подавление колебаний в диапазоне 0,5...20 МГц. Выпускается в виде колец и бусин, горшков, RM, Ш и U сердечников.

**MATERIAL K** ( $\mu = 290$ ) – предназначен изначально для использования в линиях передачи в диапазоне частот 1...50 МГц. Выпускается в виде колец ограниченного ассортимента.

**MATERIALW** ( $\mu = 10,000$ ). – материал высокой проницаемости, предназначен для подавления колебаний частот 100...1000 кГц в фильтрах EMI/RFI. Также используется в ШП трансформаторах. Выпускается в виде колец, составляющих горшков, сердечников EP и RM.

**MATERIALH** ( $\mu = 15,000$ ). – материал с высокой проницаемостью предназначен для подавления колебаний частот ниже 200 кГц. Также используется в ШП трансформаторах. Выпускается только в виде колец.

#### Магнитные свойства ферритовых материалов

Тип материала	33	43	61	64	67	68	73
Начальная проницаемость	800	850	125	250	40	20	2500
Максимальная проницаемость	1380	3000	450	375	125	40	4000
Макс. Плотность потока, гаусс	2500	2750	2350	2200	3000	2000	4000
Остаточная намагниченность, гаусс	1350	1200	1200	1100	1000	1000	1000
Объёмное сопротивление, Ом/см	1 x 10 <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>5</sup>	1 x 10 <sup>8</sup>	1 x 10 <sup>8</sup>	1 x 10 <sup>7</sup>	1 x 10 <sup>7</sup>	1 x 10 <sup>2</sup>
Темп. Коэфф. -20°C - 70°C (%/°C)	.10%	1%	.15%	.15%	.13%	.06%	.80%
Фактор потерь	3 x 10 <sup>-6</sup> @.2MHz	120 x 10 <sup>-6</sup> @.1MHz	32 x 10 <sup>-6</sup> @2.5MHz	100 x 10 <sup>-6</sup> @2.5MHz	150 x 10 <sup>-6</sup> @50MHz	400 x 10 <sup>-6</sup> @0.1MHz	7 x 10 <sup>-6</sup> @0.1MHz
Коэрцитивная сила, эрстед(Oersteds)	.30	.30	1.6	1.4	3.0	10.	.18
Темп. Точки Кюри °C	150	130	350	210	500	500	160
Частоты для резонансного применения, МГц	.01 to 1 MHz	.01 to 1 MHz	.20 to 10 MHz	.05 to 4MHz	10 to 80MHz	80 to 180 MHz	1KHz to 1 MHz
Частоты ШП применения, МГц	1 to 30MHz	1 to 30MHz	10 to 200MHz	50 to 500MHz	200 to 1000MHz	.5 to 30MHz	.2 to 15MHz
Ослабление РЧ паразитных колебаний, МГц	20 to 80MHz	30 to 200MHz	30 to 10,000MHz	200 to 5,000MHz	Above 1000MHz	Above 10,000MHz	1 to 40MHz

*\* для маломощного применения с малыми размерами сердечников. Означенные частоты будут ниже на больших мощностях.*

Тип материала	77	83	F	J	K	W	H
Начальная проницаемость	2000	300	3000	5000	290	10,000	15,000

Максимальная проницаемость	6000	3600	4300	9500	400	20,000	23,000
Макс. Плотность потока, гаусс	4600	3900	4700	4300	330	4300	4200
Остаточная намагниченность, гаусс	1150	3450	900	500	250	800	800
Объёмное сопротивление, Ом/см	1 x 10 <sup>2</sup>	1.5 x 10 <sup>3</sup>	1 x 10 <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>2</sup>	20 x 10 <sup>7</sup>	.15 x 10 <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>2</sup>
Темп. Коэфф. -20°C - 70°C (%/°C)	.25%	.4%	.25%	.4%	.15%	.4%	.4%
Фактор потерь	4.5 x 10 <sup>-6</sup> @0.1MHz	50 x 10 <sup>-6</sup> @.1MHz	4 x 10 <sup>-6</sup> @0.1MHz	15 x 10 <sup>-6</sup> @0.1MHz	28 x 10 <sup>-6</sup> @1MHz	7 x 10 <sup>-6</sup> @10 KHz	15 x 10 <sup>-6</sup> @10KHz
Коэрцитивная сила, эрстед(Oersteds)	.22	.45	.20	.10	1	.04	.04
Темп. Точки Кюри °C	200	300	250	140	280	125	120
Частоты для резонансного применения, МГц	1KHz to 2MHz	1KHz to 5 MHz	1 KHz to 1 MHz	1 KHz to 1 MHz	0.1 KHz to 30MHz	1 KHz to 250 KHz	1 KHz to 150 KHz

Частоты ШП применения, МГц	.5 to 30 MHz	1 to 15MHz	.5 to 30MHz	1 to 15MHz	50 to 500MHz	1 KHz to 1 MHz	1 KHz to 1 MHz
Ослабление РЧ паразитных колебаний, МГц	1 to 40MHz	0.5 to 20MHz	1 to 20 MHz	0.5 to 10 MHz	200 to 5,000 MHz	100 KHz to 1 MHz	1 KHz to 500KHz
<i>* для маломощного применения с малыми размерами сердечников. Означенные частоты будут ниже на больших мощностях.</i>							

Material 43						Проницаемость 850	
Сердечник	Внешн. Ø, дм	Внутр. Ø, дм	Высота, дм	(cm)	Ae (cm) <sup>2</sup>	Ve (cm) <sup>3</sup>	AL Value mh/1000 turns
FT-23-43	0.230	0.120	0.060	1.340	0.021	0.029	188.000
FT-37-43	0.375	0.187	0.125	2.150	0.076	0.163	420.000
FT-50-43	0.500	0.281	0.188	3.020	0.133	0.401	523.000
FT-50A-43	0.500	0.312	0.250	3.680	0.152	0.559	570.000
FT-50B-43	0.500	0.312	0.500	3.180	0.303	0.963	1140.000
FT-82-43	0.825	0.516	0.250	5.260	0.246	1.290	557.000
FT-114-43	1.142	0.750	0.295	7.420	0.375	2.790	603.000

FT-140-43	1.400	0.900	0.500	9.020	0.806	7.280	952.000
FT-240-43	2.400	1.400	0.500	14.800	1.610	23.900	1240.000

Material 67							Проницаемость 40	
Сердечник	Внешн.Ø, дм	Внутр. Ø, дм	Высота, дм	(cm)	Ae (cm) <sup>2</sup>	Ve (cm) <sup>3</sup>	AL Value mh/1000 turns	
FT-23-67	0.230	0.120	0.060	1.340	0.021	0.029	7.800	
FT-37-67	0.375	0.187	0.125	2.150	0.076	0.163	19.700	
FT-50-67	0.500	0.281	0.188	3.020	0.133	0.401	22.000	
FT-50A-67	0.500	0.312	0.250	3.680	0.152	0.559	24.000	
FT-50B-67	0.500	0.312	0.500	3.180	0.303	0.963	48.000	
FT-82-67	0.825	0.516	0.250	5.260	0.246	1.290	22.400	
FT-114-67	1.142	0.750	0.295	7.420	0.375	2.790	25.400	
FT-140-67	1.400	0.900	0.500	9.020	0.806	7.280	45.000	
FT-240-67	2.400	1.400	0.500	14.800	1.610	23.900	50.000	

Material 77 (улучшенный 72 material)							Проницаемость 2000	
Сердечник	Внешн. Ø, дм	Внутр. Ø, дм	Высота, дм	(cm)	Ae (cm) <sup>2</sup>	Ve (cm) <sup>3</sup>	AL Value mh/1000 turns	
FT-23-77	0.230	0.120	0.060	1.340	0.021	0.029	396.000	
FT-37-77	0.375	0.187	0.125	2.150	0.076	0.163	884.000	
FT-50-77	0.500	0.281	0.188	3.020	0.133	0.401	1100.000	
FT-50A-77	0.500	0.312	0.250	3.680	0.152	0.559	1200.000	
FT-50B-77	0.500	0.312	0.500	3.180	0.303	0.963	2400.000	
FT-82-77	0.825	0.516	0.250	5.260	0.246	1.294	1170.000	
FT-114-77	1.142	0.750	0.295	7.420	0.375	2.783	1270.000	
FT-114A-77	1.142	0.750	0.545	7.420	0.690	5.120	2340.000	
FT-140-77	1.400	0.900	0.500	9.020	0.806	7.270	2250.000	
FT-240-77	2.400	1.400	0.500	14.400	1.570	22.608	3130.000	

Material 'F'							Проницаемость 3000	
Сердечник	Внешн. Ø, дм	Внутр. Ø, дм	Высота, дм	(cm)	Ae (cm) <sup>2</sup>	Ve (cm) <sup>3</sup>	AL Value mh/1000 turns	
FT-87A-F	0.870	0.540	0.500	5.420	0.315	1.710	3700.000	
FT-114-F	1.142	0.750	0.295	7.420	0.375	2.783	1902.000	

FT-150-F	1.500	0.750	0.250	8.300	0.591	4.905	2640.000
FT-150A-F	1.500	0.750	0.500	8.300	1.110	9.213	5020.000
FT-193-F	1.932	1.250	0.625	12.310	1.360	16.742	3640.000
FT-193A-F	1.932	1.250	0.750	12.310	1.620	19.942	4460.000

Material 'J' (75)							Проницаемость 5000	
Сердечник	Внешн.Ø, дм	Внутр. Ø, дм	Высота, дм	(cm)	Ae (cm) <sup>2</sup>	Ve (cm) <sup>3</sup>	AL Value mh/1000 turns	
FT-23-J	0.230	0.120	0.060	1.340	0.021	0.029	990.000	
FT-37-J	0.375	0.187	0.125	2.150	0.076	0.163	2110.000	
FT-50-J	0.500	0.281	0.188	3.020	0.133	0.401	2750.000	
FT-50A-J	0.500	0.312	0.250	3.680	0.152	0.559	2990.000	
FT-87-J	0.870	0.540	0.250	5.420	0.261	1.414	3020.000	
FT-87A-J	0.870	0.540	0.500	5.420	0.315	1.710	6040.000	
FT-114-J	1.142	0.750	0.295	7.420	0.375	2.783	3170.000	
FT-140A-J	1.400	0.900	0.590	9.020	0.806	7.270	6736.000	
FT-150-J	1.500	0.750	0.250	8.300	0.591	4.905	4400.000	
FT-150A-J	1.500	0.750	0.500	8.300	1.110	9.213	8370.000	
FT-193-J	1.500	1.250	0.625	12.310	1.360	16.742	6065.000	
FT-193A-J	1.932	1.250	0.750	12.310	1.620	19.942	7435.000	
FT-240-J	2.400	1.400	0.500	14.400	1.570	22.608	6845.000	
FT-337-J	3.375	2.187	0.500	Available on Request Only				

Material 'K'							Проницаемость 290	
Сердечник	Внешн.Ø, дм	Внутр. Ø, дм	Высота, дм	(cm)	Ae (cm) <sup>2</sup>	Ve (cm) <sup>3</sup>	AL Value mh/1000 turns	
FT-125-K	1.250	0.750	0.375	8.050	0.617	4.970	2,615.000	
FT-150A-K	1.500	0.750	0.500	8.300	1.110	9.213	1,508.000	
FT-200-K	2.000	1.200	0.500	12.900	1.290	16.641	5,353.000	
FT-240-K	2.400	1.400	0.500	14.400	1.570	22.608	4,912.000	

Material 'W'							Проницаемость 10000	
Сердечник	Внешн.Ø, дм	Внутр. Ø, дм	Высота, дм	(cm)	Ae (cm) <sup>2</sup>	Ve (cm) <sup>3</sup>	AL Value mh/1000 turns	
FT-50A-W	0.500	0.312	0.250	3.680	0.152	0.559	5936.000	
FT-87-W	0.870	0.540	0.250	5.420	0.261	1.414	6040.000	

FT-150A-W	1.500	0.750	0.500	8.300	1.110	9.213	16700.000
FT-193-W	1.932	1.332	0.625	12.310	1.360	16.742	11800.000
FT-240-W	2.400	1.400	0.500	14.400	1.570	22.608	13690.000

Material 'H'							Проницаемость 15000	
Сердечник	Внешн. Ø, дм	Внутр. Ø, дм	Высота, дм	(cm)	Ae (cm)2	Ve (cm)3	AL Value mh/1000 turns	
FT-23-H	0.23	0.12	0.06	1.34	0.021	0.029	2940	
FT-37-H	0.375	0.187	0.125	2.15	0.076	0.163	6590	

Amidon Inc.

240 Briggs Ave. Costa Mesa, California 92626 USA

Call Toll Free: 800-898-1883 or 714-850-4660 | Fax: 714-850-1163

Web: <http://www.amidoncorp.com/> | EMail: [sales@amidoncorp.com](mailto:sales@amidoncorp.com)

© Copyright Amidon, Inc.

**Свободный перевод с английского: Виктор Беседин (UA9LAQ)**  
**г. Тюмень декабрь, 2005 г**