

**УТВЕРЖДАЮ**

**Начальник ГЦИ СИ «Воентест»  
32 ГНИИ МО РФ**



**А.Ю. Кузин**

**2006 г.**

**ИНСТРУКЦИЯ**

**Средство измерений АИ-2001**

**МЕТОДИКА ПОВЕРКИ**

г. Мытищи  
2006 г.

## 1 Общие положения

Настоящая методика распространяется на средство измерений АИ-2001 и устанавливает методы и средства первичной и периодической поверок, проводимых в соответствии с ПР 50.2.006-94.

Настоящая методика поверки составлена на основании методических указаний МИ 2526-99; РД50-488-84, ГОСТ 8.017-79, ГОСТ 8.030-91.

Межповерочный интервал– 1 год.

Межповерочный интервал встроенного средства измерений единицы ЧАМП равен сроку службы СИ АИ-2001 (10 лет).

## 2 Операции поверки

При поверке выполняют операции, представленные в таблице 1.

Таблица 1

Наименование операции	Номер пункта Методики	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
1 Внешний осмотр.	7.1	да	да
2 Опробование.	7.2	да	да
3 Определение метрологических характеристик.	8		
3.1 Поверка встроенного генератора напряжений.	8.1	да	да
3.2 Определение основной относительной погрешности установки частоты выходного сигнала.	8.1.1	да	да
3.3 Определение основной относительной погрешности установки напряжения выходного сигнала.	8.1.2	да	да
3.4 Определение действительного значения коэффициента нелинейных искажений выходного сигнала.	8.1.3	да	да
3.5 Проверка параметров усилителей встроенного средства измерения единицы ЧАМП.	8.2	да	да
3.6 Определение неравномерности АЧХ и действительных значений коэффициентов передачи усилителей.	8.2.1	да	да
3.7 Определение нелинейности АХ усилителей.	8.2.2	да	да
3.8 Определение коэффициента нелинейных искажений выходного сигнала.	8.2.3	да	да
3.9 Определение действительных значений сопротивлений токозадающих цепей.	8.3	да	да
3.10 Определение действительного значения коэффициента встроенных мер средства измерения единицы ЧАМП.	8.4	да	да

## 3 Средства поверки

3.1 При проведении поверки используют средства измерений и вспомогательное оборудование, представленное в таблице 2.

Таблица 2

№ пункта методики поверки	Наименование и тип основного или вспомогательного средства поверки, метрологические и основные технические характеристики средства поверки
8.4	Аппаратура М107Б с однокомпонентной мерой М107-01: диапазон частот от 1 до 5000 Гц, постоянная меры $K_v=1,05 \times 10^{-5}$ Тл/А, предел допускаемой основной относительной погрешности воспроизведения магнитной индукции не более $\pm 5,0\%$



№ пункта методики поверки	Наименование и тип основного или вспомогательного средства поверки, метрологические и основные технические характеристики средства поверки
8.1, 8.2	Анализатор спектра А-17: диапазон частот от 0,001 Гц до 20 кГц, погрешность установки средних частот 1/3 октавных фильтров не более $\pm 0,1$ %, измерение среднеквадратического значения (СКЗ) входных сигналов в динамическом диапазоне 100 дБ с основной погрешностью не более $\pm 2,5$ %
8.3	Вольтметр постоянного тока В7-39: диапазон измерений сопротивления от 10 Ом до 1000 Мом, погрешность измерений не более $\pm 0,014$ %
8.1	Частотомер электронно-счетный ЧЗ- 64: диапазон частот от 0,005 Гц до 150 МГц, погрешность измерений не более $\pm 5 \times 10^{-7}$ .
8.1, 8.2, 8.4	Вольтметр переменного тока ВЗ-60: диапазон измерений среднеквадратического значения напряжения переменного тока от 10 мкВ до 1000 В, диапазон частот от 20 Гц до 100 кГц, основная погрешность от 0,06 / 0,02 до 0,3 / 0,2
8.2, 8.4	Генератор сигналов низкочастотный ГЗ-110: диапазон частот от 0,01 Гц до 100 кГц, выходное напряжение до 2 В, погрешность установки частоты не более $\pm 0,01$ Гц

3.2 Допускается использование других средств измерений и вспомогательного оборудования, имеющих метрологические и технические характеристики не хуже характеристик приборов, приведенных в таблице 2.

#### 4 Требования безопасности

4.1 При проведении поверки необходимо соблюдать требования техники безопасности, регламентированные:

- "Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей" и "Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей (ПТЭ и ПТБ)";
- руководством по эксплуатации СИ КВФШ 411711.001 РЭ;
- всеми действующими на месте проведения поверки СИ инструкциями по технике безопасности для конкретного рабочего места.

4.2 При проведении поверки должны быть соблюдены следующие требования безопасности:

- перед проведением поверки корпуса составных частей СИ должны быть соединены с заземляющим устройством;
- соединение составных частей СИ должно производиться при отключенных питающих напряжениях;
- основные и вспомогательные средства поверки, находящиеся под напряжением, должны иметь защиту от случайного прикосновения к токоведущим частям и установлены в местах, обеспечивающих свободный и безопасный доступ к ним.

4.3 Категорически ЗАПРЕЩАЕТСЯ подсоединять и отсоединять разъемы, технологические и сетевые кабели и заменять вышедшие из строя плавкие предохранители при нахождении СИ и средств поверки под напряжением.

4.4 Перед началом работы необходимо проверять целостность и надёжность соединения зажимов защитного заземления составных частей СИ с корпусом объекта.

#### 5 Условия поверки

5.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающей среды, °С  $20 \pm 2$ ;
- относительная влажность воздуха, %  $50 \div 80$ ;
- атмосферное давление, кПа  $96 \div 104$ ;
- напряжение питающей сети, В  $209 \div 231$ ;
- частота питающей сети, Гц  $49 \div 51$ ;

5.2 Уровень ЧАМП внешнего электромагнитного поля в месте расположения КМИП СИ должен быть меньше измеряемого уровня ЧАМП не менее, чем на 15 дБ.

## 6 Подготовка к поверке

6.1 Перед проведением поверки должны быть выполнены следующие подготовительные работы.

6.1.1 Подготовить СИ к работе согласно пп. 2.2.1 – 2.2.4 руководства по эксплуатации КВФШ 411711.002 РЭ.

6.1.2 Подготовить основные и вспомогательные средства поверки к работе в соответствии с эксплуатационной документацией.

## 7 Проведение поверки

### 7.1 Внешний осмотр

7.1.1 При проведении внешнего осмотра устанавливается соответствие средства измерения следующим требованиям:

- наличие свидетельства о предыдущей поверке;
- отсутствие видимых механических и электрических повреждений;
- наличие и прочность крепления органов коммутации, четкость фиксации их положений;
- чистота гнезд, разъемов и клемм;

7.1.2 Средство измерения, не удовлетворяющее данным требованиям, бракуется и направляется в ремонт.

### 7.2 Опробование

7.2.1 Проводить в соответствии с методикой, изложенной в Руководстве по эксплуатации.

## 8 Определение метрологических характеристик

### 8.1 Поверка встроенного генератора напряжения

Поверка встроенного генератора низкочастотного напряжения осуществляется в соответствии со схемой измерений, приведенной на рисунке 1. Время прогрева элементов схемы перед выполнением операций, предусмотренных методиками испытаний – 20 мин.

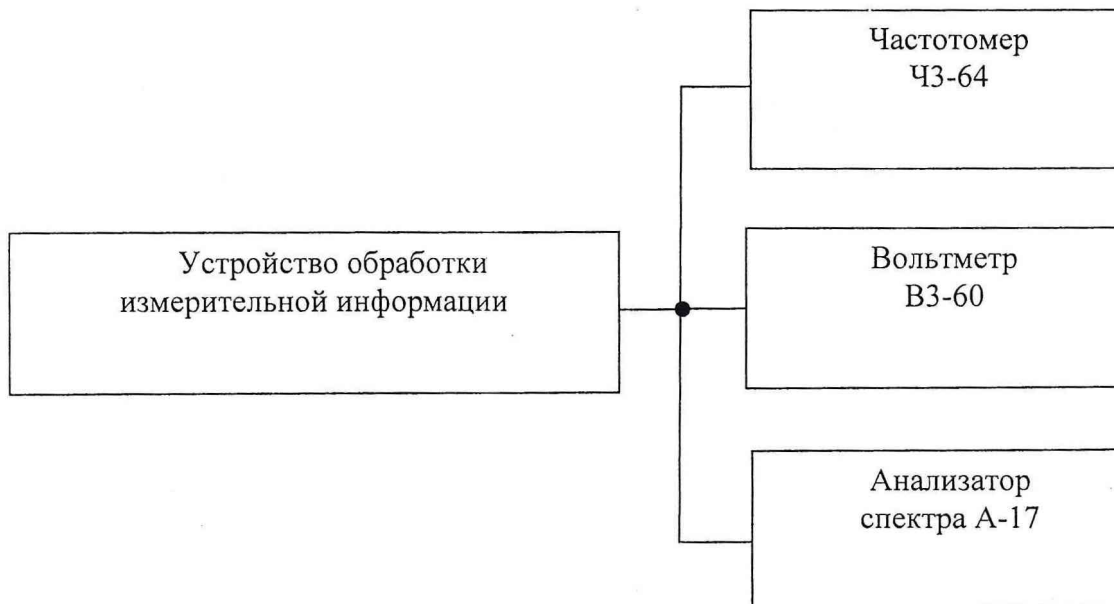


Рис. 1



8.1.1 *Определение основной относительной погрешности установки частоты выходного сигнала встроенного генератора.*

8.1.1.1 Операции по измерению частоты выполнять на частотах 8, 80, 800 и 4000 Гц при выходном напряжении 500 мВ.

Примечания:

1. Время счета эталонного частотомера выбрать не менее 10 с.
2. Время измерения вольтметра ВЗ-60 устанавливать не менее 15 с.
3. На частоте 8 Гц использовать анализатор спектра А-17, на частотах свыше 20 Гц использовать вольтметр ВЗ-60.

8.1.1.2 Рассчитать значение относительной погрешности установки частоты выходного сигнала встроенного генератора для каждой из указанных в п. 8.1.1.1 частот по формуле:

$$\delta_{f_i} = \pm \left( \frac{f_{уст.i}}{f_{изм.i}} - 1 \right) \times 100\%, \quad (1)$$

где:

$f_{уст.i}$  - значение  $i$ -той частоты, выбранной с помощью электронного визира по дисплею;

$f_{изм.i}$  - значение  $i$ -той частоты выходного сигнала генератора, измеренное с помощью эталонного частотомера.

8.1.1.3 Встроенный генератор считается выдержавшим испытания по данной методике, если модуль наибольшего из полученных при расчете по формуле (1) значений погрешностей не превышает  $\pm 0,1\%$ .

8.1.2 *Определение основной относительной погрешности установки напряжения выходного сигнала встроенного генератора.*

8.1.2.1 Операции по измерению напряжений выполнить для уровней выходного напряжения 5, 50 и 500 мВ на частотах 8, 80, 800 и 4000 Гц.

8.1.2.2 Рассчитать значение относительной погрешности установки напряжения выходного сигнала встроенного генератора для каждой из указанных в п. 8.1.2.1 частот и каждого уровня выходного напряжения по формуле:

$$\delta_{U_{ij}} = \pm \left( \frac{U_{ном.ij}}{U_{изм.ij}} - 1 \right) \times 100\%, \quad (2)$$

где:

$U_{ном.ij}$  - номинальное значение  $i$ -того устанавливаемого уровня выходного напряжения встроенного генератора на  $j$ -той частоте;

$U_{изм.ij}$  - измеренное вольтметром значение  $i$ -того установленного уровня выходного напряжения встроенного генератора на  $j$ -той частоте.

8.1.2.3 Встроенный генератор считается выдержавшим испытания по данной методике, если наибольшее по модулю из полученных значений погрешности, рассчитанной по формуле (2) не превышает  $\pm 0,5\%$ .

8.1.3 *Определение действительного значения коэффициента нелинейных искажений выходного сигнала встроенного генератора.*

8.1.3.1 В схеме измерений коэффициента нелинейных искажений использовать спектроанализатор А-17. Измерения коэффициента нелинейных искажений производить на частотах 8, 80, 800 и 4000 Гц при уровне выходного сигнала 500 мВ.

8.1.3.2 Встроенный генератор считается выдержавшим испытания по данной методике, если наибольшее из полученных значений коэффициента нелинейных искажений удовлетворяет условию:

$$(K_n)_{\max} \leq 0,5\%$$

## 8.2 Проверка усилителей встроенного средства измерения единицы ЧАМП

Собрать схему в соответствии с рисунком 2. Подать питание на элементы схемы и прогреть их в течение одного часа. Проверке подвергаются все усилители средства измерения единицы ЧАМП.

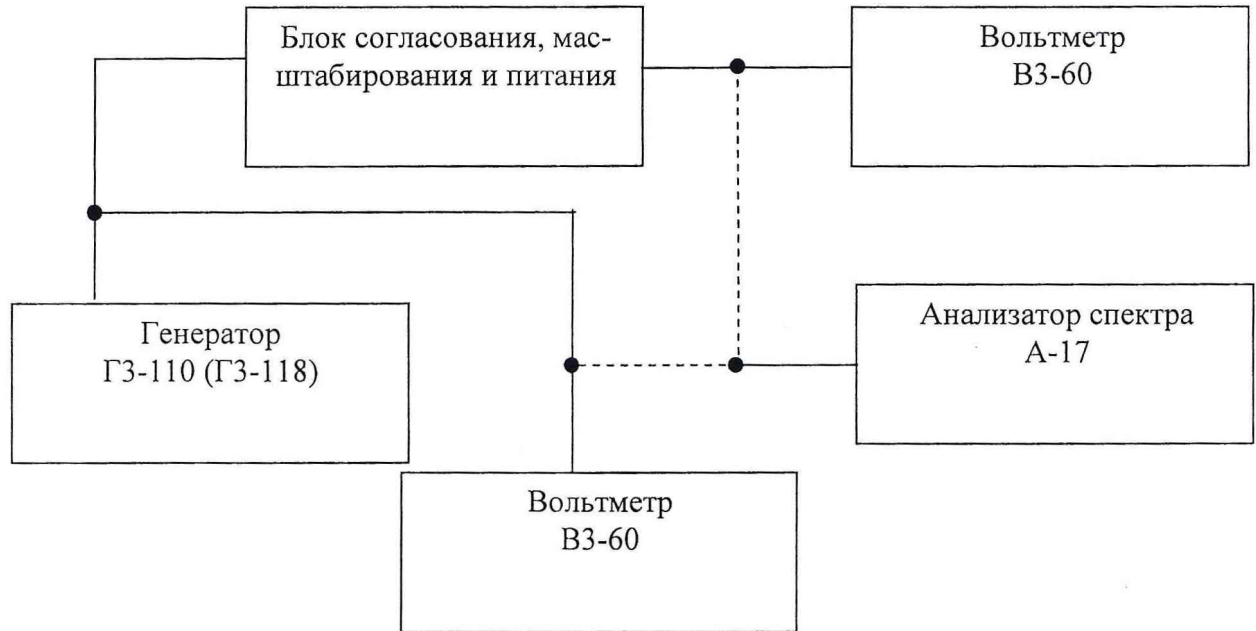


Рис. 2

8.2.1 *Определение неравномерности АЧХ и действительных значений коэффициентов передачи усилителей.*

8.2.1.1 Установить на генераторе ГЗ-110 частоту 1 Гц и выходное напряжение, близкое к 100 мВ и подать этот сигнал на вход усилителя блока согласования, масштабирования и питания (БСМП). Измерить вольтметром ВЗ-60 выходное напряжение испытываемого усилителя.

8.2.1.2 Повторить операции п. 8.2.1.1 на всех средних частотах 1/3 октавного ряда в диапазоне от 1 до 5000 Гц. При этом, контроль уровней выходных напряжений испытываемого усилителя на частотах от 1 до 20 Гц осуществлять спектроанализатором А-17, на частотах от 20 до 5000 Гц – вольтметром ВЗ-60.

8.2.1.3 На каждой из средних частот 1/3 октавного ряда рабочего диапазона, (Гц):

		1	1,25	1,6	2	2,5	3,15	4	5
6,3	8	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50
63	80	100	125	160	200	250	315	400	500
630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000

испытываемого усилителя рассчитать значение коэффициента передачи по формуле:

$$K_n = \frac{U_{\text{вых}}}{U_{\text{выхГЗ-110}}}, \quad (3)$$

где:

$U_{\text{вых}}$  - значение выходного напряжения на выходе испытываемого усилителя на данной средней частоте 1/3 октавного ряда;

$U_{\text{выхГЗ-110}}$  - значение выходного напряжения генератора ГЗ-110 на данной средней частоте 1/3 октавного ряда.



За действительное значение коэффициента передачи испытываемого усилителя принимается значение этого коэффициента на частоте 1000 Гц (для поддиапазона от 40 до 5000 Гц), 10 Гц (для поддиапазона от 1 до 31,5 Гц).

8.2.1.4 Рассчитать величину относительной погрешности полученного действительного значения коэффициента передачи испытываемого усилителя по формуле:

$$\delta_{K_n} = \pm \left( \frac{(K_n)_{f.баз}}{30} - 1 \right) \times 100\%, \quad (4)$$

где:

$(K_n)_{f.баз}$  - действительное значение коэффициента передачи испытываемого усилителя; номинальное значение коэффициента передачи испытываемого усилителя принимается равное 30.

8.2.1.5 По полученным в результате расчета по формуле (3) данным выбрать значение коэффициента передачи, наиболее отличающегося от действительного. Рассчитать величину неравномерности АЧХ испытываемого усилителя по формуле:

$$\gamma_i = \pm \left( \frac{(K_n)_{ex}}{(K_n)_{f.баз}} - 1 \right) \times 100\%, \quad (5)$$

где:

$(K_n)_{ex}$  - значение коэффициента испытываемого усилителя, наиболее отличающегося от действительного;

$(K_n)_{f.баз}$  - действительное значение коэффициента передачи испытываемого усилителя на базовой частоте.

Операции поверки по пп. 8.2.1.1 – 8.2.1.5 повторяются для всех усилителей встроенного средства измерения единицы ЧАМП.

8.2.1.6 Усилитель считается выдержавшим испытания по данной методике, если:  
- полученное значение относительной погрешности удовлетворяет условию

$$|\delta_{K_n}| \leq 1\%;$$

- полученное значение неравномерности АЧХ испытываемого усилителя удовлетворяет условию

$$|\gamma_i| \leq \begin{cases} \pm 3,5\% & \text{в полосе частот } 1 \div 31,5 \text{ Гц} \\ \pm 5,0\% & \text{в полосе частот } 40 \div 5000 \text{ Гц} \end{cases}$$

## 8.2.2 Определение нелинейности АХ усилителей

8.2.2.1 На вход усилителя воспроизведения от генератора ГЗ-110 подать сигнал частотой 1000 Гц и уровнем, близким к 350 В. Измерить выходное напряжение испытываемого усилителя.

8.2.2.2 Не изменяя частоты выходного сигнала генератора ГЗ-110, с помощью его аттенюатора, последовательно, ступенями по 10 дБ, уменьшить уровень выходного сигнала генератора на 80 дБ. При этом, после уменьшения уровня на очередные 10 дБ, необходимо измерять величину выходного сигнала испытываемого усилителя, фиксируя полученные результаты.

8.2.2.3 По результатам измерений для каждого из значений выходного сигнала генератора ГЗ-110 по формуле (3) определить величины коэффициентов передачи испыты-

ваемого усилителя воспроизведения и вычислить их среднее арифметическое значение в соответствии с выражением:

$$\bar{K}_{\Pi} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (K_{\Pi})_i, \quad (6)$$

где:

$(K_{\Pi})_i$  - значение коэффициента передачи испытываемого усилителя, полученное на  $i$ -той ступени ослабления выходного напряжения генератора ГЗ-110, начиная с первоначального уровня.

Нелинейность АХ испытываемого усилителя определяется в соответствии с выражением:

$$\gamma = \pm \left( \frac{(K_{\Pi})_{ex}}{K_{\Pi}} - 1 \right) \times 100\%, \quad (7)$$

где:  $(K_{\Pi})_{ex}$  - наиболее отличающегося от среднего значение коэффициента передачи, полученное для  $i$ -той ступени ослабления выходного сигнала генератора ГЗ-110, включая первоначальный уровень.

Операции поверки (п.п. 8.2.1.1 – 8.2.1.5) повторяются для всех усилителей встроенного средства измерения единицы ЧАМП.

8.2.2.4 Усилитель считается выдержавшим испытания по данной методике, если полученное значение нелинейности АХ удовлетворяет условию:

$$|\gamma| \leq 1\%$$

**8.2.3 Определение коэффициентов нелинейных искажений выходных сигналов усилителей встроенного средства измерения единицы ЧАМП.**

8.2.3.1 В схеме измерений, собранной в соответствии с рисунком 2, заменить генератор ГЗ-110 генератором ГЗ-118, вольтметр, контролирующий выходное напряжение испытываемого усилителя, измерителем нелинейных искажений типа С6-11.

8.2.3.2 На вход усилителя воспроизведения от генератора ГЗ-118 подать напряжение уровнем, близким к 350 мВ на частоте 20 Гц. Произвести с помощью С6-11 измерение нелинейных искажений испытываемого усилителя.

8.2.3.3 Повторить операции по пп. 8.2.3.2 на частотах 100, 400, 1000, 3150 и 5000 Гц. Операции поверки по п. 8.2.3.2 повторить для всех усилителей воспроизведения встроенного средства измерения единицы ЧАМП.

8.2.3.4 Усилитель считается выдержавшим испытания по данной методике, если наибольшее из полученных значений коэффициентов нелинейных искажений не превышает значения 0,5 %.

**8.3 Определение действительных значений сопротивления токозадающих цепей**

8.3.1 Для определения действительных значений сопротивлений токозадающих цепей необходимо полностью снять питание с СИ АИ-2001 и разъема магистрального кабеля.

8.3.2 Подключаясь последовательно к контактам разъема магистрального кабеля, замерить значения вольтметром В7-39, предварительно переведя его в режим измерения сопротивлений.

8.3.3 Токозадающие цепи считаются выдержавшими испытания по данной методике, если сопротивления задающих цепей находятся в пределах  $(2000 \pm 20)$  Ом.



#### 8.4 Определение действительного значения коэффициента встроенных мер средства измерения единицы ЧАМП

Определение действительного значения коэффициента встроенных мер средства измерения единицы ЧАМП.

8.4.1 Собрать схему измерений в соответствии с рисунком 3. Подать питание на элементы схемы и прогреть их в течение 1 часа. Определение действительного значения  $K_v$  выполнять на частотах 20, 80, 800, 2000, 4000 и 5000 Гц при уровне воспроизводимого и измеряемого ЧАМП, равным 140 дБ.

8.4.2 Установить СИ АИ-2001 в режим измерения и воспроизведения ЧАМП по компоненте X.

Контейнер с измерительным преобразователем магнитной индукции канала X разместить внутри эталонной меры 2-го разряда по ГОСТ 8.030-91 М107-01, обеспечив визуальное совпадение их геометрических осей.

8.4.3 От генератора ГЗ-110 на частоте 20 Гц подать напряжение на вход усилителя воспроизведения канала X, начиная с минимального возможного, такое, чтобы измеренный одноименным каналом уровень ЧАМП был равен 140 дБ. Зафиксировать в протоколе уровень поданного на усилитель напряжения.

8.4.4 Отключить от входа усилителя воспроизведения канала X генератор ГЗ-110, отсоединив коаксиальный разъем от соответствующего гнезда блока СМП. Выключить усилитель воспроизведения канала X.

8.4.5 От аппаратуры рабочего эталона 2-го разряда по ГОСТ 8.030-91 М107-А подать на меру М 107-01 ток, постепенно наращивая его значения, такой, чтобы измеренная каналом X величина ЧАМП также оказалась равной 140 дБ. При этом:

- значение воспроизведенной эталонной индукции рассчитывается в соответствии с инструкцией по эксплуатации эталона М107-Б;
- достигается равенство воспроизведенных магнитных индукций от эталонной меры М107-Б и встроенного образцового средства измерений единицы ЧАМП, т.е.

$$B_{M107-B} = B_{\text{воси}} \quad (8)$$

8.4.6 Используя данные, полученные в соответствии с пп. 8.2.1.3 и 8.3, рассчитать значение тока, протекавшего по цепи встроенного средства измерения единицы ЧАМП при выполнении п. 8.4.3 по формуле:

$$I_{\text{воси},j} = \frac{U_{\text{гз-110}} \times K_{\text{пн},i}}{R_{\text{мзч},j}}, \quad (9)$$

где:

$I_{\text{воси},j}$  - ток, протекающий по цепи меры магнитной индукции встроенного средства измерения j-того испытываемого канала на i-той частоте, обеспечивающий уровень измеренного значения ЧАМП, равный 140 дБ;

$U_{\text{гз-110}}$  - выходное напряжение генератора ГЗ-110, подаваемое на вход усилителя меры воспроизведения в момент достижения измеренного уровня ЧАМП величины 140 дБ, выраженное в вольтах;

$K_{\text{пн},i}$  - действительное значение коэффициента передачи усилителя воспроизведения испытываемого канала на i-той из списка указанных в п. 8.4.1 частоте;

$R_{\text{мзч},j}$  - действительное значение сопротивления токозадающей цепи j-того испытываемого канала, выраженное в Омах.

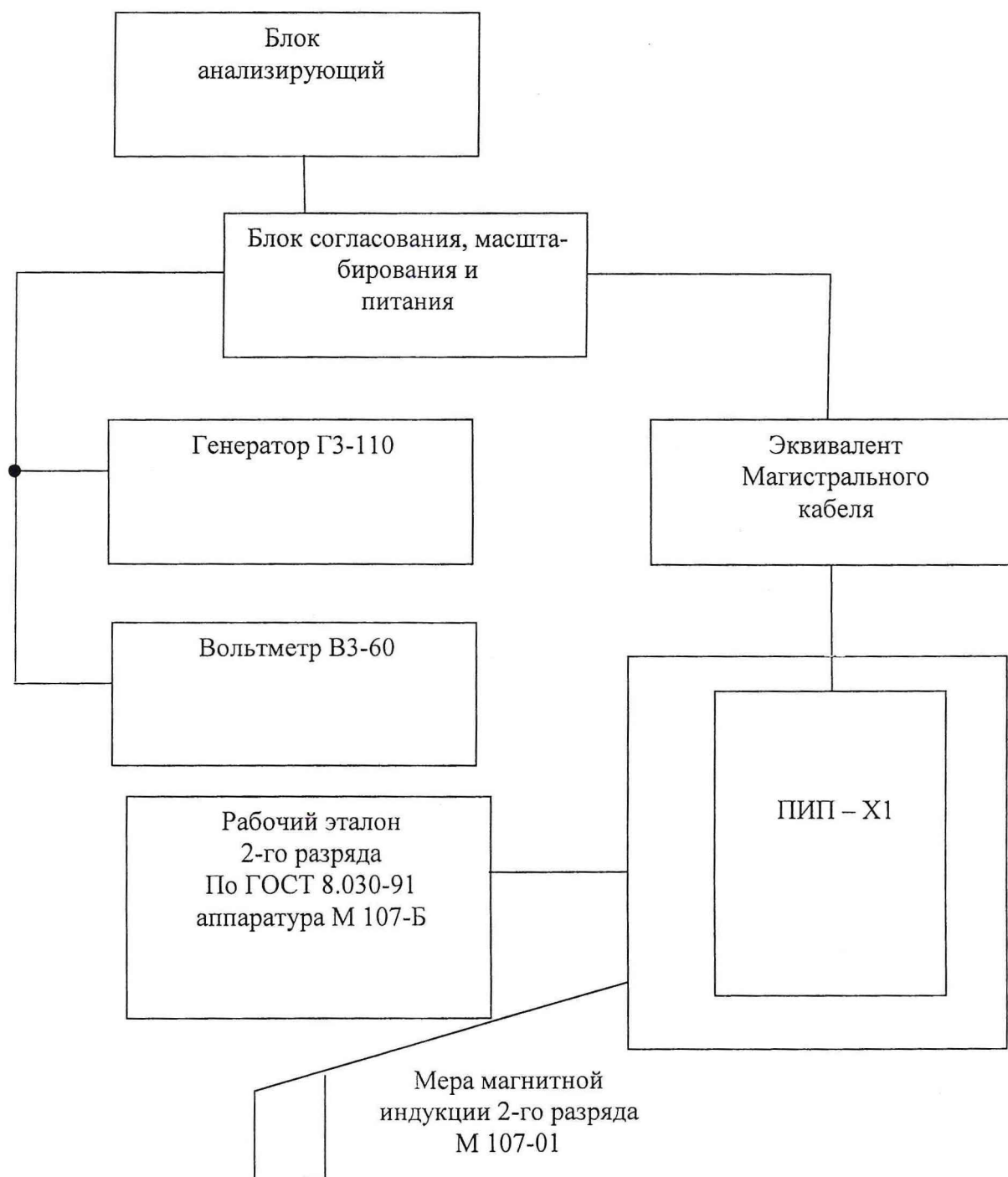


Рис.3

8.4.7 Действительное значение постоянной по магнитной индукции на  $i$ -ой частоте для данного  $j$ -того испытываемого канала рассчитывается по формуле:

$$K_{B,ij} = \frac{B_{BOSI,ij}}{I_{BOSI,ij}}, \quad (10)$$

где:

$B_{BOSI,ij}$  - значение магнитной индукции, воспроизведенной мерой магнитной индукции встроенного средства измерения  $j$ -того испытываемого канала на  $i$ -той частоте, отвечающее условию (9).



8.4.8 Выполнить операции по пп. 8.4.2 ÷ 8.4.7 на всех частотах, указанных в п. 8.4.1 для всех каналов измерения ЧАМП, входящих в состав СИ АИ-2001.

8.4.9 Для каждого из поверяемых ИП магнитной индукции рассчитать среднее значение полученного коэффициента по формуле:

$$\bar{K}_{Bj} = \frac{1}{10} \sum_{j=1}^{10} K_{Bj}, \quad (11)$$

8.4.10 За действительное значение коэффициента магнитной индукции для данного j-го испытываемого канала принимается рассчитанное по формуле (11) при выполнении следующих условий:

- монотонное уменьшение (если оно имеет место) значений  $K_{Bj}$  с ростом частоты не должно превышать 1% от предыдущей величины;
- отличие значений  $K_{Bj}$  от  $\bar{K}_{Bj}$  не должно превышать 2%.

8.4.11 Встроенные меры средства измерения единицы ЧАМП считаются выдержавшими испытания по данной методике, если полученные значения коэффициента преобразования по магнитной индукции лежат в пределах (15,27 ÷ 16,49) нТл/мА.

## 9 Оформление результатов проведения поверки



9.1 Положительным результатом поверки считают соответствие полученных метрологических и технических характеристик средства измерения установленным значениям.

9.2 При положительных результатах поверки оформляется Свидетельство о поверке с указанием полученных метрологических и технических характеристик, которое выдается хранителю средства измерения.

9.3 При отрицательных результатах поверки средства измерения настраивают и направляют на повторную поверку или в ремонт.

Начальник отдела  
ГЦИ СИ "Воентест" 32 ГНИИИ МО РФ

Начальник лаборатории  
ГЦИ СИ "Воентест" 32 ГНИИИ МО РФ

И.М. Малай

А.Ю. Арзамасцев