

СОГЛАСОВАНО

Первый заместитель генерального
директора - заместитель по научной
работе ФГУП «ВНИИФТРИ»



А.Н. Щипунов

« 06 » 09 2023

Государственная система обеспечения единства измерений

ГЕНЕРАТОРЫ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ЭТАЛОННЫЕ

П1-33

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП П1-33-2023

р.п. Менделеево
2023 г.

Содержание

1 Общие положения	3
2 Перечень операций поверки средства измерений	3
3 Требования к условиям проведения поверки	4
4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку	4
5 Метрологические и технические требования к средствам поверки	5
6 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки	6
7 Внешний осмотр	7
8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений	7
9 Определение метрологических характеристик средства измерений	9
9.1 Определение диапазона частот воспроизведения НМП	9
9.2 Определение диапазона воспроизведения НМП	9
9.3 Определение относительной погрешности воспроизведения НМП в частотном поддиапазоне (0,005-100) кГц	9
9.4 Определение относительной погрешности воспроизведения НМП в частотном поддиапазоне (0,1-50) МГц	12
10 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	15
11 Оформление результатов поверки	16

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика поверки (далее – МП) определяет методы и средства первичной и периодической поверок генераторов магнитного поля эталонных П1-33 (далее – П1-33), используемых в качестве рабочих эталонов 2-го разряда в соответствии приказом Росстандарта от 30.12.2019 № 3469, изготавливаемых ООО «Электронные системы контроля» (ООО «ЭСКО»), г. Москва, г. Зеленоград.

1.2 Первичной поверке подлежат П1-33, вышедшие из производства и после проведения ремонта.

Периодической поверке подлежат П1-33, которые находятся в эксплуатации и на хранении.

1.3 При определении метрологических характеристик в рамках проводимой поверки в соответствии с приказом Росстандарта от 30.12.2019 № 3469 обеспечена прослеживаемость результатов измерений: в диапазоне частот от 5 Гц до 10 кГц к Государственному первичному эталону единиц магнитной индукции, магнитного момента и градиента магнитной индукции ГЭТ 12-2021; в диапазоне частот от 10 кГц до 30 МГц включительно к Государственному первичному эталону единицы напряженности магнитного поля в диапазоне частот от 0,01 до 30 МГц ГЭТ 44-2010; в диапазоне частот свыше 30 МГц до 50 МГц к Государственному первичному эталону единицы напряженности электрического поля в диапазоне частот от 0,0003 до 1000 МГц ГЭТ 45-2011.

1.4 Передача к П1-33 размера единицы напряженности магнитного поля (далее – НМП) от эталонных средств поверки осуществляется методом сличения с помощью компаратора в соответствии с Приложением А приказа Росстандарта от 30.12.2019 № 3469.

1.5 В результате поверки П1-33 должны быть подтверждены требования, приведенные в таблице 1.

Таблица 1 – Требования, подтверждаемые при поверке

Наименование требования (характеристики)	Значение
Диапазон частот воспроизведения НМП	от 5 Гц до 50 МГц включ.
Диапазон воспроизведения НМП, А/м	
в диапазоне частот от 5 Гц до 0,1 МГц включ.	от 0,02 до 10,00 включ.
в диапазоне частот св. 0,1 до 50 МГц включ.	от 0,02 до 1,00 включ.
на частоте 5 МГц	от 0,02 до 10 включ.
Пределы допускаемой относительной погрешности воспроизведения НМП, %	
в диапазоне частот от 5 Гц до 30 МГц включительно	±5,0
в диапазоне частот свыше 30 до 50 МГц	±12,0

2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

2.1 При проведении поверки П1-33 должны быть выполнены операции, приведенные в таблице 2.

2.2 На основании решения эксплуатирующей организации допускается проведение поверки П1-33 на меньшем числе частотных поддиапазонов воспроизведения НМП по соответствующим пунктам настоящей методики поверки.

Соответствующая запись должна быть сделана в эксплуатационных документах и свидетельстве о поверке.

Таблица 2 – Операции поверки П1-33

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Внешний осмотр	да	да	7
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	да	да	8
Определение метрологических характеристик средства измерений	да	да	9
Определение диапазона частот воспроизведения НМП	да	да	9.1
Определение диапазона воспроизведения НМП	да	да	9.2
Определение относительной погрешности воспроизведения НМП в частотном поддиапазоне (0,005-100) кГц	да	да	9.3
Определение относительной погрешности воспроизведения НМП в частотном поддиапазоне (0,1-50) МГц.	да	да	9.4
Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	да	да	10

3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

3.1 При проведении поверки должны соблюдаться условия, приведенные в таблице 3.

Таблица 3 – Условия при проведении поверки

Влияющая величина	Допускаемые значения
Температура окружающего воздуха, °С	от 15 до 25
Относительная влажность окружающего воздуха, %	от 30 до 80
Атмосферное давление, кПа (мм рт. ст.)	от 84,0 до 106,7 (от 630 до 800)
Напряжение питающей сети, В	от 209 до 231
Частота питающей сети, Гц	от 49,5 до 50,5

4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

4.1 Поверка должна осуществляться лицами с высшим или средним техническим образованием, аттестованными в качестве поверителей в установленном порядке и имеющими квалификационную группу электробезопасности не ниже второй.

4.2 Перед проведением поверки поверитель должен предварительно ознакомиться с документом АВНР.411171.010 РЭ «Генератор магнитного поля эталонный П1-33. Руководство по эксплуатации» (далее – АВНР.411171.010 РЭ)

4.3 Операции поверки согласно п.п. 7, 8, 9.3.4, 9.4.4 выполняются представителями эксплуатирующей П1-33 организации, допущенными к эксплуатации П1-33 в установленном порядке.

5 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

5.1 При проведении поверки П1-33 должны быть применены средства измерений, указанные в таблице 4.

Таблица 4 – Средства измерений для поверки П1-33

Операции поверки, требующие применения средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п. 8.2	Средства измерений температуры окружающей среды в диапазоне измерений от 15 до 25 °С с абсолютной погрешностью не более ± 1 °С	Измеритель температуры и влажности ИТВ 1522D, рег. № 20857-07; Термогигрометр ИВА-6Н-КП-Д, рег. № 46434-11
	Средства измерений относительной влажности воздуха в диапазоне от 30 до 80% с абсолютной погрешностью не более ± 3 %	Измеритель температуры и влажности ИТВ 1522D, рег. № 20857-07; Термогигрометр ИВА-6Н-КП-Д, рег. № 46434-11
	Средства измерений атмосферного давления в диапазоне от 84,0 до 106,7 кПа (от 630 до 800 мм рт. ст.) с абсолютной погрешностью не более $\pm 0,5$ кПа	Измерители влажности и температуры ИВТМ-7, рег. № 71394-18; Термогигрометр ИВА-6Н-КП-Д, рег. № 46434-11
	Средства измерений напряжения питающей сети в диапазоне от 209 до 231 В с абсолютной погрешностью не более 3 В	Мультиметр цифровой АРРА-305, рег. № 20088-05; Мультиметр цифровой Testo 760, мод. Testo 760-2, рег. № 65373-16
	Средства измерений частоты питающей сети в диапазоне от 49,5 до 50,5 Гц с абсолютной погрешностью не более $\pm 0,1$ Гц	Мультиметр цифровой АРРА-305, рег. № 20088-05; Мультиметр цифровой Testo 760, мод. Testo 760-2, рег. № 65373-16
п.п. 9.1, 9.3, 9.4	Государственный первичный эталон единицы НМП согласно государственной поверочной схеме, утвержденной приказом Росстандарта от 30.12.2019 № 3469 (диапазон частот – от 0,01 до 30 МГц, диапазон воспроизведения НМП – от 20 до 50 мА/м, граница относительной неисключенной систематической погрешности не более 1,0 %)	Государственный первичный эталон единицы напряжённости магнитного поля в диапазоне частот 0,01–30 МГц ГЭТ 44-2010
п.п. 9.1, 9.3	Эталоны единицы НМП, соответствующие требованиям к рабочим эталонам не ниже 1-го разряда по государственной поверочной схеме, утвержденной приказом Росстандарта от 30.12.2019 № 3469 (диапазон частот – от 5 Гц до 10 кГц, диапазон воспроизведения НМП – от 50 до 500 мА/м, относительная погрешность воспроизведения НМП – не более 3%)	Государственный рабочий эталон единицы напряжённости магнитного поля 1-го разряда в диапазоне частот от 5 Гц до 10 МГц РЭНМП-5Г/10М, рег. № 3.1.ZZT.0081.2013 (далее – РЭНМП-5Г/10М)

Продолжение таблицы 4

Операции поверки, требующие применения средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п.п. 9.1, 9.4	Эталоны единицы НМП, соответствующие требованиям к рабочим эталонам не ниже 2-го разряда по государственной поверочной схеме, утвержденной приказом Росстандарта от 30.12.2019 № 3469 (диапазон частот – от 30 до 50 МГц, диапазон воспроизведения НМП – от 20 до 100 мА/м, относительная погрешность воспроизведения НМП – не более 6%)	Государственный рабочий эталон единиц напряженности электрического и магнитного поля 2 разряда в диапазоне частот от 30 до 1000 МГц, рег. № 3.1.ZZT.0083.2013 (далее – РЭНЭМП-30/1000М)
п.п. 8.3, 9.1, 9.3, 9.4	Компаратор магнитного поля (частотный диапазон от 0,005 до 300 кГц, диапазон компарирования НМП от 50 до 500 мА/м, СКО не более 1%)	Компаратор магнитного поля Экофизика-КМП-05 (из комплекта вспомогательного оборудования П1-33)
п.п. 8.3, 9.1, 9.4	Компаратор магнитного поля (частотный диапазон от 0,3 до 50 МГц, диапазон компарирования НМП от 20 до 500 мА/м, СКО не более 1%)	Компаратор магнитного поля КМП-03/50М (из комплекта вспомогательного оборудования П1-33)

5.2 Применение ГЭТ 44-2010 при поверке рабочих эталонов 2-го разряда предусмотрено Государственной поверочной схемой для средств измерений напряженности магнитного поля в диапазоне частот от 0,000005 до 1000 МГц, утвержденной приказом Росстандарта от 30.12.2019 г. № 3469.

5.3 Допускается использовать аналогичные средства поверки, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице 4, и обеспечивающие определение метрологических характеристик с требуемой точностью.

5.4 Эталоны, используемые при поверке, должны быть исправны и поверены (аттестованы). Соответствующая информация должна содержаться в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений.

5.5 Средства поверки, применяемые по п. 8.2 данной МП, должны быть исправны и поверены. Компараторы, применяемые по п.п. 8.3, 9.1, 9.3, 9.4 данной МП, должны быть исправны.

5.6 Работа со средствами поверки должна производиться в соответствии с их эксплуатационной документацией.

6 ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

6.1 При проведении поверки необходимо соблюдать требования безопасности, регламентируемые действующими правилами по охране труда при эксплуатации электроустановок, действующими санитарно-эпидемиологическими правилами и нормативами при работе с СВЧ излучением, а также требования безопасности, приведённые в эксплуатационной документации на П1-33 и средства поверки.

6.2 Средства поверки должны быть надежно заземлены в соответствии с документацией.

6.3 Сборку измерительной схемы и подключение измерительных приборов разрешается производить только при выключенном питании.

6.4 Размещение и снятие компараторных антенн в рабочей зоне П1-33 допускается производить только при выключенном напряжении на выходах задающих генераторов.

7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР

7.1 Внешний осмотр П1-33 проводить визуально, без разборки составных частей. При этом необходимо проверить:

- наличие эксплуатационной документации на П1-33;
- комплектность, маркировку и пломбировку составных частей П1-33 согласно эксплуатационной документации;
- наличие калибровочных коэффициентов П1-33 в эксплуатационной документации;
- наличие действующих свидетельств о поверке на вспомогательное оборудование (задающий генератор, вольтметр переменного тока, измеритель мощности);
- отсутствие видимых механических повреждений на составных частях П1-33 (модуле полеобразующем МПКГ-50 (далее – МПКГ-50), устройстве согласующем низкочастотном УС-НЧ (далее – УС-НЧ), соединительных кабелях, комплекте адаптеров);
- отсутствие видимых повреждений и загрязнений на соединительных разъемах.

7.2 Результат внешнего осмотра считать положительным, если:

- имеется эксплуатационная документация в составе: АВНР.411171.010 РЭ «Генератор магнитного поля эталонный П1-33. Руководство по эксплуатации» (далее – АВНР.411171.010 РЭ) и АВНР.411171.010 ФО «Генератор магнитного поля эталонный П1-33. Формуляр» (далее – АВНР.411171.010 ФО);
- комплектность П1-33 соответствует АВНР.411171.010 ФО;
- маркировка и пломбировка соответствуют АВНР.411171.010 РЭ;
- на вспомогательное оборудование (задающий генератор, вольтметр переменного тока, измеритель мощности) имеются в наличии действующие свидетельства о поверке;
- на составных частях П1-33 (МПКГ-50, УС-НЧ), соединительных кабелях, комплекте адаптеров отсутствуют видимые механические повреждения;
- калибровочные коэффициенты П1-33 имеются в АВНР.411171.010 ФО;
- соединительные разъемы обеспечивают надежное соединение и на них отсутствуют видимые повреждения и загрязнения.

В противном случае результаты внешнего осмотра и поверки П1-33 считать отрицательными и последующие операции поверки не проводить.

Результаты внешнего осмотра занести в протокол поверки.

8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

8.1 Подготовка к поверке

8.1.1 Перед проведением операций поверки необходимо произвести подготовительные работы, установленные в АВНР.411171.010 РЭ и в руководствах по эксплуатации применяемых средств поверки.

8.2 Контроль условий проведения поверки

8.2.1 Провести измерения температуры окружающего воздуха, относительной влажности окружающего воздуха, атмосферного давления, напряжения питающей сети переменного тока и частоты питающей сети в помещении, в котором будет выполняться поверка. Результаты измерений зафиксировать в рабочем журнале.

8.2.2 Результаты контроля условий поверки считать положительными, если значения температуры окружающего воздуха, относительной влажности окружающего воздуха, атмосферного давления, напряжения питающей сети переменного тока и частоты питающей сети в помещении, в котором будет выполняться поверка, соответствуют значениям, приведённым в таблице 3.

В противном случае последующие операции поверки выполнять после получения положительных результатов контроля условий поверки.

8.3 Опробование средства измерений

8.3.1 Подготовить П1-33 к работе в частотном поддиапазоне (0,005–100) кГц согласно АВНР.411171.010 РЭ. Подготовить к работе необходимое вспомогательное оборудование согласно соответствующим руководствам по эксплуатации.

8.3.2 С помощью штанги для зажима поверяемых (калибруемых) антенн установить в центр рабочей зоны МПКГ-50 антенну П6-73-КМП-ВЧ из состава компаратора магнитного поля Экофизика-КМП-05 (далее – компаратор Экофизика-КМП-05) так, чтобы измерительная ось антенны совпадала с направлением вектора НМП в рабочей зоне.

Подключить антенну П6-73-КМП-ВЧ к измерительному индикаторному устройству Экофизика-110А-НФ (далее – Экофизика-110А-НФ) кабелем из состава компаратора Экофизика-КМП-05 и подготовить компаратор Экофизика-КМП-05 к работе согласно руководству по его эксплуатации. Установить следующие значения параметров измерительной программы компаратора «ЕН-метр»: Частота – 1000 Гц; Диапазон – Д2; Режим – 44 кГц; Полоса – 10 Гц; Время усреднения – 2 с.

8.3.3 Включить питание вспомогательных приборов и установить согласно АВНР.411171.010 РЭ в рабочей зоне МПКГ-50 НМП 250 мА/м на частоте 1 кГц.

8.3.4 Определить показание компаратора Экофизика-КМП-05 (показание Экофизика-110А-НФ) согласно разделу «Порядок проведения измерений» руководства по его эксплуатации.

Показания компаратора Экофизика-КМП-05 зафиксировать в рабочем журнале.

Выключить питание вспомогательных измерительных приборов.

8.3.5 Подготовить П1-33 к работе в частотном поддиапазоне (0,1–50) МГц согласно АВНР.411171.010 РЭ. Подготовить к работе необходимое вспомогательное оборудование согласно соответствующим руководствам по эксплуатации.

8.3.6 С помощью штанги для зажима поверяемых (калибруемых) антенн установить в центр рабочей зоны МПКГ-50 антенну АПМ-50М из состава компаратора магнитного поля КМП-03/50М (далее – компаратор КМП-03/50М) так, чтобы измерительная ось антенны совпала с направлением вектора НМП в рабочей зоне.

Подключить антенну АПМ-50М к устройству отсчетному УО-50 (далее – УО-50) с помощью кабеля из состава компаратора КМП-03/50М и подготовить компаратор КМП-03/50М к работе согласно руководству по его эксплуатации.

8.3.7 Включить питание вспомогательных приборов и установить согласно АВНР.411171.010 РЭ в рабочей зоне МПКГ-50 НМП 50 мА/м на частоте 1 МГц.

8.3.8 Определить показание компаратора КМП-03/50М согласно разделу «Порядок проведения измерений» руководства по его эксплуатации.

Показания компаратора КМП-03/50М зафиксировать в рабочем журнале.

Выключить питание вспомогательных измерительных приборов.

8.4. Результаты опробования П1-33 в частотном поддиапазоне (0,005–100) кГц, считать положительными, если показание компаратора Экофизика-КМП-05 при выполнении п. 8.3.4 находится в диапазоне от 200 до 300 мА/м.

В противном случае результаты опробования П1-33 в частотном поддиапазоне (0,005–100) кГц считать отрицательными и последующие операции поверки в частотном поддиапазоне (0,005–100) кГц не проводить. Результаты опробования занести в протокол поверки.

8.5 Результаты опробования П1-33 в частотном поддиапазоне (0,1–50) МГц считать положительными, если показание компаратора КМП-03/50М при выполнении п. 8.3.8 находится в диапазоне от 40 до 60 мА/м.

В противном случае результаты опробования П1-33 в частотном поддиапазоне (0,1–50) МГц считать отрицательными и последующие операции поверки в частотном поддиапазоне (0,1–50) МГц не проводить. Результаты опробования занести в протокол поверки.

9 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

9.1 Определение диапазона частот воспроизведения НМП

9.1.1 Определение диапазона частот воспроизведения НМП проводить при определении относительной погрешности воспроизведения НМП в зависимости от частоты.

9.1.2 Определить относительную погрешность воспроизведения НМП в зависимости от частоты δ_{HF} , выполняя указания п.п. 9.3.1 – 9.3.9 и п.п. 9.4.1 – 9.4.9.

9.2 Определение диапазона воспроизведения НМП

9.2.1 Определение диапазона воспроизведения НМП проводить при определении относительной погрешности воспроизведения НМП в зависимости от воспроизводимых значений НМП.

9.2.2 Подготовить П1-33 к работе согласно АВНР.411171.010 РЭ. Последовательно установить согласно АВНР.411171.010 РЭ в рабочей зоне МПКГ-50 значения частоты F и НМП $H_{ГМП}$, приведенные в таблицах 7 и 9. Определить относительную погрешность воспроизведения НМП в зависимости от воспроизводимых значений НМП δ_H , выполняя указания п.п. 9.3.10 и 9.4.10.

9.3 Определение относительной погрешности воспроизведения НМП в частотном поддиапазоне (0,005-100) кГц

9.3.1 Определение относительной погрешности воспроизведения НМП в зависимости от частоты проводить методом компарирования (сравнения показаний компаратора, полученных в П1-33, с показаниями компаратора, полученными в эталонном средстве поверки) при значениях частоты F и НМП $H_{ГМП}$, приведенных в таблице 5.

9.3.2 При испытаниях использовать компараторы, антенны из состава компараторов и эталоны, приведенные в таблице 5.

Таблица 5 – Значения частоты и НМП при определении относительной погрешности П1-33 в зависимости от частоты в частотном поддиапазоне (0,005-100) кГц

Частота (F)	НМП ($H_{ГМП}$), мА/м	Компаратор/антенна	Эталон
5, 10, 30, 100, 300 Гц; 1, 3, 10 кГц	250	Экофизика-КМП-05 /П6-73-КМП-ВЧ	РЭНМП-5Г/10М
30, 100 кГц	50	Экофизика-КМП-05 /П6-73-КМП-ВЧ	ГЭТ 44-2010

9.3.3 Определение относительной погрешности воспроизведения НМП в зависимости от частоты проводить в два последовательных этапа:

- измерения в П1-33;
- измерения в эталонах.

9.3.4 Измерения в П1-33 в каждой испытываемой точке, приведенной в таблице 5, проводить в следующей последовательности.

9.3.4.1 Подготовить П1-33 к работе в частотном поддиапазоне (0,005–100) кГц согласно АВНР.411171.010 РЭ.

9.3.4.2 Используя штангу для зажима поверяемых (калибруемых) антенн, поместить в центр рабочей зоны МПКГ-50 антенну П6-73-КМП-ВЧ из состава компаратора Экофизика-КМП-05.

Антенну П6-73-КМП-ВЧ устанавливать так, чтобы измерительная ось антенны совпадала с направлением вектора НМП в рабочей зоне и, ее центр был совмещен с центром рабочей зоны МПКГ-50.

9.3.4.3 Подготовить компаратор Экофизика-КМП-05 к работе согласно руководству по его эксплуатации. Параметры измерительной программы компаратора «ЕН-метр» устанавливать в соответствии с таблицей 6.

Таблица 6 – Параметры измерительной программы «ЕН-метр», устанавливаемые при работе с компаратором Экофизика-КМП-05

Частоты	5, 10, 30, 100, 300, 1000 Гц	3, 10, 30, 100 кГц
«Диапазон»	Д2	Д2
«Режим»	44 кГц	550 кГц
«Полоса»	0,47 Гц	47 Гц
«Время усреднения»	10 с	2 с

9.3.4.4 После установки рабочего режима компаратора Экофизика-КМП-05 и вспомогательных приборов установить согласно АВНР.411171.010 РЭ в рабочей зоне МПКГ-50 значения частоты F и НМП $H_{ГМП}$, приведенные в таблице 5.

Для возбуждения магнитного поля с требуемым значением НМП ($H_{ГМП}$) в частотном поддиапазоне (0,005-100) кГц рассчитать показание вольтметра V , подключенного к контрольному выходу «КОНТ» на МПКГ-50, по формуле (1):

$$V = \frac{H_{ГМП}}{K_{VH}}, \quad (1)$$

где: $H_{ГМП}$ – среднее квадратическое значение модуля вектора НМП в центре рабочей зоны МПКГ-50, мА/м;

V – среднее квадратическое значение переменного напряжения на контрольном выходе «КОНТ» МПКГ-50 (показания вольтметра), мВ;

K_{VH} – калибровочный коэффициент МПКГ-50 по магнитному полю, (Ом·м)⁻¹ (значения коэффициента K_{VH} приведены в АВНР.411171.010 ФО).

На генераторе сигналов установить режим немодулированного синусоидального сигнала и необходимую частоту. Установить выходное напряжение генератора 10 мВ.

Установить переключатель режимов работы «РЕЖИМ РАБОТЫ» на МПКГ-50 в положение «0-50 МГц».

Далее, включив выход генератора и переведя усилитель мощности в рабочий режим, регулировать выходное напряжение генератора до достижения показания вольтметра V , рассчитанного по формуле (1).

При этом в рабочей зоне будет установлено требуемое значение НМП $H_{ГМП}$.

9.3.4.5 После установления в рабочей зоне МПКГ-50 требуемого значения НМП $H_{ГМП}$, выполняя указания руководства по эксплуатации компаратора, определить показания компаратора для разных углов поворота (0° и 180°) антенны П6-73-КМП-ВЧ относительно оси рукоятки антенны $\Pi_{ГМП}^0$ и $\Pi_{ГМП}^{180}$, в мА/м. Результаты измерений фиксировать в рабочем журнале.

Заключив измерения, установить переключатель режимов работы «РЕЖИМ РАБОТЫ» на МПКГ-50 в положение «ОТКЛ», отключить выход генератора и перевести усилитель мощности в режим низкого энергопотребления (при наличии). При длительном перерыве в работе выключить питание измерительных приборов.

9.3.4.6 Вычислить среднее значение показаний компаратора в П1-33 $\Pi_{ГМП}^{cp}$ на частоте F , в мА/м, по формуле (2):

$$\Pi_{ГМП}^{cp} = (\Pi_{ГМП}^0 + \Pi_{ГМП}^{180}) / 2. \quad (2)$$

Результат вычисления зафиксировать в рабочем журнале.

9.3.4.7 Выполнить операции п.п. 9.3.4.2 – 9.3.4.6, последовательно устанавливая значения частот F и значения НМП $H_{ГМП}$, приведенные в таблице 5, используя соответствующие им компараторы и антенны.

9.3.5 Полученные результаты измерений ($P_{ГМП}^0$, $P_{ГМП}^{180}$) и вычислений ($P_{ГМП}^{cp}$) в П1-33 оформить протоколом.

9.3.6 Компараторы и составленный протокол направить к месту расположения эталонов.

9.3.7 Измерения в эталонах в каждой испытываемой точке (согласно таблице 5) проводить в следующей последовательности.

9.3.7.1 Подготовить соответствующий эталон (см. таблицу 5) к работе согласно его эксплуатационной документации.

9.3.7.2 Установить соответствующую антенну компаратора (см. таблицу 5) в центр рабочей зоны эталона так, чтобы измерительная ось антенны совпадала с направлением вектора напряженности магнитного поля.

9.3.7.3 Подготовить компаратор к работе согласно руководству по его эксплуатации.

9.3.7.4 После установки рабочего режима компаратора и вспомогательных приборов из состава эталона установить в рабочей зоне эталона, согласно руководству по его эксплуатации, магнитное поле частотой F , соответствующей выбранной точке испытаний, и напряженностью $H_{Э}$ ($H_{Э} = H_{ГМП}$), соответствующей выбранной точке испытаний (см. таблицу 5).

9.3.7.5 Выполняя указания руководства по эксплуатации компаратора, определить его показания для разных углов поворота (0° и 180°) антенны компаратора относительно оси рукоятки антенны $P_{ЭМП}^0$ и $P_{ЭМП}^{180}$, в мА/м. Результаты зафиксировать в рабочем журнале.

9.3.7.6 Вычислить среднее значение показаний компаратора в эталоне $P_{ЭМП}^{cp}$ на частоте F , в мА/м, по формуле (3):

$$P_{ЭМП}^{cp} = (P_{ЭМП}^0 + P_{ЭМП}^{180}) / 2. \quad (3)$$

Результат вычисления зафиксировать в рабочем журнале.

9.3.7.7 Выполнить операции п.п. 9.3.7.1 – 9.3.7.6, последовательно устанавливая значения частот F и значения НМП $H_{ГМП}$, приведенные в таблице 5, используя соответствующие им компараторы, антенны из состава компараторов и эталоны.

9.3.8 После проведения измерений в П1-33 и в эталонах определить по формуле (4) в каждой поверяемой точке (см. таблицу 5) измеренное значение НМП в П1-33 $H_{ГМП}^{изм}$ в мА/м:

$$H_{ГМП}^{изм} = H_{Э} \cdot (P_{ГМП}^{cp} / P_{ЭМП}^{cp}), \quad (4)$$

где $H_{Э}$ – значение НМП на частоте F установленное в соответствии с п. 9.3.7.4, в мА/м.

Результаты определения $H_{ГМП}^{изм}$ зафиксировать в рабочем журнале.

9.3.9 Определить относительную погрешность δ_{HF} , в процентах, воспроизведения НМП в зависимости от частоты для всех поверяемых точек, приведенных в таблице 5, по формуле (5):

$$\delta_{HF} = 100 \cdot (H_{ГМП} - H_{ГМП}^{изм}) / H_{ГМП}^{изм}. \quad (5)$$

Результаты определения δ_{HF} зафиксировать в рабочем журнале.

9.3.10 Определить относительную погрешность воспроизведения НМП в зависимости от воспроизводимых значений НМП расчетным способом при значениях частоты и НМП, приведенных в таблице 7, в следующей последовательности.

Таблица 7 – Значения частоты и НМП при определении относительной погрешности П1-33 в зависимости от воспроизводимых значений НМП в частотном поддиапазоне (0,005-100) кГц

Частота F	НМП ($H_{ГМП}$), А/м
5 Гц	0,02; 10,00
1 кГц	0,02; 0,10; 1,00; 3,00; 10,00
100 кГц	0,02; 10,00

9.3.10.1 Рассчитать значение напряжение немодулированного синусоидального сигнала, устанавливаемое на контрольном выходе «КОНТ» на МПКГ-50 (показание вольтметра из состава вспомогательного оборудования П1-33) по формуле (1).

9.3.10.2 Определить по паспортным данным вольтметра из состава вспомогательного оборудования П1-33 предел допускаемой относительной погрешности измерения напряжения V на контрольном выходе «КОНТ» на МПКГ-50 δ_V , в процентах.

9.3.10.3 Определить относительную погрешность воспроизведения НМП в зависимости от воспроизводимых значений δ_H , в процентах, по формуле (6):

$$\delta_H = \sqrt{(\delta_{HF})^2 + (\delta_{HV})^2}, \quad (6)$$

где δ_{HF} – значение относительной погрешности воспроизведения НМП, в процентах, полученное на поверяемой частоте согласно п. 9.3.9;

δ_{HV} = δ_V – составляющая относительной погрешности воспроизведения НМП в процентах, обусловленная неточностью измерения напряжения на контрольном выходе «КОНТ» на МПКГ-50;

δ_V – значение предела допускаемой относительной погрешности измерения напряжения на контрольном выходе «КОНТ» на МПКГ-50 в процентах, определенное согласно п. 9.3.10.2.

9.3.11 Результаты определения δ_{HF} и δ_H занести в протокол поверки.

9.4 Определение относительной погрешности воспроизведения НМП в частотном поддиапазоне (0,1-50) МГц

9.4.1 Определение относительной погрешности воспроизведения НМП в зависимости от частоты проводить методом компарирования (сравнения показаний компаратора, полученных в П1-33, с показаниями компаратора, полученными в эталонном средстве поверки) при значениях частоты F и НМП $H_{ГМП}$, приведенных в таблице 8.

Таблица 8 – Значения частоты и НМП при определении относительной погрешности П1-33 в зависимости от частоты в частотном поддиапазоне (0,1–50) МГц

Частота (F)	НМП ($H_{ГМП}$), мА/м	Компаратор /антенна	Эталон
100 кГц	50	Экофизика-КМП-05 /П6-73-КМП-ВЧ	ГЭТ 44-2010
0,3; 1,0; 3,0; 5,0; 10,0; 20,0; 30,0 МГц	50	КМП-03/50М /АПМ-50М	ГЭТ 44-2010
40, 50 МГц	50	КМП-03/50М /АПМ-50М	РЭНЭМП-30/1000М

9.4.2 При испытаниях использовать компараторы, антенны из состава компараторов и эталоны, приведенные в таблице 5.

9.4.3 Определение относительной погрешности воспроизведения НМП в зависимости от частоты проводить в два последовательных этапа:

- измерения в П1-33;
- измерения в эталонах.

9.4.4 Измерения в П1-33 в каждой испытываемой точке, приведенной в таблице 8, проводить в следующей последовательности.

9.4.4.1 Подготовить П1-33 к работе в частотном поддиапазоне (0,1–50) МГц согласно АВНР.411171.010 РЭ.

9.4.4.2 Используя штангу для зажима поверяемых (калибруемых) антенн, поместить в центр рабочей зоны МПКГ-50 требуемую (см. таблицу 8) антенну из состава компаратора.

Антенну устанавливать так, чтобы измерительная ось антенны совпадала с направлением вектора НМП в рабочей зоне, а ее центр был совмещен с центром рабочей зоны МПКГ-50.

9.4.4.3 Подготовить соответствующий компаратор к работе согласно руководству по его эксплуатации. При работе с компаратором Экофизика-КМП-05 параметры измерительной программы «ЕН-метр» устанавливать в соответствии с таблицей 6.

9.4.4.4 После установки рабочего режима компаратора и вспомогательных приборов установить согласно АВНР.411171.010 РЭ в рабочей зоне МПКГ-50 значения частоты F и НМП $H_{ГМП}$, приведенные в таблице 8.

Для возбуждения магнитного поля с требуемым значением НМП ($H_{ГМП}$) в частотном поддиапазоне (0,1–50) МГц рассчитать показание измерителя мощности, подключенного к контрольному выходу «КОНТ» на МПКГ-50, в мкВт по формуле (7):

$$P = \frac{1}{Z_p} \cdot \left(\frac{H_{ГМП}}{K_{РН}} \right)^2, \quad (7)$$

где: $H_{ГМП}$ – среднее квадратическое значение модуля вектора НМП в центре рабочей зоны МПКГ-50, мА/м;

P – показания измерителя мощности на выходе «КОНТ», мкВт;

$Z_p = 50$ Ом – номинальное входное сопротивление измерителя мощности;

$K_{РН}$ – калибровочный коэффициент МПКГ-50, (Ом·м)⁻¹, (значения коэффициента $K_{РН}$ в зависимости от частоты приведены в АВНР.411171.010 ФО).

На генераторе сигналов установить режим синусоидального немодулированного выходного сигнала и необходимую частоту F . Установить выходное напряжение генератора 10 мВ.

Установить переключатель режимов работы «РЕЖИМ РАБОТЫ» на МПКГ-50 в положение «0-50 МГц».

Включить выход генератора, и, переведя усилитель мощности в рабочий режим, регулировать выходное напряжение до достижения показания измерителя мощности, рассчитанного по формуле (7).

При этом в рабочей зоне будет установлено требуемое значение НМП $H_{ГМП}$.

9.4.4.5 После установления в рабочей зоне МПКГ-50 требуемого значения НМП $H_{ГМП}$, выполняя указания руководства по эксплуатации компаратора, определить показания компаратора для разных углов поворота (0° и 180°) антенны П6-73-КМП-ВЧ относительно оси рукоятки антенны $P_{ГМП}^0$ и $P_{ГМП}^{180}$, в мА/м. Результаты измерений фиксировать в рабочем журнале.

Закончив измерения, установить переключатель режимов работы «РЕЖИМ РАБОТЫ» на МПКГ-50 в положение «ОТКЛ», отключить выход генератора и перевести усилитель мощности в режим низкого энергопотребления (при наличии). При длительном перерыве в работе выключить питание измерительных приборов.

9.4.4.6 Вычислить среднее значение показаний компаратора в П1-33 $P_{ГМП}^{cp}$ на частоте F , в мА/м, по формуле (2).

Результат вычисления зафиксировать в рабочем журнале.

9.4.4.7 Выполнить операции п.п. 9.4.4.2 – 9.4.4.6, последовательно устанавливая значения частот F , приведенные в таблице 8, используя соответствующие им компараторы и антенны.

9.4.5 Полученные результаты измерений ($P_{ГМП}^0, P_{ГМП}^{180}$) и вычислений ($P_{ГМП}^{cp}$) в П1-33 оформить протоколом.

9.4.6 Компараторы и составленный протокол направить к месту расположения эталонов.

9.4.7 Измерения в эталонах в каждой поверяемой точке (согласно таблице 8) проводить в следующей последовательности.

9.4.7.1 Подготовить соответствующий эталон (см. таблицу 8) к работе согласно его эксплуатационной документации.

9.4.7.2 Установить соответствующую антенну компаратора (см. таблицу 8) в центр рабочей зоны эталона так, чтобы измерительная ось антенны совпадала с направлением вектора напряженности магнитного поля.

9.4.7.3 Подготовить компаратор к работе согласно руководству по его эксплуатации.

9.4.7.4 После установки рабочего режима компаратора и вспомогательных приборов из состава эталона установить в рабочей зоне эталона, согласно руководству по его эксплуатации, магнитное поле частотой F , соответствующей выбранной точке испытаний, и напряженностью H_{ε} ($H_{\varepsilon} = H_{ГМП}$), соответствующей выбранной точке испытаний (см. таблицу 8).

9.4.7.5 Выполняя указания руководства по эксплуатации компаратора, определить его показания для разных углов поворота (0° и 180°) антенны компаратора относительно оси рукоятки антенны $P_{ЭМП}^0$ и $P_{ЭМП}^{180}$, в мА/м. Результаты зафиксировать в рабочем журнале.

9.4.7.6 Вычислить среднее значение показаний компаратора в эталоне $P_{ЭМП}^{cp}$ на частоте F по формуле (3) в мА/м.

Результат вычисления зафиксировать в рабочем журнале.

9.4.7.7 Выполнить операции п.п. 9.4.7.1 – 9.4.7.6, последовательно устанавливая значения частот F , приведенные в таблице 8, используя соответствующие им компараторы, антенны из состава компараторов и эталоны.

9.4.8 После проведения измерений в П1-33 и в эталонах определить в каждой испытываемой точке (см. таблицу 8) по формуле (8) измеренное значение НМП в П1-33 $H_{ГМП}^{изм}$ в мА/м:

$$H_{ГМП}^{изм} = H_{\varepsilon} \cdot \left(P_{ГМП}^{cp} / P_{ЭМП}^{cp} \right), \quad (8)$$

где H_{ε} – значение НМП на частоте F , установленное в соответствии с п. 9.4.7.4, в мА/м.

Результаты определения $H_{ГМП}^{изм}$ зафиксировать в рабочем журнале.

9.4.9 Определить по формуле (5) в процентах относительную погрешность δ_{HF} воспроизведения НМП в зависимости от частоты для всех испытываемых точек, приведенных в таблице 8.

Результаты определения δ_{HF} зафиксировать в рабочем журнале.

9.4.10 Определить относительную погрешность воспроизведения НМП в зависимости от воспроизводимых значений НМП расчетным способом при значениях частоты и НМП, приведенных в таблице 9, в следующей последовательности.

9.4.10.1 Рассчитать значение мощности P , устанавливаемое на контрольном выходе «КОНТ» на МПКГ-50 (показание измерителя мощности из состава вспомогательного оборудования П1-33) в мкВт по формуле (7):

Таблица 9 – Значения частоты и НМП при определении относительной погрешности П1-33 в зависимости от воспроизводимых значений НМП в частотном поддиапазоне (0,1–50) МГц

Частота F	НМП ($H_{ГМП}$), А/м
0,1 МГц	0,02; 1,00
5 МГц	0,02; 0,10; 0,3; 1,00; 3,00; 10,00
50	0,02; 1,00

9.4.10.2 Определить по паспортным данным измерителя мощности из состава вспомогательного оборудования П1-33 предел допускаемой относительной погрешности измерения мощности P на контрольном выходе «КОНТ» на МПКГ-50 δ_p , в процентах.

9.4.10.3 Определить относительную погрешность воспроизведения НМП в зависимости от воспроизводимых значений НЭП δ_H , в процентах, по формуле (9):

$$\delta_H = \sqrt{(\delta_{HF})^2 + (\delta_{HP})^2}, \quad (9)$$

где δ_{HF} – значение относительной погрешности воспроизведения НМП, в процентах, полученное на поверяемой частоте согласно п. 9.4.9;

$\delta_{HP} = 0,5 \cdot \delta_p$ – составляющая относительной погрешности воспроизведения НМП в процентах, обусловленная неточностью измерения мощности на контрольном выходе «КОНТ» на МПКГ-50;

δ_p – значение предела допускаемой относительной погрешности измерения мощности на контрольном выходе «КОНТ» на МПКГ-50 в процентах, определенное в п. 9.4.10.2.

9.4.11 Результаты определения δ_{HF} и δ_H занести в протокол поверки.

10 ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

10.1 Результат определения диапазона частот воспроизведения НМП считать положительным, если полученные в п. 9.1.2 значения δ_{HF} :

- на частотах от 5 Гц до 30 МГц включительно находятся в пределах $\pm 5,0$ %;
- на частотах свыше 30 до 50 МГц включительно находятся в пределах ± 12 %.

10.2 Результат определения диапазона воспроизведения НМП считать положительным, если в рабочей зоне МПКГ-50 обеспечивается установка значений НМП $H_{ГМП}$ частотой F , приведенных в таблицах 7 и 9, а полученные в п. 9.2.2 значения δ_H :

- на частотах от 5 Гц до 30 МГц включительно находятся в пределах $\pm 5,0$ %;
- на частотах свыше 30 до 50 МГц включительно находятся в пределах $\pm 12,0$ %.

10.3 Результат определения относительной погрешности воспроизведения НМП в частотном поддиапазоне (0,005-100) кГц считать положительным, если значения δ_{HF} и δ_H , полученные в п.п. 9.3.9 и 9.3.10, во всех поверяемых точках, указанных в таблицах 5 и 7, находятся в пределах $\pm 5,0$ %.

10.4 Результат определения относительной погрешности воспроизведения НМП в частотном поддиапазоне (0,1-50) МГц считать положительным, если значения δ_{HF} и δ_H , полученные в п.п. 9.4.9 и 9.4.10, во всех поверяемых точках, указанных в таблицах 8 и 9, на частотах 0,1, 0,3, 1, 3, 5, 10, 20, 30 МГц находятся в пределах $\pm 5,0$ % и на частотах 40 и 50 МГц находятся в пределах ± 12 %.

10.5 При положительных результатах определения диапазона частот воспроизведения НМП, определения диапазона воспроизведения НМП и определения относительной погрешности воспроизведения НМП соответствие метрологическим требованиям, установленным при утверждении типа поверяемого П1-33, и обязательным требованиям к рабочему эталону 2-го разряда, приведенным в приказе Росстандарта от 30.12.2019 № 3469, подтверждено.

10.6 При отрицательных результатах определения диапазона частот воспроизведения НМП или определения диапазона воспроизведения НМП, или определения относительной погрешности воспроизведения НМП соответствие метрологическим требованиям, установленным при утверждении типа поверяемого П1-33, и обязательным требованиям к рабочему эталону 2-го разряда, приведенным в приказе Росстандарта от 30.12.2019 № 3469, не подтверждено.

В этом случае поверяемый П1-33 признаётся непригодным к применению для воспроизведения НМП.

11 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

11.1 Положительные результаты поверки оформляются протоколом, подтверждающим соответствие поверяемого П1-33 обязательным требованиям к рабочему эталону 2-го разряда согласно приказу Росстандарта от 30.12.2019 № 3469.

11.2 Сведения о результатах поверки передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

11.3 При положительных результатах поверки по заявлению владельца П1-33 или лица, предъявившего его на поверку, на средство измерений наносится знак поверки, и (или) выдается свидетельство о поверке, и (или) в формуляр вносится запись о проведенной поверке, заверяемая подписью поверителя и знаком поверки, с указанием даты поверки.

Знак поверки наносить в виде наклейки или оттиска клейма поверителя на свидетельство о поверке.

11.4 При проведении поверки П1-33 на меньшем числе поддиапазонов соответствующая запись должна быть сделана в протоколе поверки и эксплуатационных документах.

11.5 П1-33, имеющий отрицательные результаты поверки, в обращение не допускается, и на него выдается извещение о непригодности к применению с указанием причин забракования.

Начальник НИО-1 ФГУП «ВНИИФТРИ»

Старший научный сотрудник
НИО-1 ФГУП «ВНИИФТРИ»

О.В. Каминский

В.И. Лукьянов