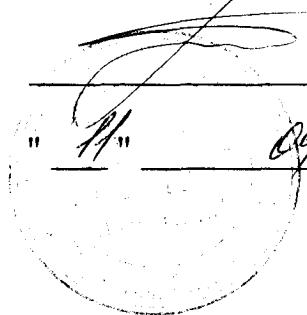


УТВЕРЖДАЮ

Директор
ОАО "МИКРОАКУСТИКА"

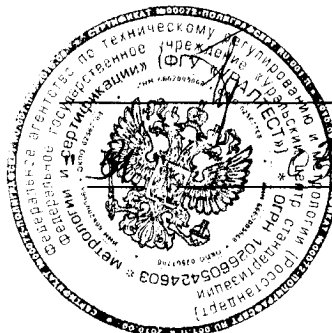


А.М. Шанаурин

2011 г.

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель
ГЦИ СИ ФГУ "УРАЛТЕСТ"



Н.А. Первалова

2011 г.

**Государственная система обеспечения единства измерений
Меры напряженности магнитного поля М-503**

Методика поверки

МКИЯ.422541.003 МП

г. Екатеринбург
2011 г.

Содержание

1 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ	3
2 НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ.....	3
3 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ.....	3
4 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ.....	3
5 ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ	5
6 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ	5
7 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ	5
8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ	5
9 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ	6
9.1 Внешний осмотр	6
9.2 Опробование.....	6
9.3 Определение (проверка) коэффициента преобразования (постоянной) и погрешности коэффициента преобразования меры для напряжённости постоянного магнитного поля	6
9.4 Определение постоянной измерительной катушки магнитной индукции М-503.10.....	6
9.5 Определение (проверка) коэффициентов преобразования (постоянных) и погрешности коэффициентов преобразования меры для напряжённости переменного магнитного поля.....	12
10 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ.....	17
Приложение А.....	18

1 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Настоящая методика распространяется на меры напряжённости магнитного поля М-503 (далее по тексту – меры) и устанавливает методы и средства их первичной и периодической поверок.

Интервал между поверками – 1 год.

2 НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В настоящей методике использованы ссылки на следующие нормативные документы:

- ГОСТ 12.3.019-80 "ССБТ. Испытания и измерения электрические. Общие требования безопасности";
- ПР 50.2.006-94 "ГСИ. Порядок проведения поверки средств измерений".

3 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

При проведении поверки выполняют операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1

Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
1 Внешний осмотр	9.1	Да	Да
2 Опробование	9.2	Да	Да
3 Определение (проверка) коэффициента преобразования (постоянной) и погрешности коэффициента преобразования меры для напряжённости постоянного магнитного поля	9.3	Да	Да
4 Определение постоянной измерительной катушки магнитной индукции М-503.10	9.4	Да	Да
5 Определение (проверка) коэффициентов преобразования (постоянных) и погрешности коэффициентов преобразования меры для напряжённости переменного магнитного поля	9.5	Да	Да

4 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

4.1 При проведении поверки должны быть использованы средства поверки, указанные в таблице 2.

Таблица 2

Номер пункта методики	Наименование и тип (условное обозначение) основного или вспомогательного средства поверки; обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования, и (или) метрологические и основные технические характеристики средства поверки.
9.3	<p>Измеритель напряжённости магнитного поля МФ-207, диапазон измерения напряжённости постоянного магнитного поля от ± 10 до ± 300000 А/м (диапазон показаний от 0 А/м до ± 300000 А/м), погрешность не более: $\pm \left[3 + 0,25 \left(\left \frac{H_k}{H} \right - 1 \right) \right]$,</p> <p>где: H_k – верхний предел измерения напряженности магнитного поля, А/м. H – измеренное значение напряженности магнитного поля, А/м.</p> <p>Мера напряжённости постоянного магнитного поля М-113, диапазон воспроизводимых значений напряжённости постоянного магнитного поля от 0 до 25000 А/м, погрешность коэффициента преобразования (постоянной) меры не более $\pm 0,3$ %.</p> <p>Измеритель магнитной индукции Ш1-9, диапазон измерения от 25 до 2500 мТл, погрешность не более $\pm 0,1$ %.</p> <p>Мультиметр цифровой Agilent 34410А, пределы измерения и погрешность измерения напряжения постоянного тока: 100 мВ, не более $\pm(0,005$ % от отсчета + 0,0035 % от предела); 1 В, не более $\pm(0,0035$ % от отсчета + 0,0007 % от предела); 10 В, не более $\pm(0,003$ % от отсчета + 0,0005 % от предела).</p> <p>Меры сопротивления переменного тока МС-1/1 и МС-01/1, номинальное значение сопротивления 1 и 0,01 Ом, нестабильность сопротивления за 1 год не более $\pm 0,03$ %.</p> <p>Источник напряжения и тока стабилизированный БЗ-784, пределы установки выходного напряжения до 40 В, тока до 8 А.</p>
9.4	<p>Государственный первичный эталон единиц магнитных величин ГЭТ 12-91, диапазон воспроизведения отношения магнитного потока к магнитной индукции от $1 \cdot 10^{-3}$ до 5 Вб/Тл, диапазон частот от 0 до 500 Гц, среднее квадратическое отклонение от $1 \cdot 10^{-3}$ до $1 \cdot 10^{-5}$, неисключённая систематическая погрешность от $3 \cdot 10^{-4}$ до $5 \cdot 10^{-5}$.</p>
9.5	<p>Измерительная катушка магнитной индукции М-503.10, значение постоянной от 0,1 до 0,3 Вб/Тл, погрешность не более $\pm 0,3$ % в диапазоне частот до 400 Гц (входит в комплект меры).</p> <p>Мультиметр цифровой Agilent 34410А (2 штуки), пределы измерения и погрешность измерения напряжения переменного тока в диапазоне частот от 10 Гц до 20 кГц: 100 мВ, 1 В, 10 В, 100 В, не более $\pm(0,05$ % от отсчета + 0,03 % от предела).</p> <p>Меры сопротивления переменного тока МС-10/1, МС-1/1 и МС-01/1, номинальное значение сопротивления 10, 1 и 0,01 Ом, нестабильность сопротивления за 1 год не более $\pm 0,03$ %.</p>

Номер пункта методики	Наименование и тип (условное обозначение) основного или вспомогательного средства поверки; обозначение нормативного документа, регламентирующего технические требования, и (или) метрологические и основные технические характеристики средства поверки.
	<p>Генератор сигналов произвольной формы 33220А, диапазон частот выходного сигнала от $1 \cdot 10^{-6}$ Гц до 20 МГц, погрешность частоты выходного сигнала $\pm 2 \cdot 10^{-5}$.</p> <p>Усилитель мощности МНА3000, пределы установки среднеквадратического значения выходного напряжения не менее 50 В при токе нагрузки не менее 6 А для частот от 20 до 400 Гц.</p>

4.2 Средства измерений, применяемые для поверки, должны иметь действующие свидетельства о поверке.

4.3 Для проведения поверки допускается применение других средств, не приведённых в таблице 2, при условии обеспечения ими необходимой точности измерений.

5 ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ

5.1 К проведению поверки допускают лиц с высшим техническим образованием, прошедших повышение квалификации по специализации "Поверка (калибровка) средств измерений магнитных величин" и аттестованных в установленном порядке в качестве поверителей средств измерений магнитных величин.

5.2 Перед проведением поверки необходимо ознакомиться с настоящей методикой и эксплуатационной документацией на поверяемую меру и средства поверки.

6 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

6.1 При проведении поверки должны выполняться требования безопасности, указанные в эксплуатационной документации на поверяемую меру и применяемые средства поверки, а также общие требования безопасности по ГОСТ 12.3.019-80.

7 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ

7.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие нормальные условия:

- температура окружающего воздуха, °С 20 ± 5 ;
- напряженность постоянного магнитного поля, А/м..... не более 80;
- амплитуда напряженности переменного магнитного поля частотой до 400 Гц, А/м..... не более 0,8.

8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ

8.1 Перед поверкой средства поверки и поверяемая мера должны быть выдержаны в нормальных условиях не менее пяти часов.

8.2 Средства поверки и поверяемая мера должны быть подготовлены к работе в соответствии с эксплуатационной документацией на них.

9 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

9.1 Внешний осмотр

9.1.1 При внешнем осмотре должно быть установлено соответствие меры следующим требованиям:

- комплектность меры должна соответствовать формуляру;
- наружные поверхности корпуса, клеммы для подсоединения питания и основание меры не должны иметь механических повреждений и деформаций, могущих повлиять на работоспособность меры.

9.2 Опробование

9.2.1 Собрать схему в соответствии с рисунком 2, провода должны быть подсоединены к клеммам XS1 * и XS3 $\ominus \sim I$ 50Hz. Использовать меру сопротивления переменного тока МС-01/1.

9.2.2 Подготовить приборы и меру к работе в соответствии с эксплуатационной документацией на них.

9.2.3 Установить частоту генератора 50 Гц и, меняя значение тока в обмотках меры (изменяя выходное напряжение усилителя мощности) в диапазоне до 5 А (среднеквадратическое значение), убедиться, что меняются показания мультиметра (напряжение на измерительной катушке магнитной индукции М-503.10, помещённой в зазор меры).

9.2.4 Если требования п. 9.2.3 не выполняются, мера признаётся непригодной к применению, дальнейшие операции поверки не производятся.

9.3 Определение (проверка) коэффициента преобразования (постоянной) и погрешности коэффициента преобразования меры для напряжённости постоянного магнитного поля

9.3.1 При первичной поверке

9.3.1.1 Подготовить приборы и меру к работе в соответствии с эксплуатационной документацией на них.

9.3.1.2 Собрать схему в соответствии с рисунком 1, провода должны быть подсоединены к клеммам XS1 * и XS2 $\ominus -I$. Использовать меру сопротивления переменного тока МС-1/1. Преобразователь измерителя магнитной индукции Ш1-9 разместить в геометрическом центре рабочего объёма меры.

9.3.1.3 Подать в обмотки меры постоянный ток силой 0,25 А (допускаемые отклонения силы тока не более $\pm 5\%$). Действительное значение силы тока I_i , А, рассчитывать по формуле:

$$I_i = \frac{U_i}{R}, \quad (1)$$

где U_i – значение напряжения, измеренное мультиметром Agilent 34410А, В;

R – действительное значение электрического сопротивления меры МС-1/1, Ом.

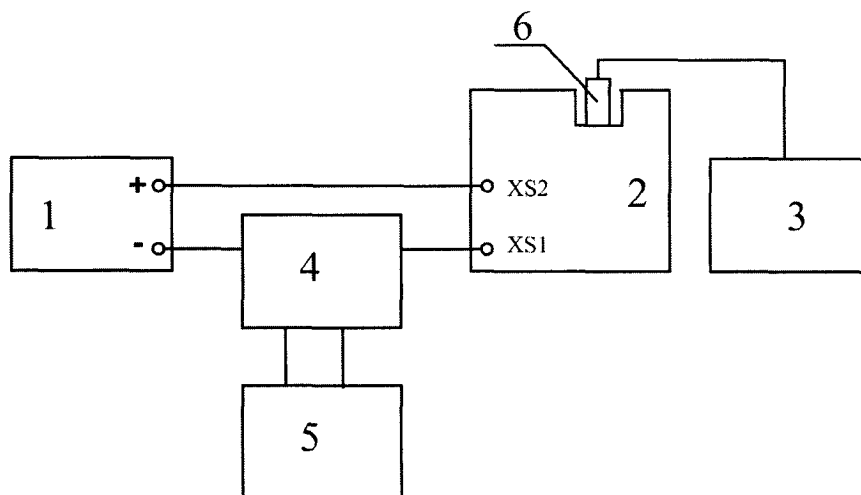


Рисунок 1

- 1 – источник напряжения и тока стабилизированный БЗ-784
- 2 – поверяемая мера М-503
- 3 – измеритель магнитной индукции Ш1-9
- 4 – мера сопротивления переменного тока МС-01/1 (МС-1/1)
- 5 – мультиметр цифровой Agilent 34410А
- 6 – преобразователь измерителя магнитной индукции Ш1-9

9.3.1.4 Измерить с помощью Ш1-9 значение магнитной индукции в зазоре меры B_i , Тл. Рассчитать значение напряженности магнитного поля в зазоре меры H_i , А/м по формуле:

$$H_i = \frac{B_i}{\mu_0}, \quad (2)$$

где $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м – магнитная постоянная.

Рассчитанные значения тока I_i и напряженности магнитного поля H_i записать в таблицу А.1 протокола поверки (Приложение А).

Если не удастся произвести измерение магнитной индукции с помощью Ш1-9 (отсутствует сигнал ядерного магнитного резонанса (ЯМР) на экране осциллографического индикатора Ш1-9), то мера признаётся непригодной к применению, дальнейшие операции поверки не производятся.

9.3.1.5 Повторить п.п. 9.3.1.3—9.3.1.4 для значений силы тока 0,5; 1,0; 1,8; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0; 7,0; 7,5 А (допускаемые отклонения не более $\pm 5\%$)¹. Для токов силой

¹ при работе с мерой М-503 не допускается переход от больших значений тока меры к меньшим, а также изменение направления тока. При необходимости таких действий следует повторить размагничивание магнитопровода меры.

0,25; 0,5; 1,0; 1,8 А использовать меру МС-1/1; для токов силой 3,0; 4,0, 5,0; 6,0; 7,0; 7,5 А – меру МС-01/1. При необходимости, значения силы тока 0,25 А и 7,5 А могут быть откорректированы с целью получения устойчивого сигнала ЯМР на экране осциллографического индикатора Ш1-9 для начала и конца диапазона воспроизведения мерой индукции постоянного магнитного поля (около 25 мТл (~20000 А/м) и около 700 мТл (~560000 А/м) соответственно).

9.3.1.6 Собрать схему в соответствии с рисунком 2, провода должны быть подсоединены к клеммам XS1 * и XS3 ⊖ ~ I 50Hz. Использовать меру сопротивления переменного тока МС-01/1. Подготовить приборы и меру к работе в соответствии с эксплуатационной документацией на них. Установить на генераторе сигналов синусоидальную форму генерируемого сигнала и частоту 50 Гц. Установить ток в обмотках меры 5 А (среднеквадратическое значение) и плавно, на протяжении 30 секунд, уменьшить ток в обмотках меры до нуля.

9.3.1.7 Повторить п.п. 9.3.1.1—9.3.1.5 для противоположного направления тока меры.

9.3.1.8 По результатам измерений для каждого значения I_i вычислить коэффициент преобразования (постоянную) меры \bar{K}_i , 1/м, по формуле:

$$\bar{K}_i = \frac{H_i}{I_i}. \quad (3)$$

Рассчитанные значения \bar{K}_i записать в таблицу А.1 протокола поверки.

9.3.1.9 Вычислить среднее значение коэффициента преобразования (постоянной) меры \bar{K} , 1/м, по формуле:

$$\bar{K} = \frac{\sum \bar{K}_i}{n}, \quad (4)$$

где:

$n = 20$ – общее число измерений.

Полученное значение коэффициента преобразования (постоянной) меры должно находиться в диапазоне от 70000 до 80000 1/м.

9.3.1.10 Вычислить случайную составляющую погрешности коэффициента преобразования (постоянной) меры $\Delta\bar{K}_{сл}$, 1/м, по формуле:

$$\Delta\bar{K}_{сл} = S_{\bar{K}} \cdot t_{p,n}, \quad (5)$$

где $t_{p,n}$ - коэффициент Стьюдента (для доверительной вероятности $P = 0,95$ и числа измерений $n = 20$, $t_{p,n} = 2,094$);

$S_{\bar{K}}$, 1/м - среднее квадратическое отклонение отдельного результата измерений от среднего арифметического, определяемое по формуле:

$$S_{\bar{K}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (K_i - \bar{K})^2}{n-1}}. \quad (6)$$

9.3.1.11 Рассчитать границы неисключённой систематической погрешности определения коэффициента преобразования меры $\Theta_{\bar{K}}$, 1/м, по формуле:

$$\Theta_{\bar{K}} = \max \Theta_{\bar{K}_i}, \quad (7)$$

где

$$\Theta_{\bar{K}_i} = 1,1 \cdot \bar{K}_i \cdot \sqrt{\left(\frac{\delta \bar{U}_i}{100}\right)^2 + \left(\frac{\delta B_i}{100}\right)^2 + \left(\frac{\delta R}{100}\right)^2}, \quad (8)$$

где $\delta \bar{U}_i$ - относительная погрешность измерения напряжения, %;

δB_i - относительная погрешность измерения магнитной индукции, %;

δR - нестабильность сопротивления за 1 год меры сопротивления переменного тока, %.

9.3.1.12 Рассчитать границы суммарной погрешности коэффициента преобразования меры $\delta \bar{K}$, %, по формуле:

$$\delta \bar{K} = \pm \frac{1}{\bar{K}} \cdot \left(\frac{\Delta \bar{K}_{cl} + \Theta_{\bar{K}}}{S_{\bar{K}} + \frac{\Theta_{\bar{K}}}{1,1 \cdot \sqrt{3}}} \cdot \sqrt{\frac{1}{3} \cdot \left(\frac{\Theta_{\bar{K}}}{1,1}\right)^2 + S_{\bar{K}}^2} \right) \cdot 100 \quad (9)$$

9.3.1.13 Полученное в п.9.3.1.12 значение $\delta \bar{K}$ не должно превышать $\pm 0,5$ %.

9.3.1.14 Если требование п.9.3.1.13 выполняется, значение \bar{K} , определённое в п.9.3.1.9, принимается за действительное значение коэффициента преобразования (постоянной) меры для напряжённости постоянного магнитного поля, его значение записывается в формуляр меры. Неоднородность напряжённости магнитного поля в рабочем объёме меры не превышает 0,05 %, если удаётся произвести измерения магнитной индукции Ш1-9 (есть сигнал ЯМР на экране осциллографического индикатора Ш1-9).

9.3.1.15 Если требование п.9.3.1.13 не выполняется, мера признаётся непригодной к применению, дальнейшие операции поверки не производятся.

9.3.1.16¹ Собрать схему в соответствии с рисунком 2, провода должны быть подсоединены к клеммам XS1 * и XS3 ⊖ ~ I 50Hz. Использовать меру сопротивления переменного тока МС-01/1. Подготовить приборы и меру к работе в соответствии с эксплуатационной документацией на них. Установить на генераторе сигналов синусоидальную форму генерируемого сигнала и частоту 50 Гц. Установить ток в обмотках меры 5 А (среднеквадратическое значение) и плавно, на протяжении 30 секунд, уменьшить ток в обмотках меры до нуля.

9.3.1.17 Собрать схему в соответствии с рисунком 1, провода должны быть подсоединены к клеммам XS1 * и XS2 ⊖ -I. Использовать меру сопротивления переменного тока МС-1/1. Вместо Ш1-9 использовать измеритель напряжённости магнитного поля МФ-207². Преобразователь измерителя МФ-207 разместить в центре рабочего объёма меры М-503. Убедиться в том, что магнитопровод меры М-503 размагничен: показания МФ-207 не должны превышать ±2 А/м.

9.3.1.18 Подать в обмотки меры М-503 ток, и, плавно увеличивая его значение, добиться показаний МФ-207, равных +2000 А/м. Допускаемые отклонения напряженности магнитного поля не более ±10 %. Записать в таблицу А.2 протокола поверки показания МФ-207 $H_{i,M-503}$, А/м и значение тока меры $I_{i,M-503}$, А, рассчитанное по формуле (1).

9.3.1.19 Повторить п. 9.3.1.18 для значений напряженности магнитного поля +5000, +10000, +15000, +20000 А/м.

9.3.1.20 Повторить п.п. 9.3.1.16—9.3.1.19 для противоположного направления тока меры (показания МФ-207 должны иметь знак "минус").

9.3.1.21 Заменить меру М-503 на меру М-113. Преобразователь измерителя МФ-207 поместить в верхнее гнездо меры М-113.

9.3.1.22 Сориентировать меру М-113 в пространстве с целью исключения влияния магнитного поля Земли, для чего:

- включить измеритель МФ-207 в режим измерения поля;
- вращая меру М-113 вокруг вертикальной и горизонтальной осей, найти такое положение меры, при котором показания МФ-207 при отсутствии тока в обмотке меры будут близки к нулю (не более ±0,5 А/м). Это положение меры должно сохраняться во время проведения поверки.

9.3.1.23 Подать в обмотки меры М-113 ток и, плавно увеличивая его значение, добиться показаний МФ-207, соответствующих его показаниям по п. 9.3.1.18. Записать в таблицу А.2 протокола поверки рассчитанное по формуле (1) значение тока меры $I_{i,M-113}$, А.

9.3.1.24 Повторить п. 9.3.1.23 для остальных значений напряженности магнитного поля по п. 9.3.1.19. Для значений напряженности поля +15000 и +20000 А/м использовать меру сопротивления переменного тока МС-1/01.

9.3.1.25 Изменить направление тока через меру М-113 и повторить п.п. 9.3.1.23—9.3.1.24 для значений напряженности магнитного поля отрицательного знака из п. 9.3.1.20.

¹ п.п. 9.3.1.16—9.3.1.29 выполняются только при первичной поверке меры

² перед началом выполнения измерений по п.п. 9.3.1.16—9.3.1.29 измеритель МФ-207 должен быть выдержан во включенном состоянии не менее 20 минут

9.3.1.26 Для каждого значения тока, определённого по п.п. 9.3.1.18—9.3.1.25 рассчитать значение напряженности магнитного поля меры М-113 $H_{i,M-113}$, А/м, по формуле:

$$H_{i,M-113} = K_{M-113} \cdot I_{i,M-113}, \quad (10)$$

где K_{M-113} – постоянная меры М-113, 1/м,

9.3.1.27 Определить постоянную меры М-503 $K_{i,M-503}$, 1/м, по формуле:

$$K_{i,M-503} = \frac{H_{i,M-113}}{I_{i,M-503}}, \quad (11)$$

где $I_{i,M-503}$ - соответствующие значения тока меры М-503, определённые в п.п. 9.3.1.18—9.3.1.20, А

9.3.1.28 Вычислить, для каждого полученного значения $K_{i,M-503}$, отклонение коэффициента преобразования (постоянной) меры при работе в диапазоне от 2000 до 20000 А/м, $\Delta K_{i,M-503}$, %, по формуле:

$$\Delta K_{i,M-503} = \frac{K_{i,M-503} - \bar{K}}{\bar{K}} \cdot 100, \quad (12)$$

где \bar{K} - коэффициент преобразования (постоянная) меры для напряженности постоянного магнитного поля, определённый в диапазоне полей от 20000 до 560000 А/м по п. 9.3.1.9 настоящей методики, 1/м.

9.3.1.29 Полученные в п. 9.3.1.28 значения $\Delta K_{i,M-503}$ не должны превышать $\pm 1,2$ %.

9.3.2 При периодической поверке.

9.3.2.1 Выполнить операции в соответствии с п.п. 9.3.1.1 – 9.3.1.9.

9.3.2.2 Разность между полученным и приведённым в предыдущем свидетельстве о поверке значениями коэффициента преобразования (постоянной) меры не должна превышать $\pm 0,5$ %.

9.3.2.3 Если требование п.9.3.2.2 выполняется, новое значение коэффициента преобразования (постоянной) меры записывается в формуляр меры.

9.3.2.4 Если требование п.9.3.2.2 не выполняется, мера признаётся непригодной к применению и к эксплуатации не допускается.

9.4 Определение постоянной измерительной катушки магнитной индукции М-503.10

9.4.1 Определить постоянную измерительной катушки магнитной индукции М-503.10 в соответствии с "Правилами хранения и применения государственного первичного эталона единиц магнитных величин ГЭТ 12-91".

9.4.2 Полученное значение постоянной измерительной катушки магнитной индукции М-503.10 должно находиться в диапазоне от 0,1 до 0,3 Вб/Тл, погрешность постоянной не должна превышать $\pm 0,3\%$ в диапазоне частот от 0 до 400 Гц.

9.5 Определение (проверка) коэффициентов преобразования (постоянных) и погрешности коэффициентов преобразования меры для напряжённости переменного магнитного поля

9.5.1 При первичной поверке

9.5.1.1 Собрать схему в соответствии с рисунком 2, провода должны быть подсоединены к клеммам XS1 * и XS3 $\ominus \sim I 50\text{Hz}$. Использовать меру сопротивления переменного тока МС-01/1. Подготовить приборы и меру к работе в соответствии с эксплуатационной документацией на них. Установить на генераторе сигналов синусоидальную форму генерируемого сигнала и частоту 50 Гц. Установить ток в обмотках меры 5 А (среднеквадратическое значение) и плавно, на протяжении 30 секунд, уменьшить ток в обмотках меры до нуля.

9.5.1.2 Измерительную катушку магнитной индукции М-503.10¹ разместить в геометрическом центре рабочего объёма меры. Заменить меру сопротивления переменного тока МС-01/1 на меру МС-1/1.

9.5.1.3 Установить с помощью генератора и усилителя мощности значение силы тока в обмотке меры 0,5 А. Допускаемое отклонение тока не более $\pm 5\%$.

9.5.1.4 Плавно изменяя частоту тока в обмотке меры с помощью генератора на $\pm 10\%$ от установленного ранее значения, найти такое значение частоты, при котором показания мультиметра (позиция 4 на рисунке 2) будут наибольшими. Найденное значение частоты является первой резонансной частотой поверяемой меры и не должно отличаться от номинального значения более чем на $\pm 1\%$ ².

¹ допускается использовать измерительную катушку магнитной индукции М-503.10 из комплекта другой меры М-503

² для резонансных частот меры, отличных от 50 Гц, допускаемое отклонение действительного значения частоты от номинального не более $\pm 10\%$

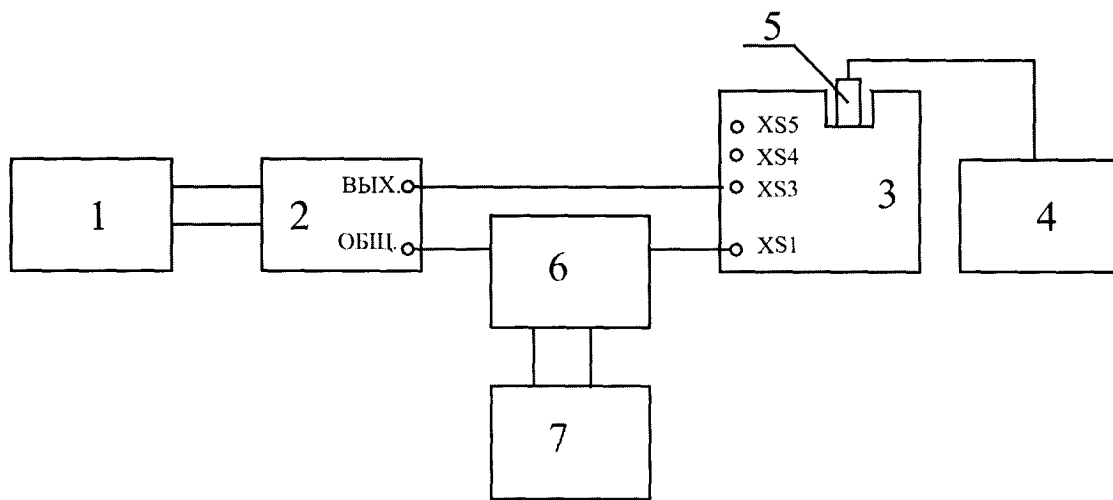


Рисунок 2

- 1 – генератор сигналов произвольной формы 33220А
- 2 – усилитель мощности MNA 3000
- 3 – поверяемая мера М-503
- 4 – мультиметр цифровой Agilent 34410А
- 5 – измерительная катушка магнитной индукции М-503.10
- 6 – мера сопротивления переменного тока МС-01/1 (МС-1/1, МС-10/1)
- 7 – мультиметр цифровой Agilent 34410А

9.5.1.5 Повторить п.п. 9.5.1.3—9.5.1.4 для других резонансных частот меры. (номинальные значения (120 ± 12) Гц и (400 ± 40) Гц).

9.5.1.6 Если требования п.п. 9.5.1.4—9.5.1.5 выполняются, полученные значения резонансных частоты записываются в таблицу А.3 протокола поверки и формуляр меры.

9.5.1.7 Если требования п.п. 9.5.1.4—9.5.1.5 не выполняются, мера признаётся непригодной к применению и к эксплуатации не допускается.

9.5.1.8 Установить на генераторе сигналов частоту, соответствующую первой резонансной частоте меры. Установить среднеквадратическое значение силы тока в обмотках меры 0,1 А. Допускаемое отклонение тока не более $\pm 5\%$. Среднеквадратическое значение силы тока \tilde{I}_i , А, рассчитывать по формуле:

$$\tilde{I}_i = \frac{\tilde{U}_{i,MC}}{R}, \quad (13)$$

где $\tilde{U}_{i,MC}$ – среднеквадратическое значение напряжения, измеренное мультиметром Agilent 34410А (позиция 7 на рисунке 2), В;

R – действительное значение электрического сопротивления меры МС-1/1, Ом.

9.5.1.9 Измерить с помощью мультиметра Agilent 34410А (позиция 4 на рисунке 2) среднеквадратическое значение напряжения на измерительной катушке магнитной индукции М-503.10 $\tilde{U}_{ИКМИ}$, В.

9.5.1.10 Повторить п.п. 9.5.1.8—9.5.1.9 для значений силы тока 0,2; 0,3; 0,5; 1,0; 1,5; 1,8; 3,0; 4,0; 5,0; 5,5 А (допускаемые отклонения не более $\pm 5\%$). Для токов силой 0,2; 0,3; 0,5; 1,0; 1,5; 1,8 А использовать меру МС-1/1; для токов силой 3,0; 4,0; 5,0; 5,5 А – меру МС-01/1. При необходимости, значения силы тока 0,1 А и 5,5 А могут быть откорректированы с целью получения значений постоянной меры для начала и конца диапазона воспроизведения мерой напряженности переменного магнитного поля на частоте 50 Гц (около 10000 А/м и около 400000 А/м соответственно).

9.5.1.11 По результатам измерений для каждого \tilde{I}_i вычислить среднеквадратическое значение напряженности переменного магнитного поля в рабочем объеме меры \tilde{H}_i , А/м, по формуле:

$$\tilde{H}_i = \frac{\tilde{U}_{i,ИКМИ}}{2 \cdot \pi \cdot \mu_0 \cdot K_{sw} \cdot f}, \quad (14)$$

где: $\tilde{U}_{i,ИКМИ}$ - среднеквадратическое значение напряжения на измерительной катушке магнитной индукции М-503.10, В;

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

K_{sw} - постоянная измерительной катушки магнитной индукции М-503.10, определенная в п.9.4, Вб/Тл;

f - резонансная частота меры.

9.5.1.12 Рассчитать для каждого \tilde{I}_i коэффициент преобразования \tilde{K}_i , 1/м, по формуле:

$$\tilde{K}_i = \frac{\tilde{H}_i}{\tilde{I}_i}. \quad (15)$$

Рассчитанные значения \tilde{K}_i записать в таблицу А.3 протокола поверки.

9.5.1.13 Вычислить среднее значение коэффициента преобразования \tilde{K} , 1/м, по формуле:

$$\tilde{K} = \frac{\sum_{i=1}^n \tilde{K}_i}{n}, \quad (16)$$

где $n = 11$ – число измерений.

Полученное значение коэффициента преобразования должно находиться в диапазоне от 70000 до 80000 1/м.

9.5.1.14 Вычислить случайную погрешность коэффициента преобразования меры $\Delta\tilde{K}_{сл}$, 1/м, по формуле:

$$\Delta\tilde{K}_{сл} = t_{p,n} \cdot S_{\tilde{K}}, \quad (17)$$

где $t_{p,n}$ - коэффициент Стьюдента (для доверительной вероятности $P = 0,95$ и числа измерений $n = 11$, $t_{p,n} = 2,228$);

$S_{\tilde{K}}$ - среднее квадратическое отклонение отдельного результата измерений от среднего арифметического, 1/м, определяемое по формуле:

$$S_{\tilde{K}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\tilde{K}_i - \bar{\tilde{K}})^2}{(n-1)}}. \quad (18)$$

9.5.1.15 Рассчитать границы неисключённой систематической погрешности определения коэффициента преобразования меры $\Theta_{\tilde{K}}$, 1/м, по формуле:

$$\Theta_{\tilde{K}} = \max \Theta_{\tilde{K}_i}, \quad (19)$$

где

$$\Theta_{\tilde{K}_i} = 1,1 \cdot \tilde{K}_i \cdot \sqrt{\left(\frac{\delta\tilde{U}_{i,ИКМИ}}{100}\right)^2 + \left(\frac{\delta\tilde{U}_{i,МС}}{100}\right)^2 + \left(\frac{\delta K_{sw}}{100}\right)^2 + \left(\frac{\delta f}{100}\right)^2 + \left(\frac{\delta R}{100}\right)^2}, \quad (20)$$

где $\delta\tilde{U}_{i,ИКМИ}$ - относительная погрешность измерения среднеквадратического значения напряжения на измерительной катушке магнитной индукции М-503.10, %;

$\delta\tilde{U}_{i,МС}$ - относительная погрешность измерения среднеквадратического значения напряжения на мере сопротивления переменного тока, %

δK_{sw} - относительная погрешность постоянной измерительной катушки магнитной индукции М-503.10, %;

δf - относительная погрешность частоты выходного сигнала генератора 33220А, %;

δR - нестабильность сопротивления за 1 год меры сопротивления переменного тока, %.

9.5.1.16 Рассчитать границы суммарной погрешности коэффициента преобразования меры $\delta \tilde{K}$, %, по формуле:

$$\delta \tilde{K} = \pm \frac{1}{\tilde{K}} \cdot \left(\frac{\Delta \tilde{K}_{cl} + \Theta_{\tilde{K}}}{S_{\tilde{K}} + \frac{\Theta_{\tilde{K}}}{1.1 \cdot \sqrt{3}}} \cdot \sqrt{\frac{1}{3} \cdot \left(\frac{\Theta_{\tilde{K}}}{1.1} \right)^2 + S_{\tilde{K}}^2} \right) \cdot 100 \quad (21)$$

9.5.1.17 Полученное значение $\delta \tilde{K}$ не должно превышать $\pm 1,0$ %.

9.5.1.18 Если требование п. 9.5.1.17 выполняется, значение \tilde{K} , определённое в п. 9.5.1.13, принимается за действительное значение коэффициента преобразования (постоянной) меры для напряжённости переменного магнитного поля (первая резонансная частота) \tilde{K}_{f1} , его значение записывается в таблицу А.3 протокола поверки и формуляр меры.

9.5.1.19 Если требование п. 9.5.1.17 не выполняется, мера признаётся непригодной к применению и к эксплуатации не допускается.

9.5.1.20 Повторить п.п. 9.5.1.8–9.5.1.19 для других резонансных частот меры.

Для частоты 120 Гц измерения проводить для среднеквадратических значений силы тока меры 0,02; 0,05; 0,10; 0,15; 0,2; 0,5; 0,75; 1,0; 1,5; 2,0; 2,7 А (допускаемые отклонения не более ± 5 %). Для токов силой 0,02; 0,05; 0,10; 0,15 А использовать меру МС-10/1; для токов силой 0,2; 0,5; 0,75; 1,0; 1,5 А – меру МС-1/1; для токов силой 2,0; 2,7 А – меру МС-01/1. При необходимости, значения силы тока 0,02 А и 2,7 А могут быть откорректированы с целью получения значений постоянной меры для начала и конца диапазона воспроизведения мерой напряженности переменного магнитного поля на частоте 120 Гц (около 2000 А/м и около 200000 А/м соответственно).

Для частоты 400 Гц измерения проводить для среднеквадратических значений силы тока меры 0,02; 0,03; 0,05; 0,07; 0,10; 0,15; 0,2; 0,3; 0,5; 0,6; 0,7 А (допускаемые отклонения не более ± 5 %). Для токов силой 0,02; 0,03; 0,05; 0,07; 0,10; 0,15 А использовать меру МС-10/1; для токов силой 0,2; 0,3; 0,5; 0,6; 0,7 А – меру МС-1/1. При необходимости, значения силы тока 0,02 А и 0,7 А могут быть откорректированы с целью получения значений постоянной меры для начала и конца диапазона воспроизведения мерой напряженности переменного магнитного поля на частоте 400 Гц (около 2000 А/м и около 50000 А/м соответственно).

В случае поверки меры с резонансными частотами, отличающимися от стандартных (50, 120, 400 Гц), рабочий диапазон силы тока меры должен быть определён при выпуске меры из производства и указан изготовителем меры в формуляре для каждой частоты.

9.5.2 При периодической поверке.

9.5.2.1 Выполнить операции в соответствии с п.п. 9.5.1.1—9.5.1.13 для всех резонансных частот меры.

9.5.2.2 Разность между полученными и приведёнными в предыдущем свидетельстве о поверке значениями коэффициента преобразования (постоянной) меры не должна превышать $\pm 1,0\%$ для каждой резонансной частоты.

9.5.2.3 Если требование п. 9.5.2.2 выполняется, новые значения резонансных частот и коэффициентов преобразования (постоянной) меры записываются в формуляр меры.

9.5.2.4 Если требование п. 9.5.2.2 не выполняется, мера признаётся непригодной к применению и к эксплуатации не допускается.

10 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

10.1 Результаты измерений при поверке оформляют протоколом поверки по форме Приложения А.

10.2 При положительных результатах поверки оформляют свидетельство о поверке в соответствии с ПР 50.2.006-94.

10.3 В случае отрицательных результатов поверки оформляют извещение о непригодности в соответствии с ПР 50.2.006-94 с указанием причин непригодности.

Главный метролог ООО "МИКРОАКУСТИКА"  Л.А. Фролова

Ведущий инженер ООО "МИКРОАКУСТИКА"  С.В. Гагаев

Приложение А
(рекомендуемое)

Протокол № _____
поверки меры напряженности магнитного поля М-503
заводской № _____

Средства поверки:

Условия поверки:

1 Внешний осмотр:

2 Опробование:

3 Определение коэффициента преобразования (постоянной) и погрешности коэффициента преобразования меры для напряжённости постоянного магнитного поля.

Таблица А.1

Наименование характеристики	Значения характеристики									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$+I_i$, А (номинальный)	0,25	0,5	1,0	1,8	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	7,5
$+I_i$, А (действительный)										
$+B_i$, Тл										
$+H_i$, А/м										
$+\bar{K}_i$, 1/м										
$-I_i$, А (номинальный)	0,25	0,5	1,0	1,8	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	7,5
$-I_i$, А (действительный)										
$-B_i$, Тл										
$-H_i$, А/м										
$-\bar{K}_i$, 1/м										

$\bar{K} = \underline{\hspace{2cm}}$ 1/м

$\delta\bar{K} = \underline{\hspace{2cm}}$ %

Таблица А.2

Наименование характеристики	Значения характеристики				
	1	2	3	4	5
$+H_{i,M-503}$, А/м (номинальное)	2000	5000	10000	15000	20000
$+I_{i,M-503}$, А					
$+H_{i,M-503}$, А/м (действительное)					
$+I_{i,M-113}$, А					
$+H_{i,M-113}$, А/м,					
$+K_{i,M-503}$, 1/м					
$\Delta K_{i,M-503}$, %					
$-H_{i,M-503}$, А/м (номинальное)	2000	5000	10000	15000	20000
$-I_{i,M-503}$, А					
$-H_{i,M-503}$, А/м (действительное)					
$-I_{i,M-113}$, А					
$-H_{i,M-113}$, А/м,					
$-K_{i,M-503}$, 1/м					
$\Delta K_{i,M-503}$, %					

4 Определение постоянной измерительной катушки магнитной индукции М-503.10.

$K_{sw} =$ _____ Вб/Тл (протокол поверки № _____ от " _____ " _____ 20 ____ г.)

5 Определение коэффициента преобразования (постоянной) и погрешности коэффициента преобразования меры для напряжённости переменного магнитного поля.

Таблица А.3 – Резонансная частота меры $f_1 = \underline{\hspace{2cm}}$ Гц.

Наименование характеристики	Значения характеристики										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
\tilde{I}_i , А (номинальный)	0,1	0,2	0,3	0,5	1,0	1,5	1,8	3,0	4,0	5,0	5,5
$\tilde{U}_{i,MC}$, В											
\tilde{I}_i , А (действительный)											
$\tilde{U}_{i,ИКМИ}$, В											
\tilde{H}_i , А/м											
\tilde{K}_i , 1/м											

$$\tilde{K}_{f1} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ 1/м}$$

$$\delta\tilde{K}_{f1} = \underline{\hspace{2cm}} \%$$

Таблица А.4 – Резонансная частота меры $f_2 = \underline{\hspace{2cm}}$ Гц.

Наименование характеристики	Значения характеристики										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
\tilde{I}_i , А (номинальный)	0,02	0,05	0,10	0,15	0,2	0,5	0,75	1,0	1,5	2,0	2,7
$\tilde{U}_{i,MC}$, В											
\tilde{I}_i , А (действительный)											
$\tilde{U}_{i,ИКМИ}$, В											
\tilde{H}_i , А/м											
\tilde{K}_i , 1/м											

$$\tilde{K}_{f2} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ 1/м}$$

$$\delta\tilde{K}_{f2} = \underline{\hspace{2cm}} \%$$

Таблица А.5 – Резонансная частота меры $f_3 = \underline{\hspace{2cm}}$ Гц.

Наименование характеристики	Значения характеристики										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
\tilde{I}_i , А (номинальный)	0,02	0,03	0,05	0,07	0,10	0,15	0,2	0,3	0,5	0,6	0,7
$\tilde{U}_{i,MC}$, В											
\tilde{I}_i , А (действительный)											
$\tilde{U}_{i,ИКМИ}$, В											
\tilde{H}_i , А/м											
\tilde{K}_i , 1/м											

$$\tilde{K}_{f3} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ 1/м}$$

$$\delta\tilde{K}_{f3} = \underline{\hspace{2cm}} \%$$

Заключение: *Годен/ Не годен*

Знак поверки:

Выписано свидетельство о поверке / извещение № _____ от " ____ " _____ 20 ____ г.

Поверитель:

_____ / _____ /
подпись инициалы, фамилия