

Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии
Федеральное государственное унитарное предприятие
«Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им.Д.И.Менделеева»
Уральский научно-исследовательский институт метрологии - филиал
Федерального государственного унитарного предприятия
«Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии
им. Д. И. Менделеева»
(УНИИМ - филиал ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»)

СОГЛАСОВАНО



Директор УНИИМ – филиала
ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»

Е.П. Собина

2024 г.

**«ГСИ. ТЕСЛАМЕТРЫ PROGRESS LZ-680
МЕТОДИКА ПОВЕРКИ»**

МП 102-261-2023

Екатеринбург
2024

ПРЕДИСЛОВИЕ

1. РАЗРАБОТАНА: Уральским научно-исследовательским институтом метрологии – филиалом Федерального государственного унитарного предприятия «Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им. Д.И.Менделеева»
(УНИИМ – филиал ФГУП «ВНИИМ им. Д.И.Менделеева»)

2. ИСПОЛНИТЕЛИ: Научный сотрудник лаб. 261 Е.А. Волегова
Ведущий инженер лаб.261 Е.С. Никова
Старший инженер лаб.261 В.В. Конева

3 СОГЛАСОВАНО директором УНИИМ – филиалом ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» в 2024 г.

СОДЕРЖАНИЕ

| | | |
|----|--|----|
| 1 | ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ..... | 4 |
| 2 | НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ..... | 5 |
| 3 | ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ..... | 5 |
| 4 | ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ..... | 6 |
| 5 | ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ..... | 6 |
| 6 | МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ..... | 6 |
| 7 | ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ..... | 7 |
| 8 | ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ..... | 8 |
| 9 | ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ..... | 8 |
| 10 | ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ..... | 8 |
| 11 | ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ..... | 9 |
| 12 | ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ..... | 14 |
| 13 | ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ..... | 18 |

Государственная система обеспечения единства измерений.
Тесламетры PROGRESS-LZ-680.
Методика поверки

МП 102 – 261 – 2023

Дата введения в действие «__» _____ 2024 г.

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика поверки (далее – МП) распространяется на тесламетры PROGRESS LZ-680 (далее – тесламетры), производства HUNAN LINKJOIN TECHNOLOGY CO., LTD, Китай, Китай, предназначенные для измерений магнитной индукции и напряженности постоянных магнитных полей, среднеквадратических значений магнитной индукции и напряженности переменных магнитных полей.

При проведении поверки обеспечивается прослеживаемость тесламетров к ГЭТ 12-2021 «Государственный первичный эталон единиц магнитной индукции, магнитного потока, магнитного момента и градиента магнитной индукции» согласно части 1 государственной поверочной схемы, утвержденной ГОСТ Р 8.030-2013.

1.3 В настоящей МП реализована поверка методом сличения с помощью компаратора.

1.4 Настоящая МП применяется для поверки тесламетров, используемых в качестве рабочих средств измерений. В результате поверки должны быть подтверждены следующие метрологические требования, приведенные в таблице 1.

Таблица 1 – Метрологические характеристики

| Наименование характеристики | Значение |
|---|--|
| Диапазон показаний: – магнитной индукции постоянного магнитного поля, мТл – магнитной индукции переменного магнитного поля, мТл – напряженности постоянного магнитного поля, кА/м – напряженности переменного магнитного поля, кА/м | от 0 до 3000 от 0 до 300 от 0 до 2400 от 0 до 240 |
| Пределы измерений магнитной индукции постоянного магнитного поля, мТл | 300; 3000 |
| Пределы измерений магнитной индукции переменного магнитного поля, мТл | 30; 300 |
| Пределы измерений напряженности постоянного магнитного поля, кА/м | 240; 2400 |
| Пределы измерений напряженности переменного магнитного поля, кА/м | 24; 240 |
| Диапазон измерений магнитной индукции постоянного магнитного поля (режим DC), мТл: – измерительный зонд «поперечный» – измерительный зонд «осевой» | от 1 до 2500 от 1 до 200 |
| Диапазон измерений среднеквадратических значений магнитной индукции переменного магнитного поля (режим AC), мТл | от 1 до 200 |
| Диапазон измерений напряженности постоянного магнитного поля (режим DC), кА/м – измерительный зонд «поперечный» – измерительный зонд «осевой» | от 0,8 до 2000 от 0,8 до 160 |
| Диапазон измерений напряженности переменного магнитного поля (режим AC), кА/м | от 0,8 до 160 |
| Пределы допускаемой относительной погрешности измерений магнитной индукции и напряженности постоянного магнитного поля, %: – в поддиапазоне от 1 до 50 мТл включ.; от 0,8 до 40 кА/м включ.; – в поддиапазоне св. 50 до 2500 мТл; св. 40 до 2000 кА/м | $\pm (3+0,05 \cdot (B_n/B_{н-1}))$ $\pm 2,0$ |

2 НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

2.1 В настоящей МП использованы ссылки на следующие документы:

– Приказ Минтруда и Соцзащиты от 15.12.2020 г. № 903н «Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок»;

– ГОСТ 8.030-2013 «ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений магнитной индукции, магнитного потока, магнитного момента и градиента магнитной индукции»;

– Приказ Минпромторга России № 2510 от 31.07.2020 г. «Об утверждении порядка проведения поверки средств измерений, требования к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке»;

– Приказ Минпромторга России № 2906 от 28.08.2020 г. «Об утверждении порядка создания и ведения Федерального информационного фонда по обеспечению единства измерений, передачи сведений в него и внесения изменений в данные сведения, предоставления содержащихся в нем документов и сведений».

Примечание – При пользовании настоящим документом целесообразно проверить действие ссылочных документов. Если ссылочный документ заменен (изменен), то при использовании настоящим документом следует руководствоваться замененным (измененным) стандартом. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ

3.1 При проведении поверки тесламетров должны выполняться операции согласно таблице 2.

Таблица 2 – Операции поверки

| Наименование операции | Обязательность выполнения операций при | | Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки |
|---|--|-----------------------|--|
| | первичной поверке | периодической поверке | |
| Внешний осмотр средства измерений | Да | Да | 8 |
| Подготовка к поверке и опробование средства измерений | Да | Да | 9 |
| Проверка программного обеспечения | Да | Да | 10 |
| Определение метрологических характеристик средств измерений: | | | 11 |
| - определение диапазона и относительной погрешности измерений индукции постоянного магнитного поля | Да | Да | 11.1 |
| - определение диапазона и относительной погрешности измерений индукции переменного магнитного поля | Да | Да | 11.2 |
| - определение диапазона и относительной погрешности измерений напряженности постоянного магнитного поля | Да | Да | 11.3 |
| - определение диапазона и относительной погрешности измерений напряженности переменного магнитного поля | Да | Да | 11.4 |
| Подтверждение соответствия средств измерений метрологическим требованиям | Да | Да | 12 |

3.2 Если при выполнении той или иной операции выявлено несоответствие установленным требованиям, поверка приостанавливается, выясняются и устраняются причины несоответствия, после этого повторяется поверка по операции, по которой выявлено несоответствие. В случае повторного выявления несоответствия установленным требованиям поверку прекращают, выдается извещение о непригодности.

3.3 Допускается проводить поверку не для всех измерительных зондов, входящих в комплектность. Измерительные зонды, с которыми была проведена поверка, указываются в свидетельстве о поверке.

3.4 Допускается проводить поверку не на всех пределах измерений и режимах работы. Режим работы и предел измерений магнитной индукции и/или напряженности магнитного поля, в котором была проведена поверка, указываются в свидетельстве о поверке.

4 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

4.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха, С° 20 ± 5;
- относительная влажность воздуха, не более, % 75;
- питание:
- от сети переменного тока напряжением, В 220 ± 11;
- с частотой питающей сети, Гц 50 ± 0,5.

4.2 Вибрация и тряска должны отсутствовать.

5 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

5.1 К проведению работ по поверке допускаются лица из числа специалистов, допущенных к поверке, работающих в организации, аккредитованной на право поверки средств магнитных измерений.

5.2 К проведению работ по поверке допускаются лица, прошедшие инструктаж по технике безопасности при работе с электроустановками, изучившие инструкцию по эксплуатации, и ознакомившиеся с эксплуатационной документацией (далее - ЭД) на тесламетры и настоящей МП.

6 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

6.1 При проведении поверки применяют оборудование согласно таблице 3.

Таблица 3 – Метрологические и технические требования к средствам поверки

| Операции поверки, требующие применение средств поверки | Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки | Перечень рекомендуемых средств поверки |
|---|---|---|
| п. 9 Контроль условий поверки (подготовка к поверке и опробование средства измерений) | Средства измерений температуры и влажности окружающей среды в диапазонах не менее требуемых по п. 4.1 | Термогигрометр ИВА-6А-Д (рег. № 82393-21) |

| Операции поверки, требующие применение средств поверки | Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки | Перечень рекомендуемых средств поверки |
|--|---|---|
| п. 11 Определение метрологических характеристик средства измерений | Измеритель магнитной индукции, диапазон измерений напряженности магнитного поля от 2,4 до 1600,0 кА/м, диапазон измерений магнитной индукции магнитного поля от 0,003 до 2,0 Тл. Пределы допускаемой относительной погрешности измерений магнитной индукции, напряженности поля в режиме DC $\pm 1,5 \%$; в режиме AC-RMS $\pm 2,0 \%$ | Измеритель напряженности магнитного поля Gauss- / Teslameter FH (рег. № 67445-17) |
| | Рабочий эталон единицы магнитной индукции постоянного магнитного поля 2-го разряда в диапазоне значений от 25 до 2000 мТл по ГОСТ 8.030-2013 | Измеритель магнитной индукции Ш1-9 (рег. № 9335-83) |
| | Соленоид магнитных полей, обеспечивающий неоднородность магнитного поля в рабочей зоне не более 0,5 %, максимальное значение тока не менее $I_{\max} = 2,5 \text{ А}$. | Соленоид магнитных полей С-1 |
| | Электромагнит, обеспечивающий в рабочем зазоре высотой 15 мм индукцию магнитного поля не менее 2,0 Тл, с неоднородностью, не превышающей 0,05 % на 1 см. | Электромагнит лабораторный ЭЛ-1 |
| | Источник постоянного напряжения и тока стабилизированный с диапазоном выходного напряжения (0-60) В, диапазоном выходного тока (0-8) А. | Источник напряжения и тока стабилизированный БЗ-796.4 |
| | Генератор сигналов низкочастотный, диапазон (0-5) В, от 0,001 Гц до 1999999,999 Гц | Генератор сигналов низкочастотный прецизионный ГЗ- 122 |
| | Усилитель мощности, выходная мощность 1500 Вт на 8 Ом, 1650 Вт на 6 Ом, 2200 Вт на 4 Ом | Усилитель мощности MNA 3000 |
| | Примечание – Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа и поверенные (имеющие запись в Федеральном информационном фонде), удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанные в таблице. | |

6.2 Эталоны, применяемые для поверки, должны быть поверены (аттестованы), средства измерений – поверены, испытательное оборудование – аттестовано, вспомогательное оборудование должно иметь действующий техосмотр.

7 ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

7.1 При проведении поверки должны соблюдаться требования по обеспечению безопасности, установленные в организации, занимающейся поверкой, и производственной санитарии.

7.2 При проведении поверки должны соблюдаться требования приказа Минтруда России от 15.12.2020 г. № 903н «Об утверждении правил по охране труда при эксплуатации

электроустановок» и требования эксплуатационной документации на тесламетры и средства поверки.

8 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

8.1 Провести визуальную проверку внешнего вида.

При внешнем осмотре тесламетра устанавливают:

- соответствие внешнего вида и комплектности тесламетра сведениям, приведенным в описании типа;
- отсутствие видимых дефектов, способных оказать влияние на безопасность проведения поверки или результаты поверки;
- четкость обозначений и маркировки;
- четкость показаний на дисплее.

8.2 В случае, если при внешнем осмотре тесламетра выявлены повреждения или дефекты, способные оказать влияние на безопасность проведения поверки или результаты поверки, поверка может быть продолжена только после устранения этих повреждений или дефектов.

8.3 Если требования 8.1, 8.2 не выполняются, тесламетр признают непригодным к применению, дальнейшие операции поверки не проводят.

9 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

9.1 Подготовка тесламетра к проведению измерений

9.1.1 Проводят контроль условий поверки с помощью термогигрометра, на соответствие требованиям п. 4.1 настоящей МП

9.1.2 Перед поверкой выдерживают тесламетр и средства поверки в нормальных климатических условиях по п. 4 не менее 4-х часов.

9.2 Опробование

При опробовании выполняют следующие операции:

9.2.1 Подключают к тесламетру измерительный зонд «поперечный» и кабель питания;

9.2.2 Включают тесламетр и выдерживают во включенном состоянии не менее 15-ти минут.

9.2.3 Проверяют работу клавиатуры и цифрового дисплея.

9.2.4 Устанавливают на тесламетре режим измерения магнитной индукции постоянного магнитного поля (режим DC), единицы измерения – «мТл» и предел измерения «300 мТл».

9.2.5 Обеспечив неподвижность измерительного зонда на рабочем столе поверителя (при этом рабочая часть измерительного зонда должна быть удалена от источников магнитного поля на расстояние не менее 1,5 м) устанавливают показания тесламетра «нуль» и убеждаются в том, что оно устанавливается в пределах $\pm 0,05$ мТл.

9.2.6 Повторяют операции по п.9.2.3 – п.9.2.5, подключив измерительный зонд «осевой».

9.2.7 Если требования 9.2.5 не выполняются, тесламетр признают непригодным к применению, дальнейшие операции поверки не проводят.

10 ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

10.1 Наименование и версия встроенного программного обеспечения (далее – ПО) высвечивается при включении тесламетра.

Идентификационные данные программного обеспечения должны соответствовать указанным в таблице 4.

Таблица 4 – Идентификационные данные встроенного программного обеспечения

| Идентификационные данные (признаки) | Значение |
|---|--------------|
| Идентификационное наименование ПО | Firmware |
| Номер версии (идентификационный номер) ПО | не ниже V2.2 |
| Цифровой идентификатор ПО | – |

10.2 Если требования 10.1 не выполняются, тесламетр признают непригодным к применению, дальнейшие операции поверки не проводят.

11 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

11.1 Определение относительной погрешности измерений магнитной индукции постоянного магнитного поля

Относительную погрешность измерений магнитной индукции постоянного магнитного поля определяют с помощью эталонного тесламетра.

11.1.1 Определение относительной погрешности измерения магнитной индукции постоянного магнитного поля в диапазоне *от 1 до 50 мТл включ.* проводят в следующем порядке:

11.1.1.1 Подключают соленоид к источнику постоянного тока.

11.1.1.2 Подключают к поверяемому тесламетру измерительный зонд «поперечный». Переводят тесламетр в режим измерения магнитной индукции постоянного магнитного поля (режим DC), устанавливают единицы измерения «мТл» и устанавливают показания тесламетра «ноль».

11.1.1.3 Помещают измерительные зонды поверяемого тесламетра и эталонного тесламетра (измеритель FH 54) в геометрический центр рабочей зоны соленоида так, чтобы рабочие поверхности измерительных зондов были параллельны между собой, а ось измерительных зондов тесламетров (направление измерения) была соосна с соленоидом.

11.1.1.4 Последовательно устанавливают (по показаниям измерителя FH 54) в геометрическом центре рабочей зоны соленоида не менее 5 значений магнитной индукции, равномерно распределенных по диапазону (пределу) измерений. При каждом устанавливаемом значении магнитной индукции проводят не менее трех измерений магнитной индукции поверяемым тесламетром. Результаты измерений заносят в таблицу 5.

11.1.1.5 Повторяют измерения, изменив полярность магнитного поля, действующего на преобразователь Холла измерительного зонда.

Таблица 5 – Измерения магнитной индукции постоянного магнитного поля в соленоиде

| Рекомендуемое значение магнитной индукции, мТл | Показания FH 54 $B_{эт}$, мТл | Показания тесламетра $B_{и}$, мТл | | | | Относительная погрешность δ , % | Пределы допускаемой относительной погрешности измерений, %, \pm |
|--|--------------------------------|------------------------------------|-------|-------|-----------|--|---|
| | | B_1 | B_2 | B_3 | \bar{B} | | |
| Предел измерений 300 мТл, направление поля «+» | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| Предел измерений 300 мТл, направление поля «-» | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

11.1.1.6 Повторяют операции п. 11.1.1 для измерительного зонда «осевой».

11.1.2 Определение относительной погрешности измерений магнитной индукции постоянного магнитного поля в диапазоне *св. 50 до 2500 мТл* проводят в следующем порядке:

11.1.2.1 Подключают электромагнит к источнику постоянного тока.

11.1.2.2 Подключают к поверяемому тесламетру измерительный зонд «поперечный». Переводят тесламетр в режим измерения магнитной индукции постоянного магнитного поля (режим DC), устанавливают единицы измерения «мТл» и устанавливают показания тесламетра «ноль».

11.1.2.3 Помещают измерительный зонд поверяемого тесламетра и измерителя магнитной индукции Ш1-9 в рабочий объем электромагнита.

11.1.2.4 Последовательно устанавливают (по показаниям измерителя магнитной индукции Ш1-9) в геометрическом центре рабочей зоны электромагнита не менее 5 значений магнитной индукции, равномерно распределенных по диапазону (пределу) измерений. При каждом устанавливаемом значении магнитной индукции провести однократное измерение испытуемым тесламетром. Результаты измерений занести в таблицу 6.

11.1.2.5 Повторяют измерения, изменив полярность магнитного поля, действующего на преобразователь Холла измерительного зонда.

Таблица 6 – Измерения магнитной индукции постоянного магнитного поля в электромагните

| Рекомендуемое значение индукции, мТл | Установленное значение магнитной индукции, мТл | Показания тесламетра, мТл | | Относительная погрешность δ , % | | Пределы допускаемой относительной погрешности измерений, %, \pm |
|--------------------------------------|--|---------------------------|----|--|----|---|
| | | V+ | V. | V+ | V. | |
| Предел измерений 300 мТл | | | | | | |
| | | | | | | 2,0 |
| | | | | | | 2,0 |
| | | | | | | 2,0 |
| | | | | | | 2,0 |
| | | | | | | 2,0 |
| Предел измерений 3 Тл | | | | | | |
| | | | | | | 2,0 |
| | | | | | | 2,0 |
| | | | | | | 2,0 |
| | | | | | | 2,0 |
| | | | | | | 2,0 |

11.2 Определение относительной погрешности измерений магнитной индукции переменного магнитного поля

Относительную погрешность измерений магнитной индукции переменного магнитного поля определяют с помощью эталонного тесламетра.

11.2.1 Подключают к тесламетру измерительный зонд «поперечный». Переводят поверяемый тесламетр в режим измерения магнитной индукции переменного магнитного поля (режим AC), устанавливают единицы измерения «мТл» и устанавливают показания тесламетра «ноль».

11.2.2 Подключают соленоид к источнику переменного тока.

11.2.3 Помещают измерительные зонды поверяемого тесламетра и эталонного тесламетра (измеритель FH 54) в геометрический центр рабочей зоны соленоида так, чтобы рабочие поверхности измерительных зондов были параллельны между собой, а ось измерительных зондов тесламетров (направление измерения) была соосна с соленоидом.

11.2.4 Последовательно устанавливают (по показаниям измерителя FH 54) не менее 5 значений магнитной индукции, равномерно распределенных по диапазону (пределу) измерений. При каждом устанавливаемом значении магнитной индукции проводят не менее трех измерений магнитной индукции. Результаты измерений занести в таблицу 7.

Таблица 7 – Измерения магнитной индукции переменного магнитного поля в соленоиде

| Рекомендуемое значение индукции, мТл | Показания FH 54 $B_{эт}$, мТл | Показания тесламетра B_n , мТл | | | | Относительная погрешность δ , % | Пределы допускаемой относительной погрешности измерений, %, \pm |
|---|--------------------------------|----------------------------------|-------|-------|-----------|--|---|
| | | B_1 | B_2 | B_3 | \bar{B} | | |
| Предел измерений 30 мТл, частота 50 Гц | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| Предел измерений 300 мТл, частота 50 Гц | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

11.2.5 Повторяют операции по методике п.11.2, подсоединив к электронному блоку тесламетра измерительный зонд «осевой».

11.3 Определение относительной погрешности измерений напряженности постоянного магнитного поля

Относительную погрешность измерений напряженности постоянного магнитного поля определяют с помощью эталонного тесламетра.

11.3.1 Определение относительной погрешности измерения напряженности постоянно магнитного поля в диапазоне *от 0,8 до 40 кА/м включ.* проводят в следующем порядке:

11.3.1.1 Подключают соленоид к источнику постоянного тока.

11.3.1.2 Подключают к тесламетру измерительный зонд «поперечный». Эталонный и поверяемый тесламетры переводят в режим измерения напряженности постоянного магнитного поля (режим DC), устанавливают единицы измерения «кА/м» и устанавливают показания тесламетра «ноль».

11.3.1.4 Помещают измерительные зонды поверяемого тесламетра и эталонного тесламетра (измеритель FH 54) в геометрический центр рабочей зоны соленоида так, чтобы рабочие поверхности измерительных зондов были параллельны между собой, а ось измерительных зондов тесламетров (направление измерения) была соосна с соленоидом.

11.3.1.5 Последовательно устанавливают (по показаниям измерителя FH 54) в геометрическом центре рабочей зоны соленоида не менее 5 значений напряженности магнитного поля, равномерно распределенных по диапазону (пределу) измерений. При каждом устанавливаемом значении напряженности магнитного поля проводят не менее трех измерений напряженности магнитного поля. Результаты измерений занести в таблицу 8.

11.3.1.6 Повторяют измерения, изменив полярность магнитного поля, действующего на преобразователь Холла измерительного зонда.

11.3.1.7 Повторяют операции п. 11.3.1 для измерительного зонда «осевой».

Таблица 8 – Измерения напряженности постоянного магнитного поля в соленоиде

| Рекомендуемое значение напряженности магнитного поля, кА/м | Показания ФН 54 $H_{эт}$, кА/м | Показания тесламетра H_i , кА/м | | | | Относительная погрешность δ , % | Пределы допускаемой относительной погрешности измерений, %, \pm |
|--|------------------------------------|--------------------------------------|-------|-------|-----------|---|---|
| | | H_1 | H_2 | H_3 | \bar{H} | | |
| Предел измерений 240 кА/м, направление поля «+» | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| Предел измерений 240 кА/м, направление поля «-» | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

11.3.2 Определение относительной погрешности измерений напряженности постоянно-го магнитного поля в диапазоне *св. 40 до 2000 кА/м* проводят в следующем порядке:

11.3.2.1 Подключают электромагнит к источнику постоянного тока.

11.3.2.2 Подключают к поверяемому тесламетру измерительный зонд «поперечный». Переводят тесламетр в режим измерения напряженности постоянного магнитного поля (режим DC), устанавливают единицы измерения «кА/м» и устанавливают показания тесламетра «ноль».

11.3.2.3 Помещают измерительные зонды поверяемого тесламетра и измерителя магнитной индукции Ш1-9 в рабочий объем электромагнита.

11.3.2.4 Последовательно устанавливают (по показаниям измерителя магнитной индукции

Ш1-9) в межполюсном пространстве электромагнита не менее 5 значений магнитной индукции, равномерно распределенных по диапазону (пределу) измерений. При каждом устанавливаемом значении напряженности магнитного поля провести однократное измерение напряженности магнитного поля испытуемым тесламетром. Результаты измерений занести в таблицу 9.

11.3.2.5 Эталонное значение напряженности магнитного поля $H_{эт}$, кА/м, рассчитывают по формуле

$$H_{эт} = \frac{B_{эт}}{\mu_0} \quad (1)$$

где $B_{эт}$ – результат измерения магнитной индукции постоянного магнитного поля с помощью Ш1-9, мТл;

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

11.3.2.6 Повторяют измерения, изменив полярность магнитного поля, действующего на преобразователь Холла измерительного зонда.

Таблица 9 – Измерения напряженности постоянного магнитного поля в электромагните

| Рекомендуемое значение напряженности | | Показания Ш1-9, $B_{эт}$, мТл | Рассчитанные эталонные значения напряженности $H_{эт}$, кА/м | Показания тесламетра, мТл | | Относительная погрешность δ , % | | Пределы допускаемой относительной погрешности измерений, %, \pm |
|--------------------------------------|------|--------------------------------|---|---------------------------|----------------|--|----------------|---|
| мТл | кА/м | | | Н ₊ | Н ₋ | Н ₊ | Н ₋ | |
| Предел измерений 240 кА/м | | | | | | | | |
| | | | | | | | | 2,0 |
| | | | | | | | | 2,0 |
| | | | | | | | | 2,0 |
| | | | | | | | | 2,0 |
| | | | | | | | | 2,0 |
| Предел измерений 2400 кА/м | | | | | | | | |
| | | | | | | | | 2,0 |
| | | | | | | | | 2,0 |
| | | | | | | | | 2,0 |
| | | | | | | | | 2,0 |
| | | | | | | | | 2,0 |

11.4 Определение относительной погрешности измерений напряженности переменного магнитного поля

Относительную погрешность измерений напряженности переменного магнитного поля определяют с помощью эталонного тесламетра проводят в следующем порядке:

11.4.1 Подключают к тесламетру измерительный зонд «поперечный». Переводят поверяемый тесламетр в режим измерения напряженности переменного магнитного поля (режим АС), устанавливают единицы измерения «кА/м» и устанавливают показания тесламетра «ноль».

11.4.2 Подключают соленоид к источнику переменного тока.

11.4.3 Помещают измерительные зонды поверяемого тесламетра и эталонного тесламетра (измеритель FH 54) в геометрический центр рабочей зоны соленоида так, чтобы рабочие поверхности измерительных зондов были параллельны между собой, а ось измерительных зондов тесламетров (направление измерения) была соосна с соленоидом.

11.4.4 Последовательно устанавливают (по показаниям измерителя FH 54) не менее 5 значений напряженности магнитного поля, равномерно распределенных по диапазону (пределу) измерений. При каждом устанавливаемом значении напряженности магнитного поля проводят не менее трех измерений напряженности магнитного поля поверяемым тесламетром. Результаты измерений заносят в таблицу 10.

Таблица 10 – Измерения напряженности переменного магнитного поля в соленоиде

| Рекомендуемое значение напряженности | | Показания Ш1-9, $B_{эт}$, мТл | Рассчитанные эталонные значения напряженности $H_{эт}$, кА/м | Показания тесламетра, мТл | | Относительная погрешность δ , % | | Пределы допускаемой относительной погрешности измерений, %, \pm |
|--------------------------------------|------|--------------------------------|---|---------------------------|----------------|--|----------------|---|
| мТл | кА/м | | | Н ₊ | Н ₋ | Н ₊ | Н ₋ | |
| Предел измерений 240 кА/м | | | | | | | | |
| | | | | | | | | 2,0 |
| | | | | | | | | 2,0 |
| | | | | | | | | 2,0 |
| | | | | | | | | 2,0 |
| | | | | | | | | 2,0 |

| Рекомендуемое значение напряженности | | Показания ШП-9, $B_{эт}$, мТл | Рассчитанные эталонные значения напряженности $H_{эт}$, кА/м | Показания тесламетра, мТл | | Относительная погрешность δ , % | | Пределы допускаемой относительной погрешности измерений, %, \pm |
|--------------------------------------|------|--------------------------------|---|---------------------------|----|--|----|---|
| мТл | кА/м | | | Н+ | Н- | Н+ | Н- | |
| Предел измерений 2400 кА/м | | | | | | | | |
| | | | | | | | | 2,0 |
| | | | | | | | | 2,0 |
| | | | | | | | | 2,0 |
| | | | | | | | | 2,0 |
| | | | | | | | | 2,0 |

11.4.5 Повторяют операции по методике п.11.4, подсоединив к электронному блоку тесламетра измерительный зонд «осевой».

12 ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

12.1 Определение относительной погрешности измерений магнитной индукции постоянного магнитного поля

12.1.1 По результатам измерений, полученным в 11.1.1 рассчитывают относительную погрешность измерений магнитной индукции постоянного магнитного поля δ , %, в диапазоне от 1 до 50 мТл включ. по формуле

$$\delta = \frac{t \cdot S_{\bar{B}} + \sqrt{3} \cdot S_{\theta}}{S_{\bar{B}} + S_{\theta}} \cdot \sqrt{S_{\bar{B}}^2 + S_{\theta}^2}, \quad (2)$$

где t – коэффициент Стьюдента, который зависит от доверительной вероятности P и числа результатов измерений n (для $P = 0,95$ и $n = 3$ $t = 4,30$);

$S_{\bar{B}}$ – относительное среднее квадратическое отклонение результата измерений магнитной индукции, %;

S_{θ} – относительное среднее квадратическое отклонение неисключённой систематической погрешности измерения магнитной индукции, %.

Относительное значение среднего квадратического отклонения результата измерений магнитной индукции $S_{\bar{B}}$, %, рассчитывают по формуле

$$S_{\bar{B}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (B_i - \bar{B})^2}{n(n-1)}} \cdot \frac{100}{\bar{B}}, \quad (3)$$

где B_i – i -ый результат измерений магнитной индукции, Тл;

n – число результатов измерений, $n \geq 3$;

\bar{B} – среднее арифметическое значение результатов измерений магнитной индукции, Тл, рассчитанное по формуле

$$\bar{B} = \frac{\sum_{i=1}^n B_i}{n}. \quad (4)$$

Относительное значение среднего квадратического отклонения неисключённой систематической погрешности измерения магнитной индукции S_θ , %, рассчитывают по формуле

$$S_\theta = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \sqrt{\delta_{\text{эт}}^2 + \delta_{\text{откл}}^2 + \left(\frac{d}{2\bar{B}} \cdot 100\right)^2}, \quad (5)$$

где $\delta_{\text{эт}}$ – относительная погрешность измерения магнитной индукции эталонным тесламетром (измеритель FH 54), %;

d – цена единицы наименьшего разряда при измерении магнитной индукции, Тл;

$\delta_{\text{откл}}$ – отклонение полученного результаты измерений от показаний эталонного тесламетра, %, рассчитанное по формуле

$$\delta_{\text{откл}} = \frac{\bar{B} - B_{\text{эт}}}{B_{\text{эт}}} \cdot 100, \quad (6)$$

где $B_{\text{эт}}$ – значение магнитной индукции, измеренное эталонным тесламетром, Тл.

12.1.2 Полученные значения относительной погрешности заносят в таблицу 5.

12.1.3 Полученные значения относительной погрешности измерений магнитной индукции постоянного магнитного поля тесламетра в диапазоне *от 1 до 50 мТл включ* не должны превышать $\pm (3 + 0,05 \cdot (B_{\text{п}}/B_{\text{и}} - 1))$ %.

12.1.4 По результатам измерений, полученным в 11.1.2, рассчитывают относительную погрешность измерений магнитной индукции в диапазоне *св. 50 до 2500 мТл* по формуле

$$\delta = \frac{\bar{B} - B_{\text{эт}}}{B_{\text{эт}}} \cdot 100, \quad (7)$$

где $B_{\text{п}}$ – значение магнитной индукции, измеренное испытуемым тесламетром, мТл;

$B_{\text{эт}}$ – значение магнитной индукции, измеренное эталонным тесламетром (измеритель Ш1-9), мТл.

12.1.5 Полученные значения относительной погрешности заносят в таблицу 6.

12.1.6 Полученные значения относительной погрешности измерений магнитной индукции постоянного магнитного поля тесламетра в диапазоне *св. 50 до 2500 мТл* не должны превышать $\pm 2,0$ %.

12.1.7 Диапазон измерений магнитной индукции постоянного магнитного поля соответствует заявленному значению, если полученные значения относительной погрешности находятся в пределах, указанных в п. 12.1.3 и 12.1.6.

12.1.8 Диапазон показаний магнитной индукции постоянного магнитного поля соответствует заявленному значению, если подтвержден п. 12.1.7.

12.1.9 Если требования 12.1.3 и 12.1.6 не выполняются, тесламетр признают непригодным к применению в режиме измерений индукции постоянного магнитного поля.

12.2 Определение относительной погрешности измерений магнитной индукции переменного магнитного поля

12.2.1 По результатам измерений, полученным в 11.2 рассчитывают относительную погрешность измерений магнитной индукции переменного магнитного поля по формуле (2).

12.2.2 Полученные значения относительной погрешности заносят в таблицу 7.

12.2.3 Полученные значения относительной погрешности измерений магнитной индукции переменного магнитного поля тесламетра не должны превышать $\pm (5+0,4 \cdot (B_n/B_n-1))\%$.

12.2.4 Диапазон измерений магнитной индукции переменного магнитного поля соответствует заявленному значению, если полученные значения относительной погрешности находятся в пределах, указанных в п. 12.2.3.

12.2.5 Диапазон показаний магнитной индукции переменного магнитного поля соответствует заявленному значению, если подтвержден п. 12.2.4.

12.2.6 Если требования 12.2.3 не выполняются, тесламетр признают непригодным к применению в режиме измерений индукции переменного магнитного поля.

12.3 Определение относительной погрешности измерений напряженности постоянного магнитного поля

12.3.1 Относительную погрешность измерений напряженности постоянного магнитного поля в диапазоне от 0,8 до 40 кА/м включ. Рассчитывают по формуле

$$\delta = \frac{t \cdot S_{\bar{H}} + \sqrt{3} \cdot S_{\theta}}{S_{\bar{H}} + S_{\theta}} \cdot \sqrt{S_{\bar{H}}^2 + S_{\theta}^2}, \quad (8)$$

где t – коэффициент Стьюдента, который зависит от доверительной вероятности P и числа результатов измерений n (для $P = 0,95$ и $n = 3$ $t = 4,30$);

$S_{\bar{H}}$ – относительное среднее квадратическое отклонение результата измерений напряженности магнитного поля, %;

S_{θ} – относительное среднее квадратическое отклонение неисключенной систематической погрешности измерения напряженности магнитного поля, %.

Относительное значение среднего квадратического отклонения результата измерений напряженности магнитного поля $S_{\bar{H}}$, %, рассчитывают по формуле

$$S_{\bar{H}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (H_i - \bar{H})^2}{n(n-1)} \cdot \frac{100}{\bar{H}}}, \quad (9)$$

где H_i – i -ый результат измерений напряженности магнитного поля, А/м;

n – число результатов измерений, $n \geq 3$;

\bar{H} – среднее арифметическое значение результатов измерений напряженности магнитного поля, А/м, рассчитанное по формуле

$$\bar{H} = \frac{\sum_{i=1}^n H_i}{n}, \quad (10)$$

Относительное значение среднего квадратического отклонения неисключенной систематической погрешности измерений напряженности магнитного поля S_{θ} , %, рассчитывают по формуле

$$S_{\theta} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \sqrt{\delta_{\text{эт}}^2 + \delta_{\text{откл}}^2 + \left(\frac{d}{2\bar{H}} \cdot 100\right)^2}, \quad (11)$$

где $\delta_{\text{эт}}$ – относительная погрешность измерения напряженности магнитного поля эталонным тесламетром (измеритель FH 54), %;

d – цена единицы наименьшего разряда при измерении напряженности магнитного

поля, А/м;
 $\delta_{\text{откл}}$ – отклонение полученного результата измерений от показаний эталонного тесламетра, рассчитанное по формуле

$$\delta_{\text{откл}} = \frac{\bar{H} - H_{\text{эт}}}{H_{\text{эт}}} \cdot 100, \quad (12)$$

где $H_{\text{эт}}$ – эталонное значение напряженности магнитного поля, рассчитанное по формуле (1), А/м

12.3.2 Полученные значения относительной погрешности заносят в таблицу 8.

12.3.3 Полученные значения относительной погрешности измерений напряженности постоянного магнитного поля тесламетра в диапазоне *от 0,8 до 40 кА/м включ* не должны превышать $\pm (3+0,05 \cdot (V_{\text{п}}/V_{\text{н}}-1)) \%$.

12.3.4 Относительную погрешность измерений напряженности постоянного магнитного поля в диапазоне *св. 40 до 2000 кА/м* рассчитывают по формуле

$$\delta_{\text{откл}} = \frac{H - H_{\text{эт}}}{H_{\text{эт}}} \quad (13)$$

где H – значение напряженности магнитного поля, измеренное испытуемым тесламетром, кА/м;

$H_{\text{эт}}$ – эталонное значение напряженности магнитного поля, рассчитанное по формуле (1), кА/м.

12.3.5 Полученные значения относительной погрешности заносят в таблицу 9.

12.3.6 Полученные значения относительной погрешности измерений напряженности постоянного магнитного поля тесламетра в диапазоне *св. 40 до 2000 кА/м* не должны превышать $\pm 2,0 \%$.

12.3.7 Диапазон измерений напряженности постоянного магнитного поля соответствует заявленному значению, если полученные значения относительной погрешности находятся в пределах, указанных в п. 12.3.3 и 12.3.6.

12.3.8 Диапазон показаний напряженности постоянного магнитного поля соответствует заявленному значению, если подтвержден п. 12.3.7.

12.3.9 Если требования 12.3.3 и 12.3.6 не выполняются, тесламетр признают непригодным к применению в режиме измерений напряженности постоянного магнитного поля.

12.4 Определение относительной погрешности измерений напряженности переменного магнитного поля

12.4.1 По результатам измерений, полученным в 11.4 рассчитывают относительную погрешность измерений напряженности переменного магнитного поля по формуле (8).

12.4.2 Полученные значения относительной погрешности заносят в таблицу 10.

12.4.3 Полученные значения относительной погрешности измерений напряженности переменного магнитного поля тесламетра не должны превышать $\pm (5+0,4 \cdot (V_{\text{п}}/V_{\text{н}}-1))\%$.

12.4.4 Диапазон измерений напряженности переменного магнитного поля соответствует заявленному значению, если полученные значения относительной погрешности находятся в пределах, указанных в п. 12.4.3.

12.4.5 Диапазон показаний напряженности переменного магнитного поля соответствует заявленному значению, если подтвержден п. 12.4.4.

12.4.6 Если требования 12.4.3 не выполняются, тесламетр признают непригодным к применению в режиме измерений напряженности переменного магнитного поля.

13 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

13.1 Результаты поверки оформляют протоколом, форма протокола произвольная.

13.2 При положительных результатах поверки средство измерений признают пригодным к применению. Нанесение знака поверки на средство измерений не предусмотрено.

13.3 Нанесение знака поверки на средство измерений не предусмотрено.

13.4 При отрицательных результатах поверки средство измерений признают непригодным к применению.

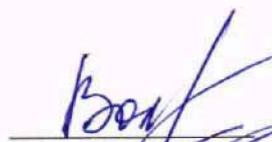
13.5 Сведения о результатах и объеме поверки передают в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений в соответствии с установленным порядком. В сведениях о результатах поверки приводят данные об объеме проведенной поверки и о составе поверенного средства измерений.

Разработчик:

Научный сотрудник лаб 261

Ведущий инженер лаб.261

Старший инженер лаб.261



Е.А. Волегова



Е. С. Никова



В. В. Конева