

УТВЕРЖДАЮ

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



А.Н. Щипунов

03 2018 г.

**Генераторы сигналов
N5171В, N5172В, N5181В, N5182В.
Методика поверки
651-18-021 МП**

р.п. Менделеево
2018 г.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
1 Операции и средства поверки.....	3
2 Требования к квалификации поверителей.....	4
3 Требования безопасности.....	4
4 Условия поверки.....	5
5 Подготовка к поверке.....	5
6 Проведение поверки.....	5
7 Оформление результатов поверки.....	10

1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Настоящая методика устанавливает методы и средства первичной и периодической поверки генераторов сигналов N5171B, N5172B, N5181B, N5182B (далее - генераторы), изготавливаемых компанией «Keysight Technologies Malaysia Sdn. Bhd.», Малайзия, находящихся в эксплуатации, а также после хранения и ремонта.

Интервал между поверками – 3 года.

2 ОПЕРАЦИИ И СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

2.1 При проведении поверки должны быть выполнены операции поверки, указанные в таблице 2.1.

Таблица 2.1

Наименование операции	Пункт методики	Проверочные операции при		Примечание
		первичн. поверке	периодич. поверке	
1 Внешний осмотр	п. 7.1	Да	Да	
2 Опробование	п. 7.2	Да	Да	
3 Подтверждение соответствия программного обеспечения	п. 7.12	Да	Да	
4 Определение погрешности частоты опорного кварцевого генератора	п. 7.3	Да	Да	
5 Определение погрешности установки частоты	п. 7.4	Да	Да	
6 Определение максимального уровня выходной мощности	п. 7.5	Да	Нет	
7 Определение погрешности установки уровня мощности	п. 7.6	Да	Да	
8 Определение относительного уровня гармонических составляющих в модулированном выходном сигнале	п. 7.7	Да	Нет	
9 Определение погрешности установки девиации частоты	п. 7.8	Да	Да	для опции UNT
10 Определение погрешности установки коэффициента амплитудной модуляции	п. 7.9	Да	Да	для опции UNT
11 Определение уровня фазовых шумов	п. 7.10	Да	Да	для моделей N518XB
12 Определение погрешности векторной ошибки	п. 7.11	Да	Да	для моделей N5172B (опции 653, 655), N5182B (опции 656, 657)

2.2 Поверка генераторов должна производиться с помощью основных и вспомогательных средств поверки, перечисленных в таблице 2.2.

2.3 Поверку допускается проводить в тех диапазонах, которые используются при эксплуатации по соответствующим пунктам настоящей методики поверки.

Соответствующая запись должна быть сделана в эксплуатационных документах и свидетельстве о поверке на основании решения эксплуатанта.

Таблица 2.2

Наименование и тип средства поверки	Основные технические характеристики средств измерений	№ пункта методики
Частотомер электронно-счетный 53132А	Диапазон частот от 0 до 12,4 ГГц Пределы допускаемой погрешности $\pm 5 \cdot 10^{-6}$	7.3
Стандарт частоты рубидиевый FS725	Частота 10 МГц Пределы допускаемой погрешности $\pm 5 \cdot 10^{-10}$	7.3
Измеритель мощности E4419В с первичными измерительными преобразователем E9304А	Диапазон частот от 9 кГц до 18 ГГц - уровень входной мощности от -50 до +30 дБм: от -50 до -10 дБм, погрешность $\pm 6,0\%$; от -10 до 0 дБм, погрешность $\pm 5,0\%$; от 0 до 30 дБм, погрешность $\pm 4,0\%$	7.4, 7.5, 7.6
Анализатор спектра E4443А	Диапазон частот от 3 Гц до 6,7 ГГц, динамический диапазон от -155 до +30 дБм, погрешность измерения уровня $\pm 1,08$ дБ (до 3 ГГц) и $\pm 2,2$ дБ (до 6,7 ГГц), уровень гармонических искажений не более минус 92 дБ	7.6, 7.7, 7.8, 7.9
Анализатор источников сигналов E5052В с СВЧ преобразователем частоты E5053А	Диапазон частот от 10 до 26500 МГц, диапазон отстройки от несущей от 1 Гц до 40 МГц, погрешность измерения фазового шума $\pm (2 - 4)$ дБ	7.10
Анализатор сигналов N9030А с 89600А	Диапазон частот от 3 Гц до 8 ГГц, динамический диапазон от -155 до +30 дБм, погрешность измерения уровня $\pm 1,08$ дБ (до 3 ГГц) и $\pm 2,2$ дБ (до 6,7 ГГц), уровень гармонических искажений не более минус 92 дБ	7.11

2.4 Допускается применять другие средства поверки, обеспечивающие определение метрологических характеристик с требуемой точностью.

2.5 Применяемые средства поверки должны быть исправны, средства измерений поверены и иметь свидетельства о поверке.

3 ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ

3.1 К проведению поверки допускаются лица, имеющие высшее или среднетехническое образование, практический опыт в области радиотехнических измерений, изучившие эксплуатационную, нормативную – техническую документацию.

4 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

4.1 При проведении поверки должны быть соблюдены требования «Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей» и «Правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей» и требования безопасности, указанные в эксплуатационной документации на применяемые средства измерений и вспомогательное оборудование.

5 УСЛОВИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПРИ ПОВЕРКЕ

5.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие требования к условиям окружающей среды:

- температура окружающего воздуха (20 ± 5) °С;
- относительная влажность воздуха от 50 до 80 %;
- атмосферное давление (750 ± 30) мм рт. ст.;
- напряжение питающей сети (230 ± 5) В;
- частота питающей сети ($50 \pm 0,5$) Гц.

6 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ

6.1 Перед проведением поверки необходимо выполнить следующие подготовительные работы

- проверить наличие технической документации и укомплектованность прибора в соответствии с требованиями технической документации;
- разместить прибор на рабочем месте, обеспечив при этом удобство работы и исключив попадания на прибор прямых солнечных лучей;
- подключить поверяемый прибор и средства поверки к сети и прогреть их в течение времени установления рабочего режима, предусмотренного для них в документации.

7 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

7.1 Внешний осмотр

7.1.1 Визуальным осмотром проверяются соответствие генератора технической документации в части комплектности, фиксации регулировочных элементов, маркировки. Также проверяют отсутствие видимых повреждений, целостность соединительных кабелей, разъемов.

7.2 Опробование

7.2.1 Опробование проводят после ознакомления с руководством по эксплуатации.

7.2.2 При опробовании производят подготовку генератора к работе в соответствии с руководством по эксплуатации. Проверяют возможность подключения к электросети, включения генератора. Включают генератор, нажатием клавиши включение/выключение (On/Off) питания.

Проверяют работоспособность генератора при выполнении измерительной функций, указанных в руководстве по эксплуатации. Проверяют возможность установки частоты, уровня мощности, свипирования по частоте, параметров частотной, фазовой и импульсной модуляции по показаниям на экране генератора. Опробование производят при всех режимах работы,

указанных в технической документации и меню генератора, запуск самотестирования (Selftest). В случае обнаружения ошибок в ходе самотестирования, прибор бракуется.

7.3 Определение погрешности частоты опорного кварцевого генератора

Определение погрешности частоты опорного кварцевого генератора производят при помощи частотомера 53132А, синхронизированного опорным сигналом 10 МГц стандарта частоты FS 725.

Значение частоты опорного кварцевого генератора определяют на выходе «10 MHz OUT» поверяемого генератора.

Рассчитать значения относительных погрешностей установки частоты сигнала по формуле 1.

$$\Delta f = (f_{\Gamma} - f_{\text{эт}})/f_{\text{эт}} \quad (1)$$

где $f_{\text{эт}}$ – значение частоты сигнала, измеренное частотомером, Гц;

f_{Γ} – значение частоты сигнала, установленное на генераторе, Гц.

Прибор годен, если значение δf находится в пределах:

-для генераторов N5171В и N5172В в пределах $\pm 2,15 \cdot 10^{-6}$;

-для генераторов N5181В и N5182В $\pm 1,42 \cdot 10^{-7}$

7.4 Определение погрешности установки частоты

Определение погрешности установки частоты выполняют методом прямых измерений при помощи частотомера 53132А, синхронизированного опорным сигналом 10 МГц стандарта частоты FS 725.

Определение погрешности установки частоты проводят путем сличения установленного значения частоты f_{Γ} с показаниями частотомера $f_{\text{эт}}$, подключенного к выходу генератора. Измерения выполняют на крайних частотах 9 кГц; 3,0 или 6,0 ГГц в и трех произвольно выбранных частотах внутри рабочего диапазона: 0,5; 1,0; 2,0 ГГц (для опции 503) и 0,5; 1,0; 3,0 ГГц (для опции 506). Определяют погрешность Δf по формуле (2):

$$\Delta f = (f_{\Gamma} - f_{\text{эт}})/f_{\text{эт}} \quad (2)$$

Результаты поверки считают удовлетворительными, если погрешности установки частоты на каждой из заданных частот находятся:

-для генераторов N5171В и N5172В в пределах $\pm 2,15 \cdot 10^{-6}$;

-для генераторов N5181В и N5182В $\pm 1,42 \cdot 10^{-7}$.

7.5 Определение максимального уровня выходной мощности

Определение максимального уровня выходной мощности проводят с помощью измерителя мощности Е4419В с первичным измерительным преобразователем Е9304А на частотах (в зависимости от опции): 9 кГц; 10 МГц; 100 МГц; 500 МГц; 1 ГГц; 3 ГГц; 4 ГГц; 5 ГГц; 6 ГГц.

На генераторе устанавливают максимальную мощность $P_{\Gamma \text{ макс}}$. Измеряют мощность на выходе генератора с помощью ваттметра.

Результаты поверки считают удовлетворительными, если максимальный уровень выходной мощности в диапазоне частот не менее указанных в таблицах 7.1.

Таблица 7.1

Диапазон частот	Модели генераторов			
	N5171B и N5172B		N5181B и N5182B	
	Установленные опции			
	Стандартное исполнение	1EA	Стандартное исполнение	1EA
от 9 кГц до 10 МГц	+13	+17	+13	+17
> 10 МГц до 3 ГГц	+18	+21	+18	+24
> 3 до 5 ГГц	+16	+18	+16	+19
> 5 до 6 ГГц	+16	+18	+16	+18

7.6 Определение погрешности установки уровня выходной мощности

Определение погрешности установки уровня выходной мощности проводят с помощью с помощью измерителя мощности E4419B с первичными измерительными преобразователями E9304A и E9103A. При уровне выходной мощности более плюс 10 дБм используют первичный измерительный преобразователь E9103A.

Измерения уровня мощности от максимального значения до минус 20 провести путем сличения установленного значения мощности с показаниями ваттметра.

На уровне выше минус 20 дБм измерения провести с использованием измерителя мощности E4419B с откалиброванными измерительными преобразователями. Оборудование подготовить согласно РЭ. Измерения провести на частотах: 50 МГц, 1 ГГц, 3 ГГц, 6 ГГц (частота зависит от установленной опции) при уровнях: 10; 0; минус 10; минус 40; минус 60; минус 90; минус 100; минус 110; минус 120; минус 127 дБм.

На уровне ниже -20 дБм измерения провести с помощью анализатора спектра E4443A, для частот ниже 2,85 ГГц и уровня ниже -75 дБм использовать внутренний предусилитель, чтобы усилить низкие сигналы мощности. Для частот выше 2,85 ГГц использовать внешний усилитель с усилением сигнала на 20 дБ с погрешностью $\pm 3,5$ дБ, чтобы поднять сигнал выше уровня шумов.

На АС выполнить следующие установки:

- Span: 40 kHz
- Attenuator: 0 dB
- Max Mixer Level: -10 dBm
- Reference Level: -40 dBm
- 10 MHz Reference: External
- Resolution Bandwidth: 100 Hz
- VBW/RBW: 1
- Preamplifier: On
- Sweptime: Auto
- Trace Points: 401
- FFT & Sweep: Manual FFT
- FFTs/Span: 1
- ADC Dither: On
- Detector: Sample
- AVG/VBW Type: Log-Pwr Avg Video

- Video Averaging: On
- Number of Averages: 2
- Auto Align: Off
- Single Sweep: On
- Input Coupling: DC if frequency < 20 MHz

После подготовки аппаратуры к поверке измерения провести в следующем порядке:

- 1) Установить на генераторе уровень -20 дБм.
- 2) Маркером АС измерить пиковое значение.
- 3) Нажать дельта-маркер
- 4) Изменить на генераторе уровень до -20 дБм
- 5) Маркером измерить разницу и прибавить к ней -20 дБм, тем самым получим абсолютное значение уровня мощности для первой частоты
- 6) Для остальных частот и уровней повторить шаги 1-6.
- 7) Для уровня ниже -75 дБм и частоте ниже 2,85 ГГц включить внутренний механизм предварительного выбора АС (uW Preselector)
- 8) Для уровня ниже -75 дБм и частоте выше 2,85 ГГц используют внешний усилитель, внутренний предусилитель АС выключат - Preamplifier:Off

Измерить мощность на выходе генератора. Вычислить погрешность установки уровня мощности δP по формуле (3):

$$\delta P = P_{\Gamma} - P_{\text{изм}}, \text{ дБ}, \quad (3)$$

где P_{Γ} – значение уровня мощности выходного сигнала, установленное на генераторе, дБм;
 $P_{\text{изм}}$ – измеренное значение выходной мощности, дБм.

Результаты поверки считают удовлетворительными, если погрешность установки уровня мощности находятся в пределах значений, указанных в таблице 7.2.

Таблица 7.2

Диапазон частот	Модели генераторов				
	N5171B и N5172B		N5181B и N5182B		
	От +21 до -60 дБм	От -60 до -110 дБм	От +24 до -60 дБм	От -60 до -110 дБм	От -110 до -127 дБм
от 100 кГц до 5 МГц	±0,8 дБ	±0,9 дБ	±0,8 дБ	±0,9 дБ	-
> 5 МГц до 3 ГГц	±0,6 дБ	±0,8 дБ	±0,6 дБ	±0,8 дБ	±1,5 дБ
> 3 до 6 ГГц	±0,6 дБ	±1,1 дБ	±0,6 дБ	±1,1 дБ	±1,6 дБ

7.7 Определение уровня гармонических составляющих в немодулированном выходном сигнале

Определение относительного уровня гармонических составляющих немодулированного сигнала проводят с помощью анализатора спектра E4443A.

Провести подготовку анализатора спектра к измерениям в соответствии с РЭ.

На генераторе устанавливают частоты (f_0) 1; 50; 100; 500; 1000; 2000; 3000 МГц. Уровень мощности выходного сигнала устанавливают 0 дБм для стандартного исполнения и 10 дБм для генераторов с опцией 1EA.

Гармонические составляющие основного сигнала определяют на частотах $2 \cdot f_0$, $3 \cdot f_0$.

Результаты поверки считать удовлетворительными, если уровень гармонических составляющих относительно немодулированного выходного сигнала не более, указанного в таблице 7.3.

Таблица 7.3

Диапазон частот	Уровень гармонических составляющих, дБн* (*дБ относительно несущей)	
	Стандартное исполнение	Опция 1ЕА
От 9 кГц до 3 ГГц	< -35	< -30

7.8 Определение погрешности установки девиации частоты (опция UNT)

Измерения девиации частоты проводят с помощью анализатора спектра E4443A (опция 233).

Для этого выход генератора подключают ко входу анализатора спектра. На анализаторе спектра выполнить все необходимые процедуры для подготовки его к измерениям согласно с РЭ.

Измеряют значения девиации на несущих частотах и значениях девиации, указанных в таблице 7.4.

Результаты поверки считать удовлетворительными, если погрешность установки девиации ($\Delta f = f_{уст} - f_{изм}$) укладываются в нормируемые пределы, указанные в таблице 7.4.

Таблица 7.4

Несущая частота, МГц	Установленная девиация, $f_{уст}$ кГц	Погрешность установки девиации, Δf кГц	Допустимая погрешность установки девиации, кГц
750	50		$\pm 1,02$
950	50		$\pm 1,02$
999,999	50		$\pm 1,02$

7.9 Определение погрешности установки коэффициента амплитудной модуляции (Кам)

Измерения Кам проводят с помощью анализатора спектра E4443A (опция 233).

Для этого выход генератора подключают ко входу анализатора спектра. На анализаторе спектра выполнить все необходимые процедуры для подготовки его к измерениям согласно с РЭ.

Измерение проводится при модулирующей равной 1 кГц и Кам = 80%. Значения несущих частот, указаны в таблице 7.5.

Погрешность установки коэффициента АМ на каждой поверочной точке рассчитывают по формуле (4):

$$\Delta K_{ам} = K_{ам} - K_{изм} \quad (4)$$

Прибор годен, если значения погрешности установки коэффициента АМ на каждой поверочной точке находятся в пределах указанных в таблице 7.5.

Таблица 7.5

Несущая частота, МГц	$K_{изм}$, %	$\Delta K_{ам}$, %	Допустимая погрешность $K_{ам}$, %
1,0			$\pm 2,2$
4,9			$\pm 2,2$
10			$\pm 3,4$
50			$\pm 3,4$
250			$\pm 3,4$
1000			$\pm 3,4$
1900			$\pm 3,4$
2400			$\pm 5,0$
2900			$\pm 5,0$

7.10 Определение уровня фазовых шумов (для моделей N5181B и N5182B)

Измерение фазового шума генератора проводят с помощью анализатора источников сигналов E5052B с СВЧ преобразователем частоты E5053A. Анализатор с преобразователем подготавливают к работе согласно РЭ. Подключают выход генератора ко входу анализатора источников сигналов. На генераторе устанавливают уровень мощности, максимально возможный на данной частоте несущей.

На анализаторе нажимают autosetting, выбирают необходимый диапазон измерений и устанавливают окно измерения отстройку от несущей в диапазоне от 1 до 100000 Гц, количество усреднений 16.

Измерения проводят на частотах, указанных в таблицах 7.6, 7.7.

Для уменьшения погрешности измерений используют функцию анализатора сигналов – кросскорреляцию равную 10, тем самым уменьшая уровень собственных фазовых шумов.

Результаты поверки считают удовлетворительными, если уровень фазовых шумов, дБн/Гц, не превышает значений, приведённых в таблицах 7.6, 7.7.

Таблица 7.6 - стандартное исполнение и с опцией UNX

Частота несущей	Уровень фазовых шумов при отстройке от несущей на 20 кГц	
	Стандартное исполнение	Опция UNX
≤ 250 МГц	-129	-140
250,1 МГц	-140	-144
500 МГц	-135	-143
1 ГГц	-131	-141
2 ГГц	-124	-135
3 ГГц	-123	-131
4 ГГц	-118	-118
6 ГГц	-116	-117

Таблица 7.7 - с опцией UNY

Частота несущей	Уровень фазовых шумов при отстройке от несущей на				
	10 Гц	100 Гц	1 кГц	10 кГц	100 кГц
249 МГц	-93	-103	-130	-139	-138
250,1 МГц	-96	-104	-127	-144	-147
500 МГц	-89	-98	-125	-139	-145
1 ГГц	-87	-93	-123	-141	-140
2 ГГц	-79	-85	-114	-135	-134
3 ГГц	-74	-81	-112	-132	-131
4 ГГц	-73	-79	-110	-130	-127
6 ГГц	-69	-76	-107	-126	-125

7.11 Определение погрешности векторной ошибки

Соединить генератор сигналов с анализатором сигналов N9030A.

В соответствии с РЭ на генераторе установить частот 1 ГГц, режим 16QAM, символьная скорость 4 Мсимв/с, коэффициент фильтра = 0,25, уровень мощности сигнала минус 10 дБм.

Запустить программу VSA на анализаторе сигналов. Подготовить анализатор в соответствии с РЭ для измерения векторной модуляции.

В окне «Ch1 16QAM Syms/Errs» в строка «EVM» будет указано измеренное значение векторной ошибки с размерностью m%rms, смотри рисунок 1.

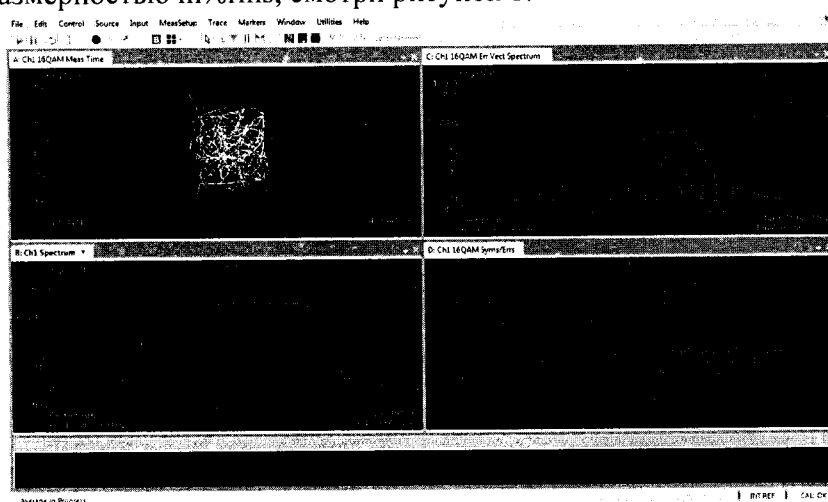


Рисунок 1

Занести полученное значение в таблицу 7.8

Провести измерения погрешности векторной ошибки на всех несущих частотах из таблицы 7.8.

Таблица 7.8

Частота несущей	Измеренное значение погрешности EVM	Максимальное допустимое значение погрешности, %
1 ГГц		1,1
2 ГГц		1,1
2,999 ГГц		1,1
4 ГГц		1,5
5 ГГц		1,5
5,999 ГГц		1,5

Прибор годен, если значения погрешности на каждой поверочной точке находятся в пределах указанные в таблице 7.8.

7.12 Подтверждение соответствия программного обеспечения

Подтверждение соответствия программного обеспечения прибора осуществляют методом контроля его идентификационного наименования, версии, и контрольной суммы метрологически значимой части ПО.

Для идентификации наименования ПО и его версии необходимо выполнить следующую последовательность операций: включить генератор, дать время для загрузки рабочей программы далее нажать клавишу Utility затем выбрать из меню, отображаемую на экране Instrument Info или Diagnostic Info. На экране генератора отобразиться требуемая информация.

Результаты проверки считают удовлетворительными, если в результате проверки установлено, что ПО имеет идентификационные характеристики, приведенные в таблице 7.9.

Таблица 7.9

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	N5171B, N5172B, N5181B, N5182B X-Series Firmware
Номер версии (идентификационный номер) ПО	B.01.01

8 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

8.1 При положительных результатах поверки оформляется свидетельство о поверке установленного образца в установленном порядке.

8.2 При отрицательных результатах поверки выдается извещение о непригодности с указанием причины непригодности.

8.3 Знак поверки наносится на свидетельство о поверке в виде наклейки или оттиска поверительного клейма.

Начальник НИО-1



О.В. Каминский