



НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ ГАММАМЕТ

ОКП 12 6100

Группа Э-24



УТВЕРЖДАЮ:

Директор НПП «Гаммамет»
В.Я. Белозёров

« 16 » марта 2010 г.

МАГНИТОПРОВОДЫ РАЗРЕЗНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ ГАММАМЕТ

ТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ
ТУ 1261-032-12287107-2010

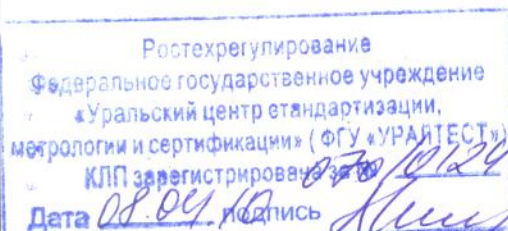
(взамен ТУ 494К-А032-005-97, ТУ 1261-013-12287107-98)

Срок действия с 8.04.2010
без ограничения

РАЗРАБОТАНЫ:

Заместитель директора
по технологии и качеству, к. ф.-м. н.
Ю.Н. Стародубцев

Начальник отдела электромагнитных
испытаний и метрологии
В.А. Зеленин



2010

1 Введение

1.1 Область применения

Настоящие технические условия распространяются на разрезные композиционные магнитопроводы ГАММАМЕТ (в дальнейшем – магнитопроводы), предназначенные для изготовления трансформаторов и реакторов различного назначения, работающих на частоте до 1 МГц.

1.2 Нормативные ссылки

В настоящих технических условиях использованы нормативные документы, которые представлены в приложении А.

1.3 Термины и определения

Термины и определения, используемые в настоящих технических условиях, соответствуют ГОСТ 17527, ГОСТ 18311, ГОСТ 19693 и приведены в приложении Б.

1.4 Общие сведения

Магнитопроводы изготавливаются из ленты магнитомягких аморфных или нанокристаллических сплавов с номинальной толщиной 25 мкм. Магнитопроводы поставляются двух типов: склеенными после резки с гарантированным уровнем эффективной магнитной проницаемости (типовое обозначение ГМ 54ДС) или в виде отдельных деталей (типовое обозначение ГМ 24ДС), которые собираются в одну конструктивную единицу у потребителя. Магнитопроводы поставляются после термической обработки. Поверх магнитопровода наносится покрытие. Магнитопроводы могут применяться взамен ферритов, прецизионных сплавов и электротехнической стали.

При заказе и в документации других изделий условное обозначение магнитопровода должно содержать обозначение типа, типоразмера и настоящих технических условий. Например, магнитопровод кольцевой ГАММАМЕТ 54ДС, класс по магнитной проницаемости 140, класс нагревостойкости А (105°С) в части применения электроизоляционных материалов, имеющий геометрические размеры по магнитному материалу: внутренний диаметр 20 мм, наружный диаметр 32 мм, высоту 10 мм по ТУ 1261-032-12287107-2010 имеет условное обозначение «магнитопровод ГМ 54ДС-140 К32х20х10 ТУ 1261-032-12287107-2010». Этот же магнитопровод класса нагревостойкости F (155°С) имеет условное обозначение «магнитопровод ГМ 54ДС-140 (F) К32х20х10 ТУ 1261-032-12287107-2010». На рисунке 1 представлена структура условного обозначения типа магнитопровода, а на рисунке 2 – структура условного обозначения типоразмера кольцевого магнитопровода.

На рисунках 3 и 4 показаны размеры П-образного ленточного магнитопровода ПЛ и П-образного овального ленточного магнитопровода ПОЛ без указания места реза. На рисунках 5 и 6 показаны размеры Ш-образного ленточного магнитопровода ШЛ и Ш-образного овального ленточного магнитопровода ШОЛ без указания места реза. Структура условного обозначения магнитопроводов ПЛ, ПОЛ и ШЛ, ШОЛ представлена на рисунках 7 и 8.

Пример условного обозначения магнитопроводов ГАММАМЕТ 24ДС: магнитопровод П-образный ленточный ГАММАМЕТ 24ДС, класс нагревостойкости А (105°С) в части применения электроизоляционных материалов, имеющий геометрические размеры по магнитному материалу: $a = 20$ мм, $b = 40$ мм, $c = 32$ мм, $h = 80$ мм по ТУ 1261-032-12287107-2010 имеет условное обозначение «магнитопровод ГМ 24ДС ПЛ20х40х80(40) ТУ 1261-032-12287107-2010».

При производстве магнитопроводов использованы патенты ООО «Научно-производственного предприятия «Гаммамет», список которых приведён в приложении В.

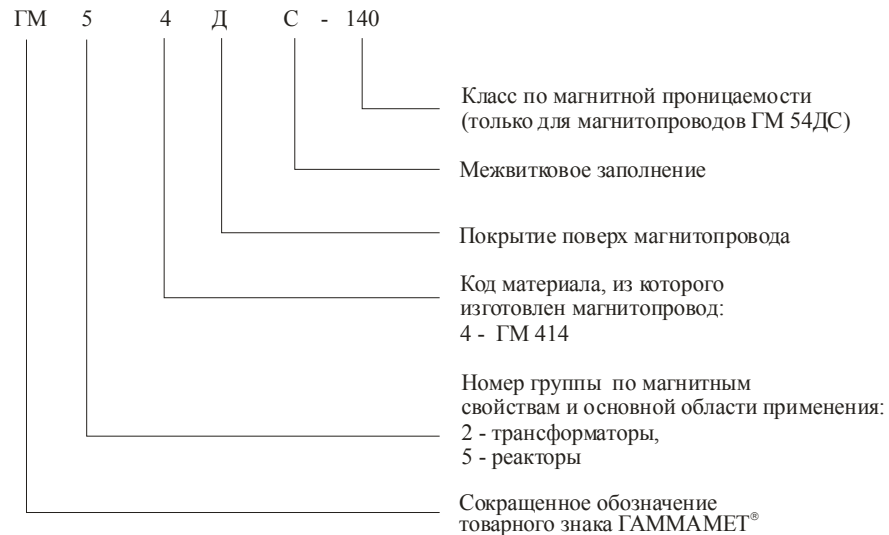


Рисунок 1 – Структура условного обозначения типа магнитопровода.

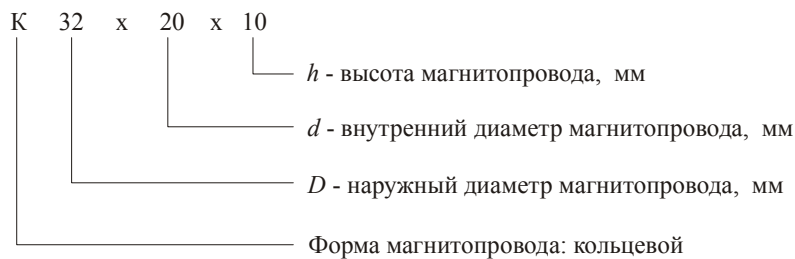


Рисунок 2 – Структура условного обозначения типоразмера кольцевого магнитопровода.

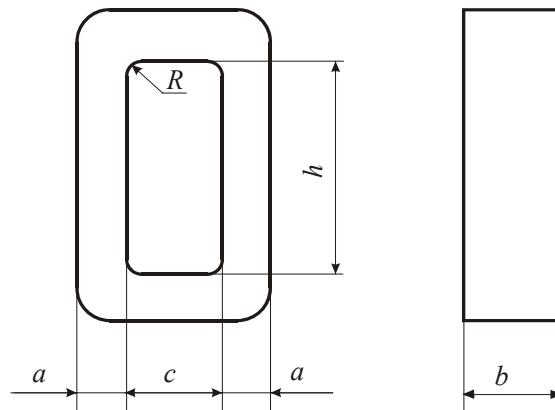


Рисунок 3 – Размеры П-образного магнитопровода ПЛ (место реза не указано).

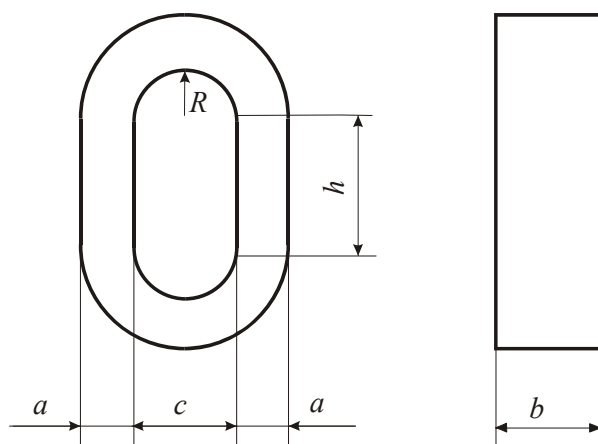


Рисунок 4 – Размеры П-образного овального ленточного магнитопровода ПОЛ, ($c = 2R$) (место реза не указано).

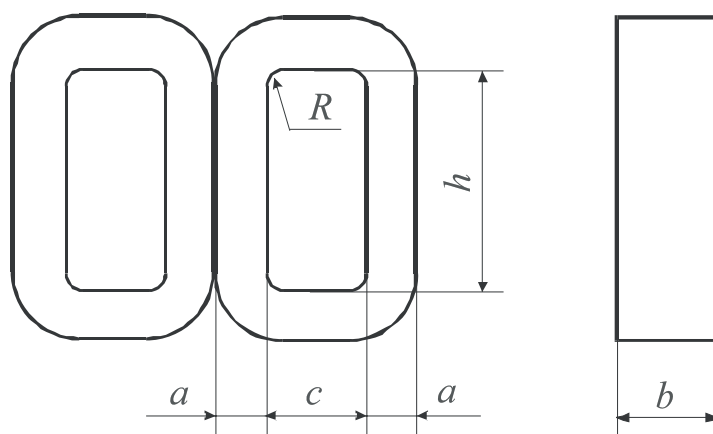


Рисунок 5 – Размеры Ш-образного ленточного магнитопровода ШЛ (место реза не указано).

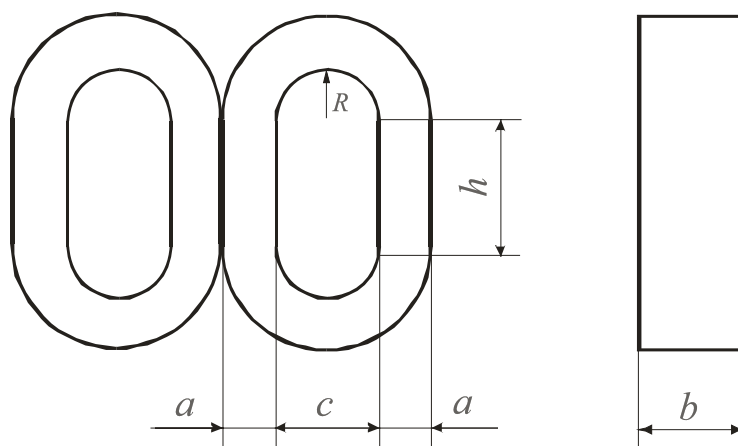


Рисунок 6 – Размеры Ш-образного овального ленточного магнитопровода ШОЛ, ($c = 2R$) (место реза не указано).



Рисунок 7 – Структура условного обозначения типоразмера магнитопроводов ПЛ и ПОЛ.



Рисунок 8 – Структура условного обозначения типоразмера магнитопроводов ШЛ и ШОЛ.

2 Технические требования

2.1 Основные параметры и характеристики

2.1.1 Магнитопроводы должны соответствовать требованиям настоящих технических условий.

Примечание – По согласованию с заказчиком допускается поставка магнитопроводов с другими гарантированными магнитными характеристиками.

2.1.2 Магнитные свойства магнитопроводов ГМ 54ДС при температуре $25 \pm 10^\circ\text{C}$ должны соответствовать требованиям таблицы 1. Типичные магнитные свойства магнитопроводов приведены в приложении Г.

Таблица 1 – Магнитные свойства магнитопроводов ГМ 54ДС

Класс магнитопровода	Начальная относительная магнитная проницаемость	
	номинальная	предельные отклонения
30	30	25÷35
40	40	35÷50
60	60	50÷75
90	90	75÷110
140	140	110÷170
200	200	170÷220
250	250	220÷290
350	350	290÷400
500	500	400÷600
700	700	600÷850
1000	1000	850÷1200

Примечание

1 В таблице приведены магнитные свойства композиционного материала отнесённые к единице номинального геометрического сечения или единице номинального объёма магнитопровода. В электротехнических расчётах коэффициент заполнения магнитопровода принимается равным 1.

2 Численное значение относительной магнитной проницаемости магнитопровода μ может быть не более значения, рассчитанного из формулы $\mu = 200S^{-0,39}l_{cp}$, где S – площадь поперечного сечения магнитопровода, m^2 , l_{cp} – средняя длина магнитной силовой линии магнитопровода, м.

2.1.3 Коэффициент индуктивности A_L магнитопроводов ГМ 24ДС с двумя резами (при испытании плотно сжатых в местах реза отдельных деталей магнитопровода) при температуре $25\pm 10^\circ C$ должен быть не менее численного значения, рассчитанного по формуле $A_L = 50\pi \cdot S^{0,61}$, где A_L – коэффициент индуктивности, мкГн, S – площадь поперечного сечения магнитопровода, m^2 . На магнитопроводе с четырьмя резами требование по коэффициенту индуктивности снижается в два раза, а на магнитопроводе с шестью резами – в три раза.

Примечание – Типичные магнитные свойства магнитопроводов ГМ 24ДС приведены в приложении Г. Магнитные свойства магнитопроводов ГМ 24ДС совпадают с магнитными свойствами магнитопроводов ГМ 54ДС, если они приведены к одинаковой действующей относительной магнитной проницаемости.

2.1.4 Предельные отклонения размеров магнитопроводов с покрытием от номинальных размеров магнитопровода должны соответствовать таблице 2 и 3.

Таблица 2 – Предельные отклонения высоты магнитопровода

Номинальная высота магнитопровода, мм не более	Предельное отклонение, мм
15	+2,0 -0,5
40	+2,8 -0,7
70	+3,6 -0,9
100	+4,4 -1,1
130	+5,5 -1,1
160	+6,3 -1,2
200	+7,1 -1,4

Таблица 3 – Предельные отклонения наружных и внутренних размеров магнитопроводов

Номинальный размер магнитопровода, мм не более	Предельные отклонения наружного размера, мм	Предельные отклонения внутреннего размера, мм
25	+3,4 -0,4	+0,4 -3,4
50	+3,6 -0,6	+0,6 -3,6
90	+3,8 -0,8	+0,8 -3,8
140	+4,0 -1,0	+1,0 -4,0
250	+4,5 -1,5	+1,5 -4,5
400	+4,8 -1,8	+1,8 -4,8
500	+5,0 -2,0	+2,0 -5,0
650	+5,5 -2,5	+2,5 -5,5
800	+6,0 -3,0	+3,0 -6,0
1000	+6,5 -3,5	+3,5 -6,5

Примечания

1 Предпочтительные размеры магнитопроводов: внутренний диаметр не менее 8 мм, наружный диаметр не более 1000 мм, высота – кратная 5 мм.

2 Допускается изготавливать магнитопроводы из отдельных деталей меньшей высоты.

3 Допускается поставка магнитопроводов без покрытия.

2.1.5 Номинальный внутренний радиус закругления в магнитопроводах ПЛ и ШЛ составляет $R = 3$ мм (рисунок 3 и 5).

Примечание – допускается поставка магнитопроводов ПЛ и ШЛ с другим внутренним радиусом закругления R .

2.1.6 Снижение массы магнитопроводов по сравнению с номинальной массой не должно превышать 5 %.

2.1.7 Магнитопроводы должны иметь класс нагревостойкости в части применения электроизоляционных материалов А (105°C) или F (155°C) в соответствии с ГОСТ 8865.

2.1.8 Вид климатического исполнения магнитопроводов должен быть УХЛ2 в соответствии с ГОСТ 15150.

2.1.9 Магнитопроводы должны выдерживать испытание на свободное падение с высоты 750 мм при массе магнитопровода менее 0,5 кг, с высоты 500 мм при массе магнитопровода 0,5–5 кг и с высоты 250 мм при массе магнитопровода более 5 кг.

2.1.10 Срок сохраняемости магнитопроводов составляет 30 лет.

2.1.11 Магнитопроводы безотказны в работе при соблюдении требований настоящих технических условий в течение всего срока службы. Срок службы магнитопроводов составляет 30 лет.

2.2 Комплектность

В комплект поставки входит партия магнитопроводов в упаковке и свидетельство о приёмке. Свидетельство о приёмке должно содержать в соответствии с ГОСТ 2.610 условное обозначение изделия, номер партии, количество магнитопроводов, подпись начальника ОТК, год, месяц, число.

2.3 Маркировка

Общие требования к маркировке по ГОСТ 18620. Сведения о магнитопроводе наносятся на этикетку упаковочной коробки. Маркировка на этикетке должна включать название предприятия изготовителя, условное обозначение магнитопровода в соответствии с настоящими техническими условиями, товарный знак ГАММАМЕТ, количество магнитопроводов, подпись упаковщика, год, месяц, число.

Примечание – Маркировка магнитопроводов производится по требованию заказчика. Состав маркировки определяется при заказе.

2.4 Упаковка

2.4.1 Общие требования к упаковке по ГОСТ 23216. Упаковка должна обеспечить сохранность магнитопроводов при транспортировании любым видом транспорта на любое расстояние. При транспортировании упаковка должна быть защищена от механических повреждений и попадания влаги.

2.4.2 Магнитопроводы укладываются в коробки. В каждую коробку укладываются магнитопроводы одного типоразмера. Не допускается укладка магнитопроводов «навалом».

Примечание – В отдельных случаях допускается укладка магнитопроводов разного типоразмера в одну коробку.

2.4.3 Коробки с магнитопроводами, а в некоторых случаях отдельные крупные магнитопроводы, укладываются в деревянные ящики в соответствии с ГОСТ 16511. Коробки и магнитопроводы закрепляются в ящике амортизационными материалами: поролоном, ватой, обрезками бумаги или другими материалами, обладающими амортизационными свойствами

2.4.4 Транспортная упаковка должна содержать манипуляционные знаки «Хрупкое. Осторожно», «Бережь от влаги» и «Верх» в соответствии с ГОСТ 14192.

3 Требования безопасности и охраны окружающей среды

3.1 Магнитопроводы не создают опасности в отношении пожаров, взрывов, радиации, воздействия химических и загрязняющих веществ.

3.2 Магнитопроводы не наносят вред окружающей природной среде, здоровью и генетическому фонду человека при испытании, хранении, транспортировании, эксплуатации и утилизации.

4 Правила приёмки

4.1 Для контроля качества и приёмки магнитопроводов проводят приёмо-сдаточные и периодические испытания в соответствии с ГОСТ 15.309.

4.2 Программа приёмо-сдаточных и периодических испытаний представлена в таблице 3.

Таблица 3 – Программа приёмо-сдаточных и периодических испытаний

Наименование испытаний и проверки	Необходимость проведения испытаний		Пункты	
	приемо-сдаточных	периодических	технических требований	методов испытаний
1 Испытания на соответствие магнитных свойств требованиям таблицы 1	+	–	2.1.2 2.1.3	5.1
2 Измерение размеров магнитопровода	+	–	2.1.4	5.3
3 Проверка на соответствие требованиям комплектности поставки, маркировки и упаковки	+	–	2.2 2.3 2.4	5.4
4 Испытание на устойчивость к воздействию климатических факторов	–	+	2.1.8	5.6
5 Испытание на свободное падение	–	+	2.1.9	5.7
6 Подтверждение срока сохраняемости	–	+	2.1.10	5.8
7 Подтверждение срока службы	–	+	2.1.11	5.8

Примечание – Знак «–» обозначает, что испытание не проводится, а знак «+» – испытание проводится.

4.3 Приёмо-сдаточным испытаниям подвергается каждый магнитопровод. Магнитопроводы предъявляются к приёмке партиями, состоящими из магнитопроводов одного типоразмера.

4.4 Периодическим испытаниям подвергаются три случайно выбранных магнитопровода каждого типа. Периодические испытания проводят не реже одного раза в три года.

5 Методы контроля

5.1 Магнитная проницаемость и коэффициент индуктивности определяются из результатов измерений индуктивности на частоте 1 кГц. Метод измерения приведён в приложении Е.

5.2 Масса магнитопровода измеряется на стандартных весах соответствующего класса точности.

5.3 Измерение размеров магнитопроводов проводят стандартным измерительным инструментом.

5.4 Проверку на соответствие требованиям комплектности поставки, маркировки и упаковки проводят визуальным осмотром. Внешний вид магнитопроводов проверяется сличением с образцами внешнего вида. Образцы внешнего вида потребителю не высылаются.

5.5 Класс нагревостойкости не проверяется. Соответствие гарантируется выбором материалов, имеющих заданный класс нагревостойкости.

5.6 Испытание на воздействие верхнего значения температуры среды при эксплуатации проводят по методу 201-1.2 согласно ГОСТ 16962.1. За верхнее значение температуры принимают значение, соответствующее классу нагревостойкости 105°C или 155°C. В зависимости от массы магнитопровод выдерживают при заданной температуре разное время: 2 часа при массе не более 2 кг, 3 час при массе 10 – 20 кг, 4 часа при массе 20 – 50 кг в соответствии с ГОСТ 16962.1. После испытания визуальным осмотром проверяется состояние покрытия и магнитные параметры согласно таблицы 1. Испытания на воздействие нижнего значения температуры не проводят. Соответствие гарантируется выбором материалов.

5.7 Испытание на свободное падение проводят методом 115-1 в соответствии с ГОСТ 16962.2. После испытания визуальным осмотром проверяется состояние покрытия и магнитные параметры согласно таблицы 1.

5.8 Подтверждение срока сохраняемости и срока службы проводят расчётным путём на основании сбора у потребителей информации о работе изделий, в которых используются магнитопроводы.

6 Транспортирование и хранение

6.1 Транспортирование магнитопроводов производится всеми видами закрытого и открытого транспорта в соответствии с действующими правилами перевозки грузов. При транспортировании коробки и ящики должны быть надёжно закреплены от возможных перемещений любыми способами. При транспортировании в открытом транспорте коробки и ящики должны быть покрыты водонепроницаемым материалом.

6.2 При хранении коробки и ящики с магнитопроводами должны находиться под навесом или в закрытом помещении при отсутствии в воздухе паров кислот и других агрессивных примесей. Не допускается хранение магнитопроводов «навалом». Не допускается укладка магнитопроводов по высоте более чем в три ряда, если их масса составляет 0,5 – 5 кг, и более чем в два ряда для массы магнитопроводов более 5 кг.

7 Указания по эксплуатации

7.1 При нанесении обмотки на магнитопровод натяжение провода регулируется так, чтобы не допустить ухудшение магнитных свойств за пределы требований настоящих технических условий.

7.2 Температурный режим сушки трансформаторов должен соответствовать заданному классу нагревостойкости магнитопроводов.

8 Гарантии изготовителя

8.1 Изготовитель гарантирует соответствие магнитопроводов требованиям настоящих технических условий при соблюдении условий эксплуатации, транспортирования и хранения, установленными настоящими техническими условиями.

8.2 Гарантийный срок хранения магнитопроводов 15 лет со дня изготовления.

8.3 Гарантийный срок эксплуатации магнитопроводов 15 лет со дня ввода в эксплуатацию в пределах гарантийного срока хранения.

Приложение А
(справочное)
Ссылочные нормативные документы

1. ГОСТ 2.610-2006 Единая система конструкторской документации. Правила выполнения эксплуатационных документов.
2. ГОСТ 15.309-98 Система разработки и постановки продукции на производство. Испытания и приёмка выпускаемой продукции. Основные положения.
3. ГОСТ 8865-93 Системы электрической изоляции. Оценка нагревостойкости и классификация.
4. ГОСТ 14192-96 Маркировка грузов.
5. ГОСТ 15150-69 Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды.
6. ГОСТ 16511-86 Ящики деревянные для продукции электротехнической промышленности. Технические условия.
7. ГОСТ 16962.1-89 Изделия электротехнические. Методы испытаний на устойчивость к климатическим внешним воздействующим факторам.
8. ГОСТ 16962.2-90 Изделия электротехнические. Методы испытаний на стойкость к механическим внешним воздействующим факторам.
9. ГОСТ 17527-2003 Упаковка. Термины и определения.
10. ГОСТ 18311-80 Изделия электротехнические. Термины и определения основных понятий.
11. ГОСТ 18620-86 Изделия электротехнические. Маркировка.
12. ГОСТ 19693-74 Материалы магнитные. Термины и определения.
13. ГОСТ 23216-78 Изделия электротехнические. Хранение, транспортирование, временная противокоррозийная защита, упаковка. Общие требования и методы испытаний.

Приложение Б
(справочное)
Термины и определения

Замкнутый магнитопровод – магнитопровод, в котором отсутствуют немагнитные зазоры вдоль направления основного магнитного потока.

Класс нагревостойкости – максимальная рабочая температура электротехнического изделия при номинальных условиях работы.

Кольцевой магнитопровод – магнитопровод в виде тела, образованного вращением прямоугольника вокруг оси, лежащей в плоскости этого прямоугольника.

Композиционный магнитопровод – магнитопровод, состоящий из нескольких материалов, один из которых является магнитным.

Коэффициент заполнения – безразмерная величина, равная отношению фактической массы магнитопровода к массе магнитопровода, рассчитанной по его геометрическим размерам и плотности материала.

Ленточный магнитопровод – магнитопровод, изготовленный навивкой из тонкой ленты магнитного материала.

Линейная петля магнитного гистерезиса – петля магнитного гистерезиса с коэффициентом прямоугольности не более 0,20.

Магнитная постоянная – постоянная μ_0 равная $4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м.

Магнитная система – часть электротехнического изделия, представляющая совокупность ферромагнитных деталей, которая предназначена для проведения в ней основной части магнитного потока.

Магнитопровод – магнитная система электротехнического изделия или совокупность нескольких ее частей в виде отдельной конструктивной единицы.

Номинальная масса магнитопровода – масса магнитопровода, рассчитанная для номинального размера и номинального коэффициента заполнения $k_3 = 0,7$.

Номинальные размеры магнитопровода – размеры магнитопровода, указанные в условном обозначении типоразмера.

Номинальный коэффициент заполнения – безразмерная величина, численно равная 0,7 для магнитопроводов из аморфных сплавов ГАММАМЕТ.

Разрезной магнитопровод – магнитопровод, имеющий по крайней мере один немагнитный зазор, который получают в результате резки замкнутого магнитопровода.

Сердечник – ферромагнитная деталь, на которой или вокруг которой расположена обмотка электротехнического изделия.

Средняя длина магнитной силовой линии магнитопровода – длина магнитной силовой линии l_{cp} соответствующая средней напряжённости магнитного поля H_{cp} при постоянной магнитодвижущей силы $F = H_{cp} \cdot l_{cp}$.

Температура Кюри – критическая температура, выше которой ферромагнитный материал становится парамагнитным.

Приложение В
(справочное)

Патенты, использованные при производстве магнитопроводов ГАММАМЕТ

1. Патент России № 2009257. Кл. С22С38/16. Приор. 20.11.91. Оpubл. 15.03.1994. Магнитомягкий аморфный сплав на основе железа.
2. Патент России № 2009258. Кл. С22С38/16, В22D11/06. Приор. 20.04.92. Оpubл. 15.03.1994. Магнитный сплав для отжига в окислительной среде и способ его производства.
3. Патент России № 2030956. Кл. В22D11/10. Приор. 20.11.91. Оpubл. 20.03.1995. Устройство для производства быстрозакаленной ленты.
4. Патент России № 2033649. Кл. H01F3/04, С22С38/16. Приор. 7.12.92. Оpubл. 20.04.1995. 1995. Ленточный сердечник из магнитного сплава на основе железа.
5. Патент России № 2038638. Кл. H01F3/04, 27/245. Приор. 11.01.93. Оpubл. 27.06.1995. Магнитопровод.
6. Патент России № 2041282. Кл. С22С38/16, H01F3/04. Приор. 1.01.93. Оpubл. 9.08.1995. Жесткий ленточный сердечник с высокой магнитной проницаемостью.
7. Патент России № 2044796. Кл. С22С38/16, H01F3/04. Приор. 11.01.93. Оpubл. 27.09.1995. Жесткий ленточный сердечник с высокой магнитной проницаемостью.
8. Патент России № 2117714. Кл. С22С38/16, H01F3/04. Приор. 6.03.95. Оpubл. 20.08.1998. Магнитный сплав и магнитопровод из этого сплава.
9. Патент России № 2191658. Кл. В22D11/06. Приор. 18.04.2000. Оpubл. 27.10.2002. Способ производства аморфной ленты.

Приложение Г
(справочное)

В таблице Г.1 представлены типичные свойства композиционных магнитопроводов ГМ 54ДС. Магнитные свойства магнитопроводов ГМ 24ДС совпадают с магнитными свойствами магнитопроводов ГМ 54ДС, если они приведены к одинаковой действующей относительной магнитной проницаемости. Для частотной области 3–200 кГц удельные магнитные потери P можно рассчитать по формулам $P = r_1 f^{1,48} B_m^{2,05}$ при максимальной магнитной индукции $B_m < 0,1$ Тл и $P = r_2 f^{1,48} B_m^{1,85}$ при максимальной магнитной индукции $B_m \geq 0,1$ Тл. В формулах частота f берётся в герцах (Гц), максимальная магнитная индукция B_m в теслах (Тл), а удельные магнитные потери P в ваттах на метр кубический (Вт/м³). Численные значения коэффициентов r_1 и r_2 приведены в таблице Г.1

Таблица Г.1 – Типичные магнитные свойства композиционных магнитопроводов ГМ 54ДС.

Магнитопровод	Начальная относительная магнитная проницаемость	Максимальная относительная магнитная проницаемость	Козрцитивная сила, А/м	Удельные магнитные потери (0,2Тл/20кГц) мВт/см ²	Удельные магнитные потери (0,05Тл/100кГц) мВт/см ³	Коэффициенты для расчета удельных магнитных потерь	
						r_1	r_2
ГМ 54ДС-1000	1000	1100	3	100	80	1,5	0,9
ГМ 54ДС-700	700	760		120	90	1,6	1
ГМ 54ДС-500	500	540		130	100	1,8	1,15
ГМ 54ДС-350	350	370		150	110	2,1	1,3
ГМ 54ДС-250	250	260		180	130	2,4	1,5
ГМ 54ДС-200	200	215		190	145	2,6	1,65
ГМ 54ДС-140	140	150		210	160	2,9	1,8
ГМ 54ДС-90	90	96	4	270	200	3,6	2,3
ГМ 54ДС-60	60	64		350	260	4,8	3
ГМ 54ДС-40	40	42		450	350	6,2	3,9
ГМ 54ДС-30	30	31		510	390	7	4,4

Примечания

1 В таблице приведены магнитные свойства композиционного материала отнесённые к единице геометрического сечения или единице объёма магнитопровода. В электротехнических расчётах коэффициент заполнения магнитопровода принимается равным 1.

2 Дополнительную информацию о магнитопроводах ГАММАМЕТ можно найти в книге Стародубцев Ю.Н., Белозёров В.Я. «Магнитные свойства аморфных и нанокристаллических сплавов». Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2003. 384 с. и на сайте www.gammamet.ru.

Приложение Е
(рекомендуемое)

Метод определения магнитной проницаемости

Магнитную проницаемость определяют измерением индуктивности магнитопровода на частоте 1 кГц с помощью автоматического измерителя индуктивности (моста) типа Е7-13, Е7-8 или другого аналогичного прибора. Измерительная обмотка наносится равномерно по всей длине магнитопровода. Для расчета относительной магнитной проницаемости μ используют формулу

$$\mu = \frac{L l_{\text{ср}}}{\mu_0 S w^2},$$

где L – индуктивность обмотки, (Гн)

μ_0 – магнитная постоянная, равная $4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м

w – число витков

$l_{\text{ср}}$ – средняя длина магнитной силовой линии магнитопровода, м

S – площадь поперечного сечения магнитопровода, м²

Коэффициент индуктивности представляет индуктивность обмотки, состоящей из одного витка провода, т. е. $A_L = L/w^2$.

В таблице Е.1 приведены геометрические параметры магнитопроводов типоразмеров К, ПЛ и ПОЛ.

Таблица Е.1 – Геометрические параметры магнитопроводов типоразмеров К, ПЛ и ПОЛ.

Величина	Формулы для вычисления величин в магнитопроводах		
	Кольцевой К	ПЛ	Овальный ПОЛ
Средняя длина магнитной силовой линии $l_{\text{ср}}$	$\pi \frac{D+d}{2}$	$2(h+c) + \pi a$	$2h + \pi(a+c)$
Эффективный внутренний диаметр магнитопровода $d_{\text{эф}}$	d	$\frac{2}{\pi}(h+c)$	$\frac{2h}{\pi} + c$
Площадь поперечного сечения магнитопровода S	$\frac{D-d}{2} h$	ab	ab
Объем магнитопровода V	$\frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} h$	$2ab \left(h + c + \frac{\pi}{2} a \right)$	$2ab \left[h + \frac{\pi}{2} (a+c) \right]$

Величина $d_{\text{эф}}$ представляет эффективный внутренний диаметр кольцевого магнитопровода, к которому приводится магнитопровод других типоразмеров. Средняя длина магнитной силовой линии соответствует случаю $D/d < 1,3$.

Полученное в результате измерений и расчетов численное значение относительной магнитной проницаемости приблизительно равно численному значению начальной относительной магнитной проницаемости.

