

1 Область применения

Настоящие технические условия (ТУ) распространяются на тороидальные ленточные магнитопроводы серии MSF из аморфного сплава на основе кобальта АМАГ 170 с высокой начальной магнитной проницаемостью, предназначенные для использования в качестве магнитной системы измерительных трансформаторов тока, устройств защитного отключения, дросселей синфазных фильтров и т.п.

Магнитопроводы, поставляемые по настоящим ТУ, должны соответствовать требованиям ГОСТ Р 55756 с дополнениями и уточнениями, установленными в соответствующих разделах настоящих ТУ.

Настоящие ТУ разработаны в соответствии с ГОСТ Р 55752.

Термины и определения – по ГОСТ Р 52002, ГОСТ 19693, ГОСТ 17527.

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Инд. № подл.	Подп. и дата	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------	--------------	--------------	------	------	----------	-------	------

3 Классификация, основные параметры и размеры

3.1 При изготовлении магнитопроводов используются аморфные ленты из магнитомягкого сплава АМАГ 170 (ТУ 6365-008-26002976).

Магнитопроводы изготавливаются негерметизированными в двух исполнениях: в алюминиевых или пластмассовых контейнерах.

Условное обозначение магнитопроводов в конструкторской документации:

КВШУ.684459.092 ТУ

Лист

3

Магнитопровод MSF □ - □□ □ - Т КВШУ.684459.089ТУ

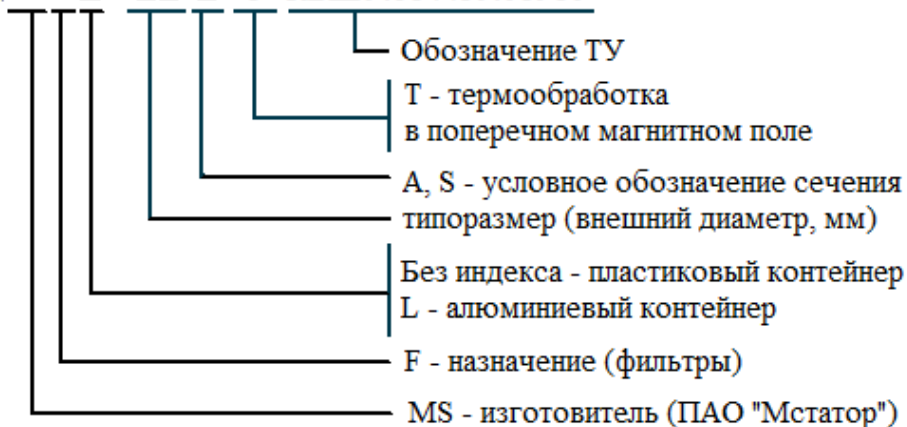


Рисунок 3.1 – Обозначение магнитопроводов.

Пример обозначения: «Магнитопровод MSF-12A-TH КВШУ.684459.092ТУ»,
 «Магнитопровод MSFL-07A-Т КВШУ.684459.092ТУ».

3.2 Обозначение габаритных размеров – в соответствии с рисунком 3.2.

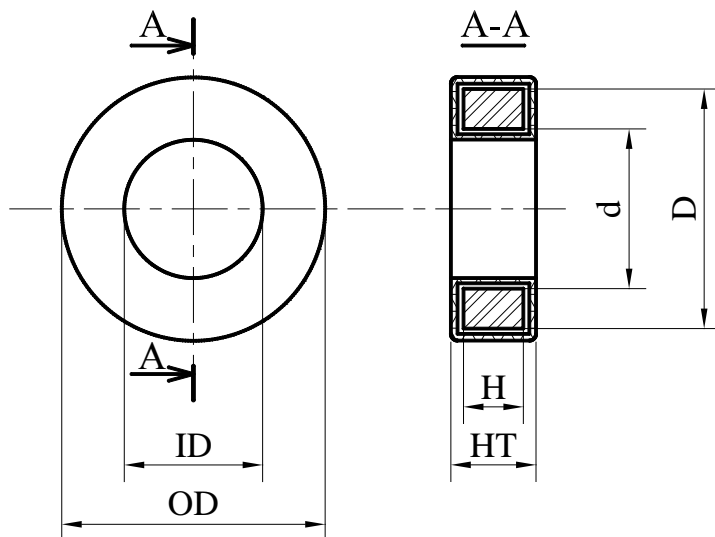


Рисунок 3.2 – Габаритные размеры магнитопроводов
 (конструкция показана условно).

3.3 Параметры магнитопроводов – в соответствии с таблицей 3.1.

Ив. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Ив. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

КВШУ.684459.092 ТУ

Лист
4

Таблица 3.1 – Параметры магнитопроводов

Типноминал магнитопровода	Габаритные размеры*, мм OD-ID-HT (D-d-H)	Эффективное сечение $S_{эфф}$, мм ²	Длина средней линии $l_{ср}$, мм	Масса в контейнере, г (масса без контейнера, г)**	Коэффициент индуктивности A_L^{***} , мкГн/виток ² (+40/-25%)	
					10 кГц; 10 мА×ВИТОК	100 кГц; 10 мА×ВИТОК
<i>В алюминиевом контейнере</i>						
MSFL-04S-T	4,3 - 2,2 - 1,3 (4,0 - 2,5 - 1,0)	0,60	10,2	(0,05)	6,2	1,5
MSFL-04A-T	4,2 - 2,2 - 2,4 (4,0 - 2,4 - 2,0)	1,28	10,0	(0,10)	18,7	3,2
MSFL-06S-T	6,7 - 2,7 - 2,8 (6,4 - 3,0 - 2,5)	3,40	14,8	(0,39)	26,7	5,8
MSFL-06A-T	6,7 - 3,1 - 4,0 (6,3 - 3,5 - 3,5)	3,92	15,4	(0,46)	30,7	6,4
MSFL-07A-T	7,3 - 3,1 - 4,1 (7,0 - 3,5 - 3,8)	5,32	16,5	(0,68)	33,6	8,1
MSFL-08A-T	8,7 - 3,0 - 1,4 (8,3 - 3,5 - 1,0)	1,92	18,5	(0,27)	11,4	2,6
MSFL-08S-T	8,3 - 3,7 - 3,3 (8,0 - 4,0 - 3,0)	4,80	18,8	(0,70)	30,7	6,4
MSFL-09A-T	9,4 - 4,0 - 1,1 (9,0 - 4,3 - 0,7)	1,32	20,9	(0,21)	6,9	1,6
MSFL-09S-T	9,4 - 4,0 - 1,4 (9,0 - 4,3 - 1,0)	1,88	20,9	(0,30)	10,0	2,3
<i>В пластиковом контейнере</i>						
MSF-10S-T	11,4 - 5,0 - 6,1 (9,8 - 6,5 - 4,5)	5,9	25,6	1,62 (1,17)	34,7	5,8
MSF-12A-T	14,2 - 6,4 - 5,0 (12,0 - 8,0 - 3,0)	4,8	31,4	1,76 (1,16)	15,1	3,8
MSF-12S-T	14,2 - 6,4 - 6,5 (12,0 - 8,0 - 4,5)	7,2	31,4	2,54 (1,74)	22,8	5,8
MSF-15A-T	16,9 - 10,0 - 6,5 (15,0 - 12,0 - 4,5)	5,4	42,4	2,56 (1,76)	12,6	3,2
MSF-15S-T	17,1 - 8,4 - 6,7 (15,0 - 10,0 - 4,5)	9,0	39,3	3,12 (2,72)	23,6	5,8

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инд. № дубл.	Подп. и дата

КВШУ.684459.092 ТУ

Лист

5

Продолжение таблицы 3.1

Типноминал магнитопровода	Габаритные размеры*, мм OD-ID-НТ (D-d-H)	Эффективное сечение $S_{эфф}$, мм ²	Длина средней линии $l_{ср}$, мм	Масса в контейнере, г (масса без контейнера, г)**	Коэффициент индуктивности A_L^{***} , мкГн/виток ² (+40/-25%)	
					10 кГц; 10 мА×виток	100 кГц; 10 мА×виток
MSF-16A-T	18,0 - 8,0 - 8,3 (16,0 - 10,0 - 6,0)	14,4	40,8	4,93 (4,53)	35,2	8,9
MSF-18S-T	20,0 - 10,2 - 6,6 (18,0 - 12,0 - 4,5)	10,8	47,1	4,82 (3,92)	22,8	5,8
MSF-19A-T	21,8 - 10,8 - 8,1 (19,5 - 12,7 - 6,0)	16,3	50,6	7,55 (6,35)	32,1	8,1
MSF-20A-T	22,7 - 10,2 - 10,3 (20,0 - 12,5 - 8,0)	24,0	51,0	12,33 (9,43)	46,9	11,8
MSF-25A-T	27,9 - 17,1 - 12,9 (25,0 - 20,0 - 10,0)	20,0	70,7	15,68 (10,88)	27,9	7,11
MSF-26S-T	28,6 - 13,6 - 12,4 (26,0 - 16,0 - 10,0)	40,0	65,9	25,41 (20,31)	60,0	15,2
MSF-30S-T	33,0 - 17,6 - 12,9 (30,0 - 20,0 - 10,0)	40,0	78,5	30,38 (24,18)	51,2	12,8
MSF-32S-T	34,8 - 17,4 - 12,8 (32,0 - 20,0 - 10,0)	48,0	81,6	37,47 (30,17)	59,0	14,8

* OD, НТ, D, Н – не более; ID, d – не менее.

** Отклонение массы магнитопроводов (без контейнера) не более $\pm 10\%$.

*** Номинальное значение индуктивности одновитковой обмотки.

Примечание – Допускается поставка магнитопроводов других типоразмеров, в том числе в контейнерах, поставляемых Заказчиком, по отдельному договору.

Ив. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Ив. № дубл.
Подп. и дата	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

КВШУ.684459.092 ТУ

Лист

6

4 Технические требования

4.1 Общие требования

4.1.1 Магнитопроводы должны соответствовать требованиям КВШУ.684459.088 ОТУ (далее – ОТУ), настоящих ТУ и изготавливаться по конструкторской и технологической документации, утвержденной в установленном порядке.

4.1.2 Комплект конструкторской документации: КВШУ.684459.092.

4.2 Требования к конструкции

4.2.1 Внешний вид магнитопроводов должен соответствовать комплекту конструкторской документации КВШУ.684459.092 и образцам внешнего вида.

4.2.2 Требования к конструкции в соответствии с ОТУ.

4.3 Требования к магнитным характеристикам и режимам эксплуатации

4.3.1 Магнитные свойства, габаритные размеры и масса магнитопроводов при приемке и поставке должны соответствовать нормам, установленным в таблице 3.1 (в нормальных климатических условиях по ГОСТ 20.57.406).

4.3.2 Изменение величины коэффициента индуктивности магнитопроводов при эксплуатации (в течение наработки) и хранении (в течение срока сохраняемости), а также после проведения испытаний на устойчивость к внешним воздействующим факторам и на безотказность должно быть не более $\pm 40\%$ от номинального значения при приемке и поставке.

4.4 Требования стойкости к внешним воздействующим факторам

4.4.1 Магнитопроводы должны соответствовать группе исполнения по стойкости к механическим факторам М6 по ГОСТ 25467.

4.4.2 Вид климатического исполнения магнитопроводов УХЛ2 по ГОСТ 15150.

4.4.3 Значения внешних воздействующих факторов приведены в таблице 4.1.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	КВШУ.684459.092 ТУ	Лист
											7

Таблица 4.1 – Значения характеристик внешних воздействующих факторов (ВВФ)

Наименование ВВФ	Наименование характеристики ВВФ, единица измерения	Значение характеристик и ВВФ
Механические факторы		
Синусоидальная вибрация	Диапазон частот, Гц	1 – 500
	Амплитуда ускорения, м/с ² (g)	100 (10)
Механический удар одиночного действия	Пиковое ударное ускорение, м/с ² (g)	1500 (150)
Механический удар многократного действия	Пиковое ударное ускорение, м/с ² (g)	400 (40)
Климатические факторы		
Повышенная температура среды	Максимальное значение при эксплуатации, °С	+100
	Максимальное значение при транспортировании и хранении, °С	+50
Пониженная температура среды	Минимальное значение при эксплуатации, °С	минус 60
	Минимальное значение при транспортировании и хранении, °С	минус 60
Повышенная влажность воздуха	Относительная влажность воздуха при температуре 35 °С, %	98
Атмосферное пониженное давление	Значение при эксплуатации, кПа (мм рт. ст.)	26,5 (200)
	Значение при транспортировании, кПа (мм рт. ст.)	19,4 (145)

4.5 Требования надежности

4.5.1 Требования безотказности

4.5.1.1 Минимальная наработка до отказа магнитопроводов в режимах и условиях, установленных в настоящих ТУ, при температуре окружающей среды 100 °С должна быть не менее 25 000 ч в пределах срока службы $T_{сл}$ 25 лет.

4.5.2 Требования сохраняемости

4.5.2.1 Гамма-процентный срок сохраняемости $T_{сγ}$ магнитопроводов при $γ = 95 \%$ при хранении в упаковке изготовителя в условиях отапливаемых

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Инд. № подл.	Взам. инв. №	Инд. № дубл.	Подп. и дата	Подп. и дата

КВШУ.684459.092 ТУ

Лист

8

хранилищ, хранилищ с кондиционированием воздуха по ГОСТ 15150, ГОСТ 51908, а также вмонтированных в защищенную аппаратуру или находящихся в защищенном комплекте ЗИП во всех местах хранения, должен быть не менее 25 лет.


4.6 Требования к маркировке

4.6.1 Маркировка магнитопроводов должна соответствовать требованиям, установленным в ОТУ.

4.6.2 По умолчанию непосредственно на магнитопроводы маркировка не наносится. Сведения о магнитопроводе наносятся на упаковку и указываются в этикетке.

4.6.3 По требованию заказчика возможно нанесение цветовой маркировки на поверхность магнитопроводов согласно ОТУ. Для всех магнитопроводов серии MSF на контейнер наносятся три точки в соответствии с таблицей 4.2. Необходимость маркировки указывается в договоре на поставку.

Т а б л и ц а 4.2 – Цветовая маркировка магнитопроводов MSFN.

Наименование серии	Цветовая маркировка	Пример маркировки
MSF	красный / желтый / красный	

Примечание – При изготовлении магнитопроводов допускается использование контейнеров собственного производства и покупных. На внешней поверхности контейнера допускается наличие маркировочных знаков, получаемых при использовании литьевых форм другого производителя.

4.7 Требования к упаковке

4.7.1 Упаковка магнитопроводов должна соответствовать требованиям, установленным в ОТУ.

4.8 Требования безопасности и охраны окружающей среды

4.8.1 Требования пожаробезопасности

Пожарная безопасность магнитопроводов должна быть обеспечена применением трудногорючих и невоспламеняющихся материалов.

4.8.2 Остальные требования согласно ОТУ.

Подп. и дата	
Инв. № дубл.	
Взам. инв. №	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	КВШУ.684459.092 ТУ	Лист
						9

ОТУ.

8 Транспортирование и хранение

8.1 Магнитопроводы следует транспортировать в соответствии с требованиями ОТУ.

9 Указания по эксплуатации

9.1 Основные эксплуатационные характеристики приведены в приложении Б.

9.2 Магнитопроводы должны эксплуатироваться в соответствии с указаниями по эксплуатации, описанными в ОТУ.

9.3 Для расчетов при применении магнитопроводов, соответствующих настоящим ТУ, могут быть использованы следующие соотношения:

1) индуктивность магнитопровода с обмоткой, Гн:

$$L = \mu \cdot \mu_0 \cdot S_{\text{эфф}} \cdot N^2 / l_{\text{ср}}, \quad (9.1)$$

где μ – относительная магнитная проницаемость магнитопровода (начальная);

μ_0 – магнитная постоянная ($\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м);

$S_{\text{эфф}}$ – эффективное сечение магнитопровода, м²;

$l_{\text{ср}}$ – длина средней линии магнитопровода, м;

N – количество витков обмотки;

2) коэффициент прямоугольности:

$$K_{\text{пр}} = B_r / B_m, \quad (9.2)$$

где B_r – магнитная индукция (остаточная) при напряженности магнитного поля равной нулю ($H = 0$);

B_m – максимальная индукция;

3) максимальный магнитный поток – поток вектора максимальной магнитной индукции B_m через поперечное сечение магнитопровода $S_{\text{эфф}}$:

$$\Phi_m = B_m \cdot S_{\text{эфф}}. \quad (9.3)$$

4) двойной максимальный магнитный поток – полный размах индукции B_m по оси Y:

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	КВШУ.684459.092 ТУ	Лист
											10

$$2\Phi_m = S_{\text{эфф.}} \cdot (|-B_m| + B_m) \quad (9.4)$$

5) соотношение между действующим значением синусоидального напряжения и амплитудой индукции:

$$U = 4,44 \cdot B_m \cdot f \cdot S_{\text{эфф.}} \cdot N, \quad (9.5)$$

где U – действующее значение переменного напряжения, В;

B_m – амплитудное значение индукции, Тл;

f – рабочая частота, Гц;

$S_{\text{эфф.}}$ – эффективное сечение магнитопровода, м²;

N – количество витков обмотки;

6) соотношение между напряженностью магнитного поля в сердечнике и рабочим током в обмотке:

$$H \cdot l_{\text{ср.}} = I \cdot N, \quad (9.6)$$

где H – напряженность магнитного поля, А/м;

$l_{\text{ср.}}$ – длина средней линии магнитопровода, м;

I – ток, пропускаемый через обмотку, А;

N – количество витков обмотки;

7) длина средней линии, м:

$$l_{\text{ср.}} = \pi \cdot (D + d)/2, \quad (9.7)$$

где D – наружный диаметр магнитопровода, м;

d – внутренний диаметр магнитопровода, м;

8) эффективное сечение магнитопровода, м²:

$$S_{\text{эфф.}} = (D - d) \cdot h \cdot K_{\text{зап.}}/2, \quad (9.8)$$

где h – высота магнитопровода, м;

$K_{\text{зап.}}$ – коэффициент заполнения магнитным материалом. Для серии MSF $K_{\text{зап.}} = 0,80$.

9) Индукция в магнитном материале, Тл:

$$B = \mu \cdot \mu_0 \cdot H, \quad (9.9)$$

где μ – относительная магнитная проницаемость магнитопровода (амплитудная);

μ_0 – магнитная постоянная ($\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м);

H – напряженность магнитного поля, А/м;

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	КВШУ.684459.092 ТУ	Лист
						11
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

Примечание – Относительная магнитная проницаемость μ зависит от величины напряженности магнитного поля. Для серии MSF зависимость $\mu(H)$ на частоте 50 Гц представлена в Приложении Б (таблица Б.2).

10 Гарантии изготовителя

10.1 Изготовитель гарантирует соответствие качества магнитопроводов требованиям настоящих ТУ при соблюдении потребителем условий и правил хранения, транспортирования, монтажа и эксплуатации, установленных в КВШУ.684459.088 ОТУ.

10.2 Гарантийный срок – 25 лет с даты изготовления.

10.3 Гарантийная наработка – 25 000 ч в пределах гарантийного срока.

10.4 При взаимоотношениях изготовителя (поставщика) магнитопроводов и потребителя (заказчика) по вопросам качества магнитопроводов следует руководствоваться ГОСТ Р 55754.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	КВШУ.684459.092 ТУ	Лист
						12
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

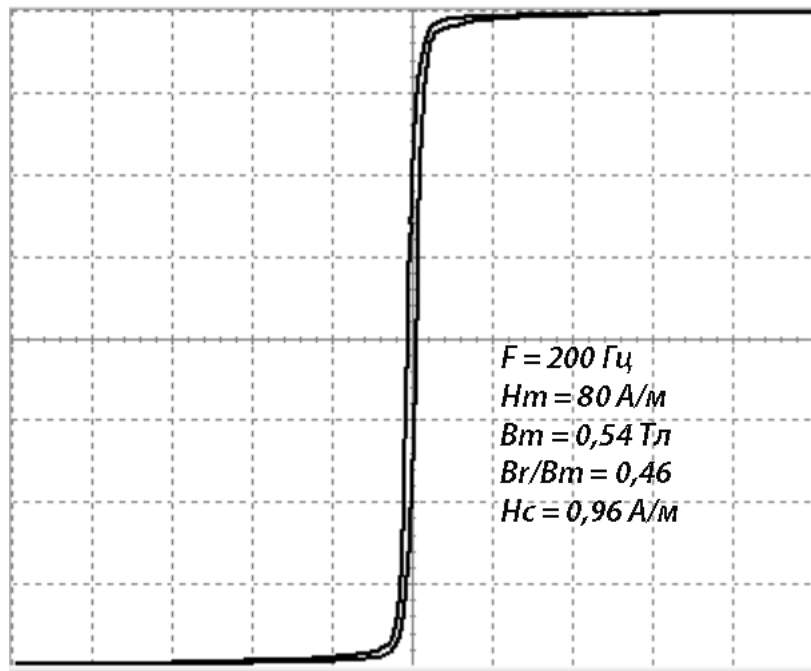


Рисунок Б.1 - Петля гистерезиса серии MSF

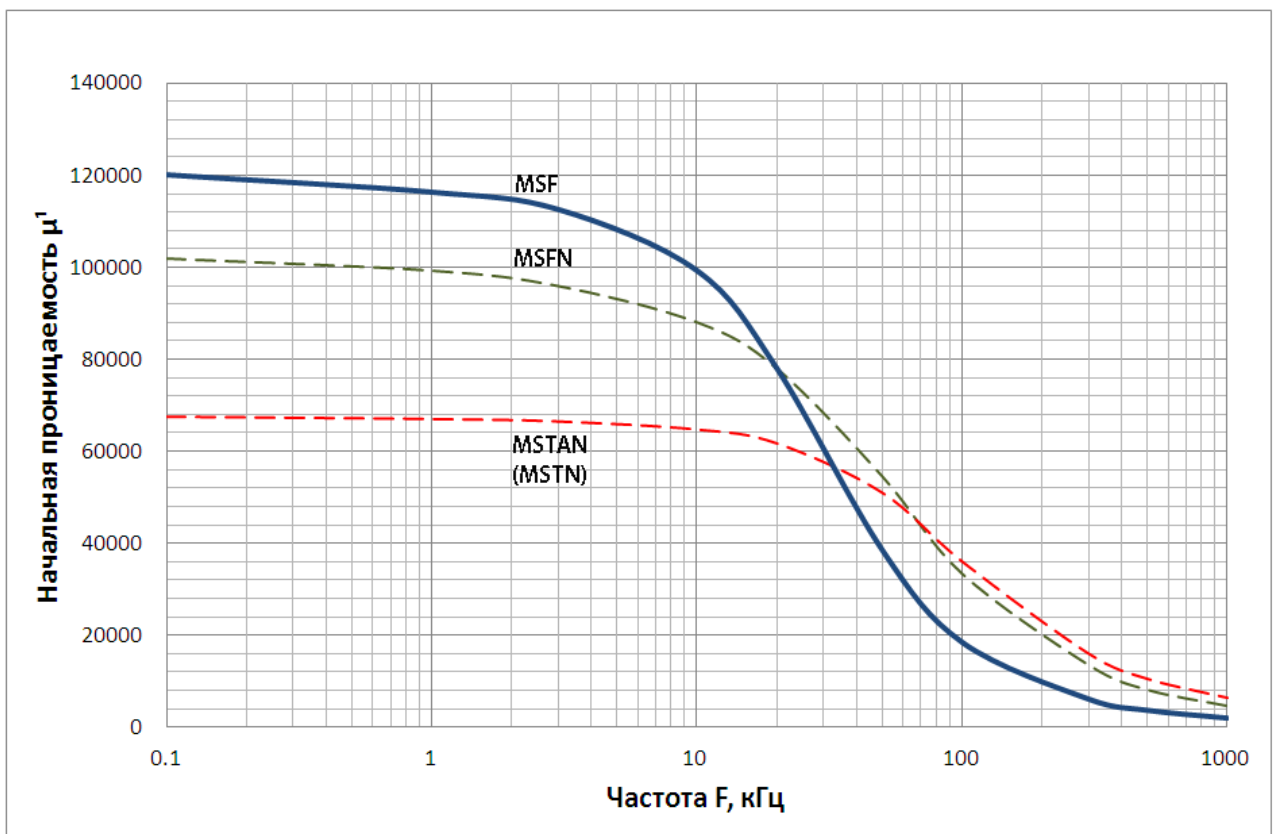


Рисунок Б.2 – Зависимость начальной проницаемости от частоты

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

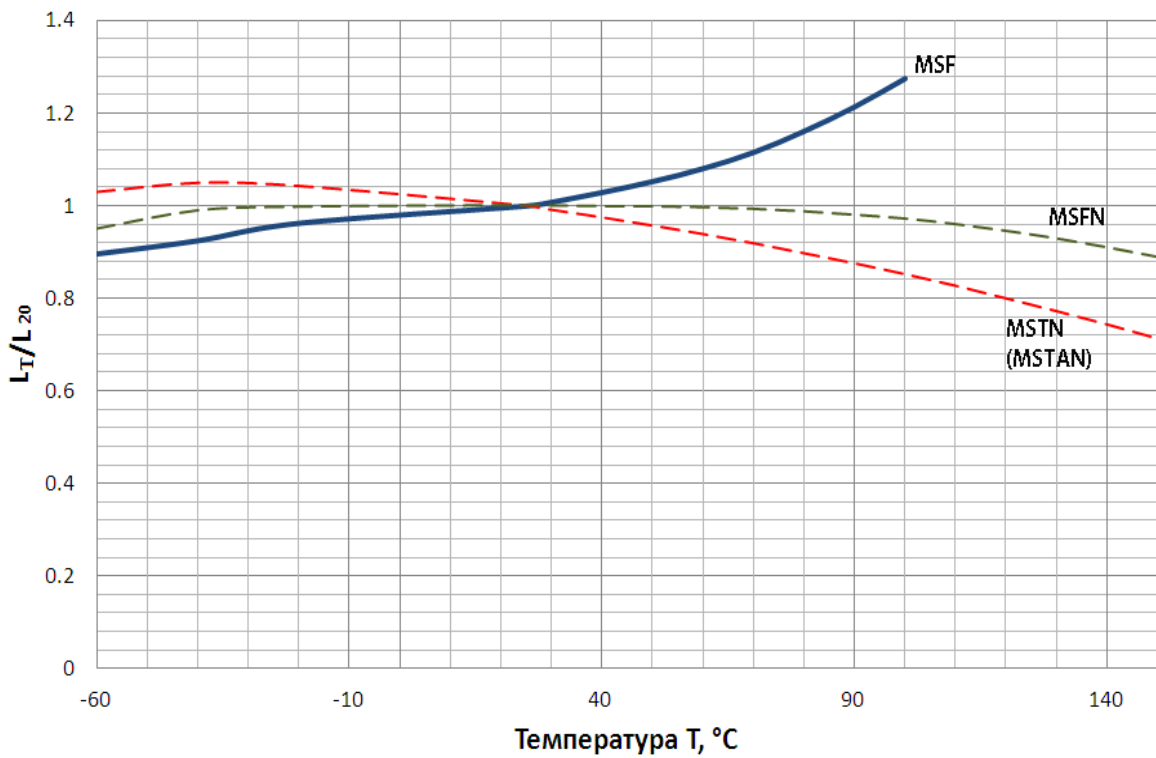


Рисунок Б.3 – Зависимость отношения L_T/L_{20} от температуры. (L - индуктивность при конкретной температуре. L_{20} - индуктивность при 20 °С)

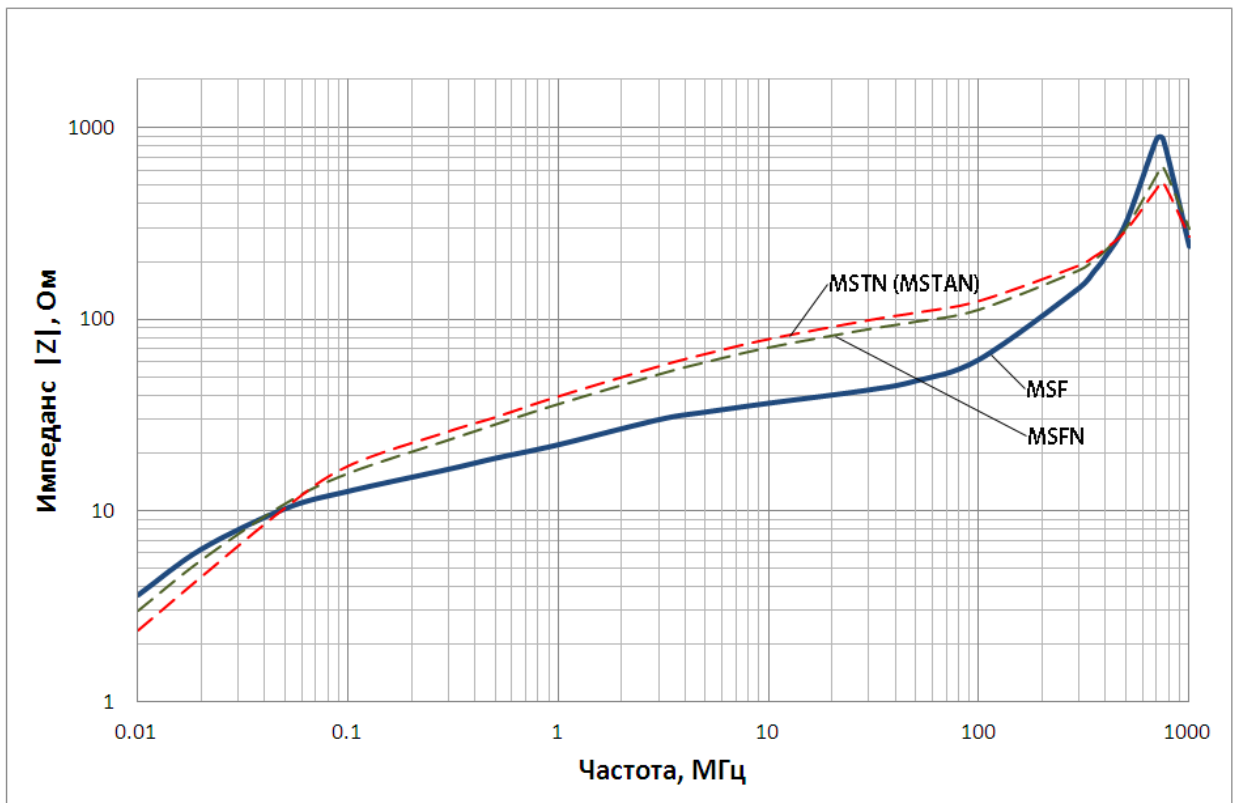


Рисунок Б.4 – Зависимость импеданса одновитковой обмотки от частоты. Типоразмер MSF-20A-TH

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инд. № дубл.	Подп. и дата

Таблица Б.2 – Значения магнитных параметров кривой намагничивания магнитопроводов MSF на частоте 50 Гц.

Амплитуда индукции B_m , Тл	Амплитуда напряженности поля H_m , А/м	Амплитудная проницаемость $\mu_a = B_m/(\mu_0 \times H_m)$
0,01	0,075	105700
0,015	0,112	106640
0,02	0,147	107960
0,025	0,182	109650
0,03	0,214	111530
0,04	0,272	116790
0,05	0,327	121870
0,1	0,598	133000
0,14	0,784	142180
0,2	1,011	157400
0,25	1,238	160800
0,3	1,462	163360
0,35	1,746	159640
0,4	2,095	152000
0,45	2,601	137700
0,5	4,105	96980
0,53	27,454	15370

Примечание - в таблице использованы следующие обозначения:
 B_m – максимальная магнитная индукция; H_m – максимальная напряжённость магнитного поля; μ_a – относительная амплитудная магнитная проницаемость; μ_0 – магнитная постоянная ($\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м).

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	КВШУ.684459.092 ТУ	Лист
						16
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

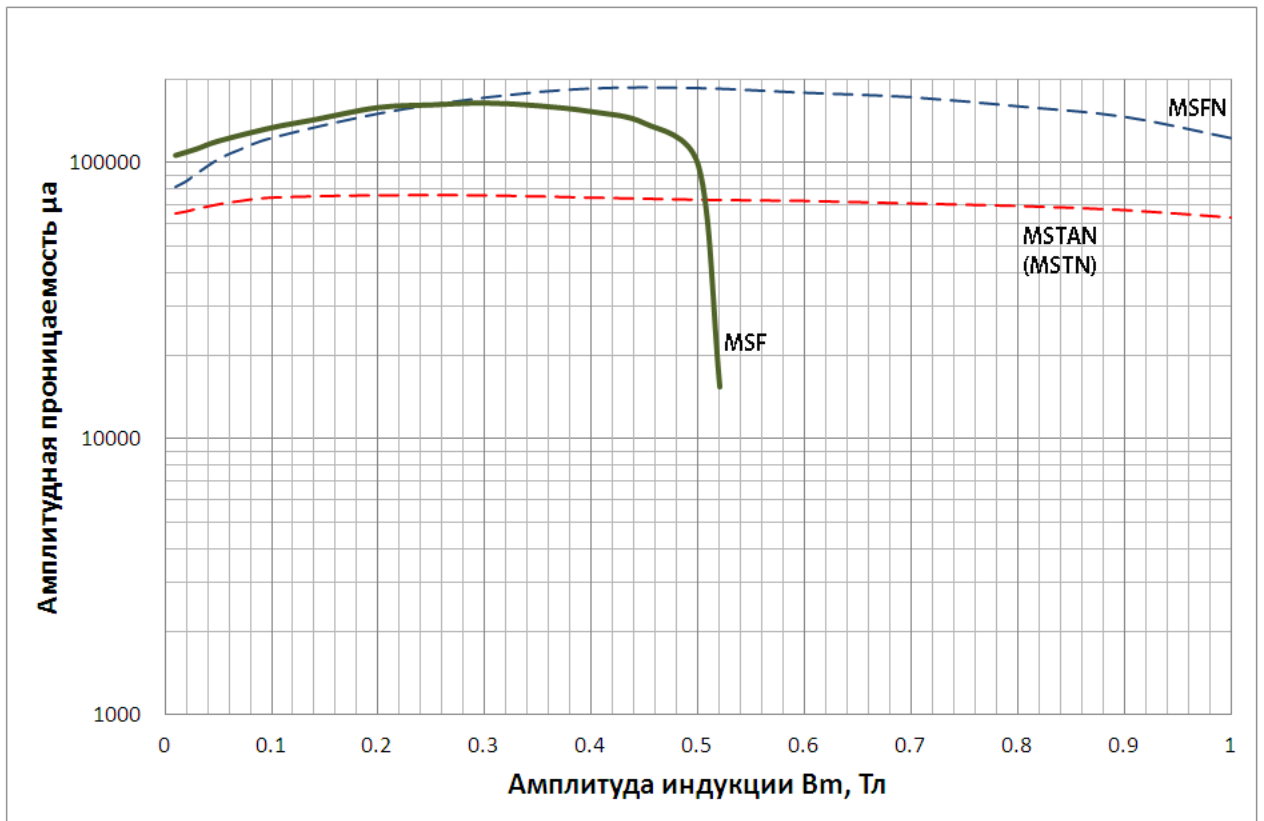


Рисунок Б.5 – Зависимость амплитудной проницаемости от амплитуды индукции

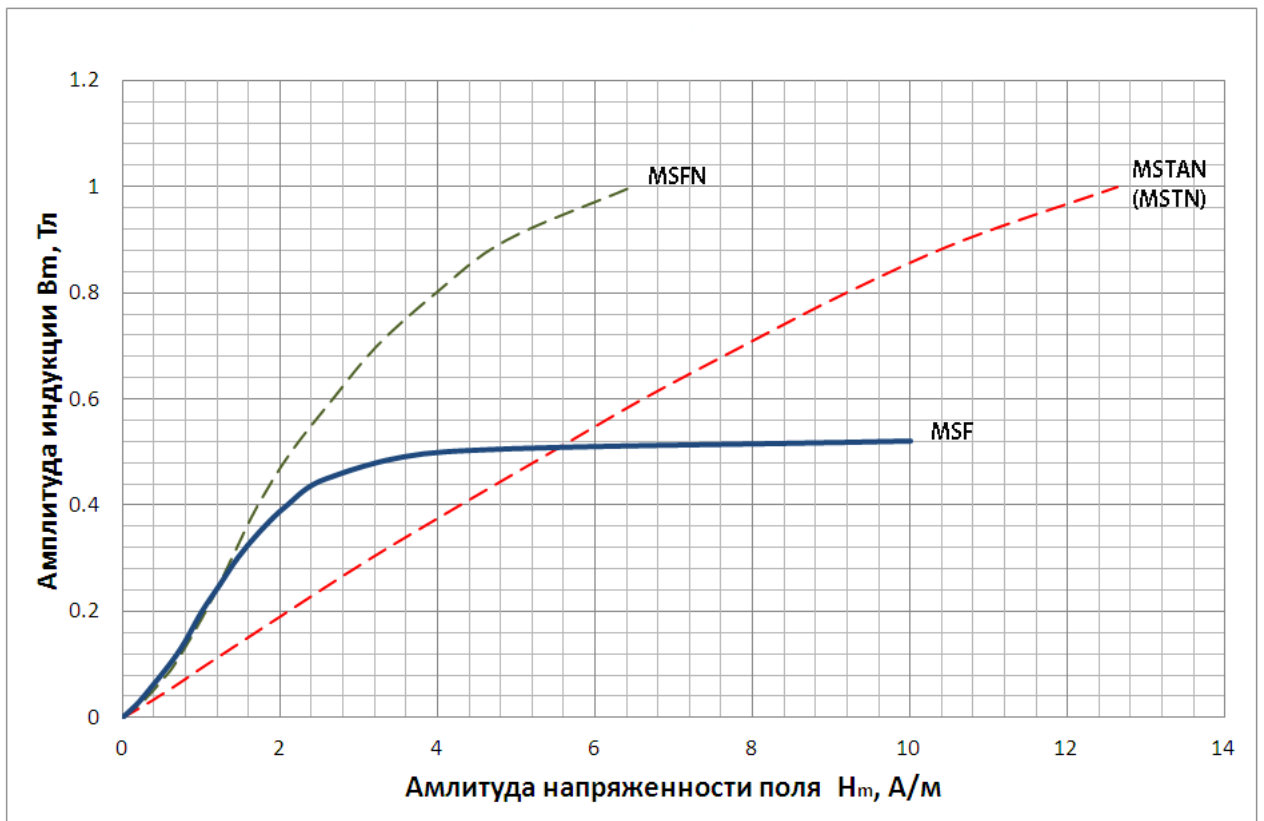


Рисунок Б.6 – Начальная кривая намагничивания

Инв. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инв. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

КВШУ.684459.092 ТУ