

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



А.Н. Шинюнов

" 27 " _____

Инструкция
Комплекс программно-аппаратный E6950A

Методика поверки
651-18-035 МП

2018 г.

1 Основные положения

1.1 Настоящая методика предназначена для проведения поверки комплекса программно-аппаратного E6950A, изготовленного компанией «Keysight Technologies Malaysia Sdn. Bhd.», Малайзия (далее – комплекс).

1.2 Интервал между поверками – 1 год.

1.3 Периодическая поверка средств измерений в случае их использования для измерений меньшего числа величин или на меньшем числе поддиапазонов измерений, по отношению к указанным в разделе «Метрологические и технические характеристики» Описания типа, допускается на основании письменного заявления их владельца, оформленного в произвольной форме. Соответствующая запись должна быть сделана в свидетельстве о поверке средства измерений

2 Операции поверки

При проведении поверки должны производиться операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 – Операции поверки

Наименование операции	Номер пункта методики	Проведение операций при	
		первичной поверке	периодической поверке
Внешний осмотр	7.1	да	да
Опробование	7.2	да	да
Идентификация программного обеспечения	7.3	да	да
Определение метрологических характеристик установки для тестирования средств беспроводной связи E7515A (далее – E7515A)	7.4		
Определение диапазона и относительной погрешности установки и измерения уровня выходного сигнала	7.4.1	да	да
Определение среднеквадратического значения величины модуля вектора ошибки (EVM) и фазовой ошибки	7.4.2	да	да
Определение метрологических характеристик аудиоанализатора U8903B	7.5		
Определение диапазона и относительной погрешности установки выходного напряжения постоянного тока	7.5.1	да	да
Определение относительной погрешности установки выходного напряжения переменного тока, неравномерности АЧХ относительно опорной частоты 1 кГц и разрешающей способности	7.5.2	да	да
Определение диапазона рабочих частот и относительной погрешности установки частоты анализатора	7.5.3	да	да
Определение уровня выходных перекрестных искажений	7.5.4	да	да
Определение частотного диапазона и времени нарастания напряжения выходного сигнала прямоугольной формы	7.5.5	да	да
Определение диапазона и относительной погрешности установки амплитуды напряжения выходного сигнала прямоугольной формы	7.5.6	да	да
Определение диапазона и относительной погрешности измерений напряжения постоянного тока	7.5.7	да	да
Определение относительной погрешности измерений напряжения переменного тока и неравномерности АЧХ	7.5.8	да	да
Определение относительной погрешности измерения частоты	7.5.9	да	да
Определение абсолютной погрешности измерений разности фаз при равных уровнях сигналов	7.5.10	да	да
Определение уровня входных перекрестных помех	7.5.11	да	да

Наименование операции	Номер пункта методики	Проведение операций при	
		первичной проверке	периодической проверке
Определение неустранимых искажений	7.5.12	да	да
Определение относительного уровня помех, обусловленных интермодуляционными искажениями	7.5.13	да	да
Определение коэффициента ослабления синфазного сигнала	7.5.14	да	да
Определение относительной погрешности измерений входного напряжения переменного тока при расширении диапазона до 1,5 МГц	7.5.15	да	да
Определение относительной погрешности измерений частоты в расширенном частотном диапазоне	7.5.16	да	да
Определение метрологических характеристик имитаторы сигналов СН-3803М (СН-3805М) (далее – имитатор)	7.6		
Определение номинальных значений выходных частот	7.6.1	да	нет
Определение относительной погрешности по частоте внутреннего опорного генератора	7.6.2	да	да
Определение относительной вариации частоты внутреннего опорного генератора за 1 сутки	7.6.3	да	да
Определение среднего квадратического относительного двухвыборочного отклонения результата измерений частоты внутреннего опорного генератора при $\tau_I = \tau_B = 1$ с	7.6.4	да	да
Определение относительного уровня помех, обусловленного паразитными составляющими	7.6.5	да	да
Определение динамического диапазона изменения уровня мощности выходного сигнала	7.6.6	да	нет
Определение погрешности установки уровня мощности выходного сигнала между каналами имитации	7.6.7	да	да
Определение среднего квадратического отклонения (СКО) случайной составляющей погрешности формирования беззапросной дальности (псевдодальности) по фазе дальномерного кода, по фазе несущей частоты	7.6.8	да	нет
Определение СКО случайной составляющей погрешности формирования скорости изменения беззапросной дальности (псевдодальности)	7.6.9	да	нет
Определение погрешности синхронизации шкалы времени блока имитации (выход сигнала метки времени «1 с») с меткой времени, передаваемой в навигационном сигнале	7.6.10	да	да
Определение диапазона скорости при моделировании параметров движения объекта-носителя НАП в навигационном поле СНС	7.6.11	да	нет

2.2 При получении отрицательных результатов в процессе выполнения операций по любому из пунктов таблицы 1 комплекс признается непригодным и к эксплуатации не допускается.

2.3 Проверке подвергаются составные части, входящие в конкретный экземпляр комплекса.

3 Средства поверки

3.1 Основные средства поверки приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Основные средства поверки

Пункт МП	Наименование рабочих эталонов или вспомогательных средств поверки; номер документа, регламентирующего технические требования к рабочим эталонам или вспомогательным средствам; разряд по государственной поверочной схеме и (или) метрологические и основные технические характеристики средства поверки
7.4.1	Блок измерительный ваттметра E1914A (рег.№ 57386-41) с преобразователями измерительными N8482A (рег.№ 58375-14) диапазон частот до 6 ГГц, динамический диапазон от минус 35 до 20 дБ/мВт, погрешность до $\pm 1,81\%$ и 8481D (рег.№ 58320-14) диапазон частот до 18 ГГц, динамический диапазон от минус 70 до минус 20 дБ/мВт, погрешность до $\pm 1,7\%$.
7.4.1	Генератор сигналов E8257D (рег. №53941-13): диапазон частот от 250 кГц до 20 ГГц, пределы допускаемой относительной погрешности установки частоты $\pm 7,5 \cdot 10^{-8}$; максимальный уровень выходной мощности не менее 10 дБ/мВт, пределы допускаемой относительной погрешности установки уровня мощности не более $\pm 1,2$ дБ.
7.4.1, 7.4.2	Анализатор сигналов N9030A (рег.№ 69527-17): диапазон частот от 3 Гц до 50 ГГц, абсолютная погрешность измерения уровня $\pm 0,19$ дБ/мВт, EVM: MSK, MSK2: 0,5-1,4(скз), BPSK, QPSK: 0,5-1,0(скз)
7.5.7- 7.5.15	Калибратор многофункциональный 5720A (рег. № 30447-05), диапазон воспроизведения напряжения переменного тока от 0,5 мВ до 1100 В, пределы допускаемой абсолютной погрешности воспроизведения напряжения переменного тока $\pm (10^{-6}$ отн. ед. от установл. значения+200 мкВ) в диапазоне частот до 100 кГц
7.5.1, 7.5.2, 7.5.6, 7.5.14	Мультиметр 3458A (рег. № 25900-03), диапазоны измерений напряжения переменного тока от 10 мВ до 1000 В, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений напряжения переменного тока $\pm (2 \cdot 10^{-4}$ отн. ед. от установл. значения+ $2 \cdot 10^{-4}$ верх. гр. диап. измер.) в диапазоне частот от 40 Гц до 1 кГц
7.5.3, 7.5.9, 7.5.15	Частотомер электронно-счётный 53132A (рег. № 26211-03), диапазон измеряемых частот от 0 до 225 МГц, пределы допускаемой относительной погрешности измерений частоты $\pm 0,004$ ppm ($\pm 4 \cdot 10^{-8} \%$)
7.5.5	Осциллограф цифровой DSO 8104A (рег. № 32490-06), полоса пропускания (по уровню 3 дБ) – 1000 МГц, разрешающая способность по вертикали – 0,4 % от полной шкалы
7.6.2, 7.6.3, 7.6.4, 7.6.8, 7.6.9	Стандарт частоты рубидиевый FS 725 (пределы относительной погрешности по частоте $\pm 5 \cdot 10^{-11}$)
7.6.2, 7.6.3, 7.6.4	Компаратор частотный Ч7-318 (среднее квадратическое относительное двухвыборочное отклонение результата измерений частоты для интервала времени измерений 1 с при полосе пропускания компаратора 3 Гц не более $2 \cdot 10^{-14}$)
7.6.1, 7.6.8, 7.6.9	Приемник сигналов глобальных навигационных спутниковых систем геодезический многочастотный СИГМА (диапазоны частот принимаемых сигналов СНС ГЛОНАСС (L1, L2), СНС GPS (L1, L2, L5), СНС Galileo (E1, E5ab), ШДПС SBAS (L1))
7.6.6, 7.6.7	Ваттметр E4418B с преобразователями 8481A и 8481D (пределы допускаемой относительной погрешности измерений мощности $\pm 6 \%$ в диапазоне значений от минус 70 до минус 30 дБ (исх. 1мВт))
7.6.1, 7.6.5, 7.6.11	Анализатор спектра N9010A (диапазон рабочих частот: от 9 кГц до 26,5 ГГц, пределы относительной погрешности частоты опорного генератора $\pm 1,5 \times 10^{-7}$)
7.6.10	Осциллограф цифровой запоминающий WaveMaster 820Zi (количество каналов 2, полоса пропускания 20 ГГц)

3.2 Вместо указанных в таблице 2 средств поверки допускается применять другие аналогичные средства поверки, обеспечивающие определение метрологических характеристик с требуемой точностью.

3.3 Применяемые при поверке средства измерений и рабочие эталоны должны быть поверены и иметь свидетельства о поверке с неистекшим сроком действия на время проведения поверки или оттиск поверительного клейма на приборе или в документации.

4 Требования безопасности при поверке

4.1 При проведении операций поверки должны быть соблюдены меры безопасности, указанные в соответствующих разделах эксплуатационной документации на средства измерений, используемых при поверке.

4.2 К проведению поверки комплекса допускается инженерно-технический персонал со среднетехническим или высшим радиотехническим образованием, имеющим опыт работы с радиотехническими установками, ознакомленный с руководством по эксплуатации (РЭ) и документацией по поверке и имеющий право на поверку (аттестованными в качестве поверителей).

5 Условия поверки

5.1. При проведении поверки должны соблюдаться нормальные условия по ГОСТ 22261-94:

- | | |
|-----------------------------------|-----------------------|
| - температура окружающего воздуха | (25±5) °С; |
| - относительная влажность воздуха | от 30 до 80 %; |
| - атмосферное давление | от 84,0 до 106,7 кПа; |
| - напряжение питающей сети | (220±20) В; |
| - частота питающей сети | (50±0,5) Гц. |

6 Подготовка к поверке

6.1 Поверитель должен изучить руководство по эксплуатации или техническое описание поверяемого комплекса и используемых средств поверки.

6.2 Поверяемый комплекс должен быть выдержан в помещении в расположении средств поверки не менее 2-х часов.

6.3 Комплекс и средства поверки должны быть подготовлены к работе в соответствии с их РЭ.

7 Методы (методики) поверки

7.1 Внешний осмотр

7.1.1 При внешнем осмотре проверить:

- отсутствие механических повреждений и ослабление элементов, чёткость фиксации их положения;

- чёткость обозначений, чистоту и исправность разъёмов и гнёзд, наличие и целостность пломб;

- комплектность согласно требованиям эксплуатационной документации;

- наличие маркировки согласно требованиям эксплуатационной документации.

7.1.2 Комплекс, не удовлетворяющий данным требованиям, бракуется и направляется в ремонт.

7.2 Опробование комплекса

7.2.1 Опробование проводится каждой составной части комплекса отдельно.

7.2.2 Опробование установки для тестирования средств беспроводной связи E7515A

7.2.2.1 Включить E7515A и дать прогреться в течение 30 минут.

7.2.2.2 Проверить загрузку ОС Windows.

7.2.2.3 В случае успешной загрузки выбрать и запустить режим полной калибровки.

7.2.2.4 Результаты опробования установки считать положительными, если загрузка ОС Windows и полная калибровка завершились успешно.

7.2.3 Опробование аудиоанализатора U8903B

7.2.3.1 При опробовании проверить:

- работоспособность кнопок включения и управления;
- работоспособность функций аудиометров в соответствии с руководством по эксплуатации.

- работоспособность программного обеспечения.

7.2.3.2 Результаты опробования аудиоанализатора U8903B считать положительными, если аудиоанализатор нормально функционирует и не отображает информацию об ошибках.

7.2.4 Опробование имитатора сигналов СН-3803М (СН-3805М)

7.2.4.1 Разместить блок имитации на устойчивой горизонтальной плоскости в непосредственной близости от управляющего компьютера. Соединить клемму заземления блока имитации с шиной заземления.

7.2.4.2 Включить имитатор сигналов в соответствии с порядком включения, приведенным в РЭ.

7.2.4.3 Проверка работоспособности блока имитации имитатора выполняется автоматически после включения питания с помощью специализированного программного обеспечения (СПО) блока имитации.

7.2.4.4 Наблюдать на дисплее блока имитации имитатора процесс автопроверки; в процессе автопроверки СПО блока имитации поочередно устанавливает каналы блока имитации на выдачу максимальной мощности; встроенным измерителем мощности контролируется наличие этой мощности на выходе; автопроверка проводится для всех каналов на всех рабочих частотных диапазонах; в случае несоответствия измеренной мощности заданной, на дисплее высвечивается сообщение о неисправности канала.

7.2.4.5 Проверить работоспособность управляющего компьютера путем запуска на нем исполняющего файла СПО «Среда создания сценария» и контроля результатов тестирования. Сравнить номер версии СПО с приведенной в РЭ.

7.2.4.6 Результаты опробования имитатора сигналов СН-3803М (СН-3805М) считать положительными, если при опробовании не наблюдается сбоев загрузки СПО блока имитации, сбоев автопроверки блока имитации, сообщений об ошибках, сбоев тестирования СПО «Среда создания сценария», версия используемого СПО совпадает с версией, приведенной в РЭ.

7.2.5 Результаты поверки считать положительными, если опробование всех составных частей закончилось положительно.

7.3 Идентификация программного обеспечения

7.3.1 Идентификация программного обеспечения проводится каждой составной части комплекса отдельно.

7.3.2.1 Для проверки установленного на составные части комплекса программного обеспечения использовать следующий порядок действий

- проверить номера версий ПО;
- проверить работоспособность составных частей.

7.3.2 Результаты поверки считать положительными, если процедура самопроверки завершается успешно и версия ПО каждой составной части комплекса соответствует значениям указанных в их описаниях типа.

7.4 Определение метрологических характеристик установки для тестирования средств беспроводной связи E7515A

7.4.1 Определение диапазона и относительной погрешности установки и измерения уровня выходного сигнала

7.4.1.1 Соединить оборудование в соответствии с рисунком 1. При измерениях использовать измерительные преобразователи мощности N8482A.



Рисунок 1.

7.4.1.2 Запустить программу Keysight Control Panel и нажать кнопку Application Manager (рисунок 2).

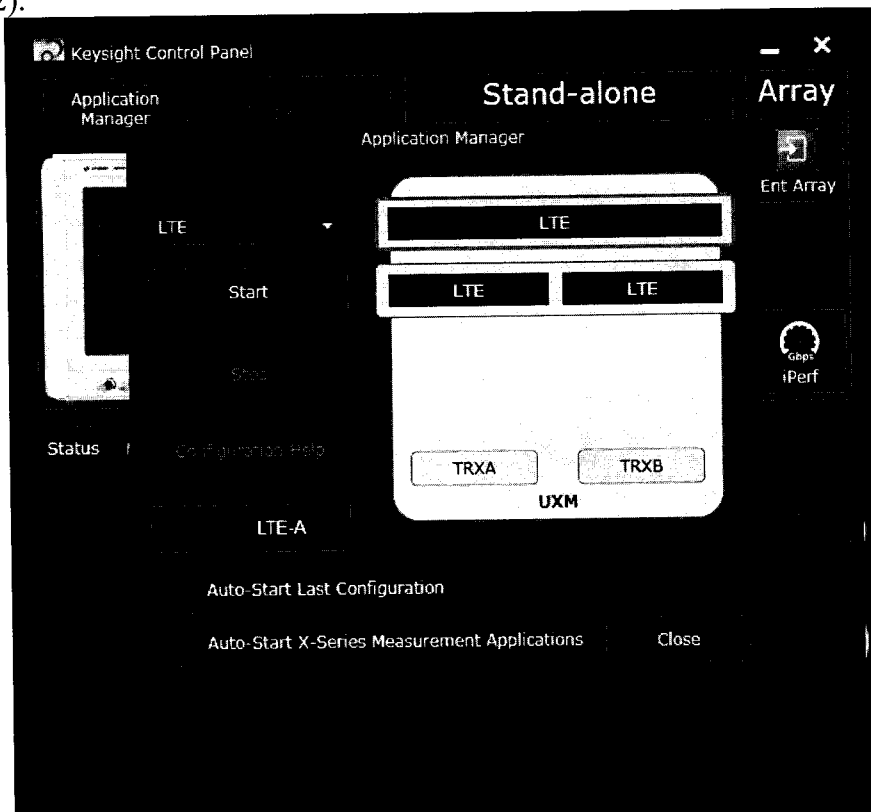


Рисунок 2.

7.4.1.3 Выбрать режим, соответствующий двум независимым сотам (второй сверху на рисунке 2), сконфигурированным для формата LTE, и запустить конфигурирование, нажав кнопку Start (рисунок 3), после чего будет запущено два окна с установками формируемого сигнала для приемопередатчиков А и В (рисунок 4).

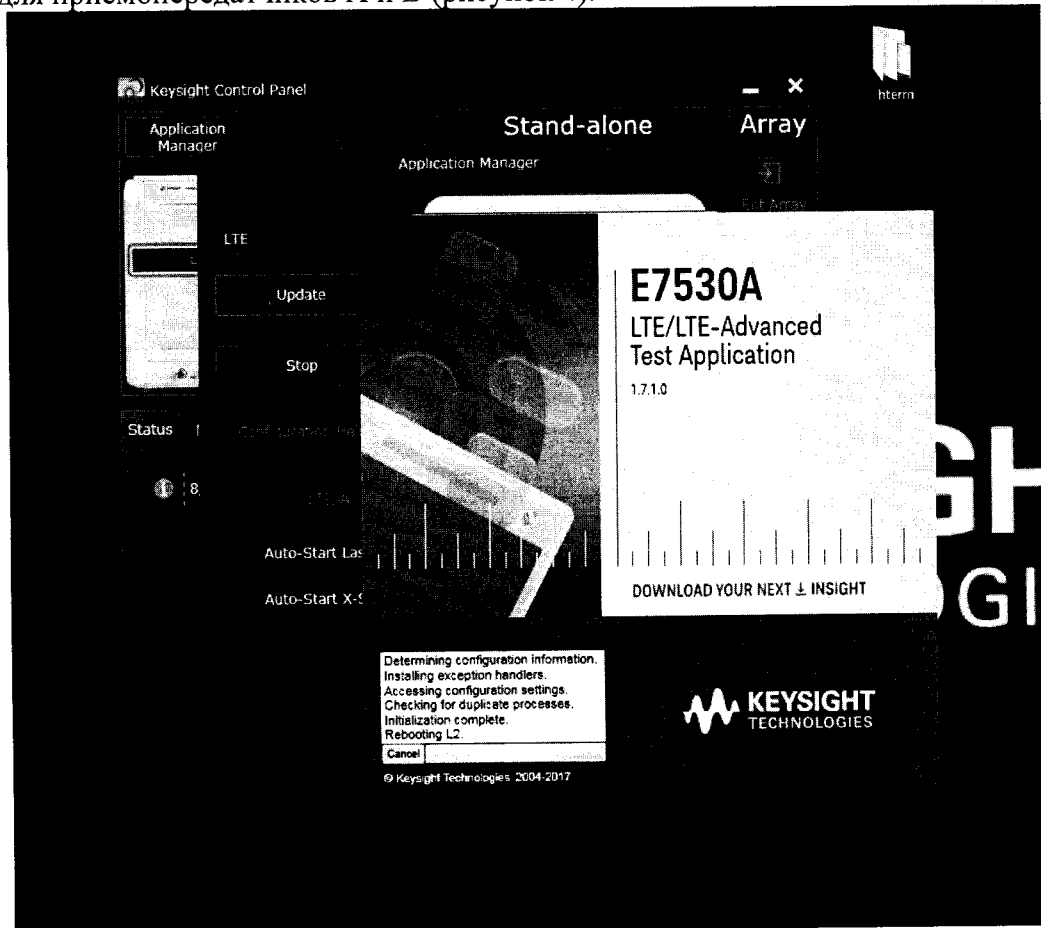


Рисунок 3.

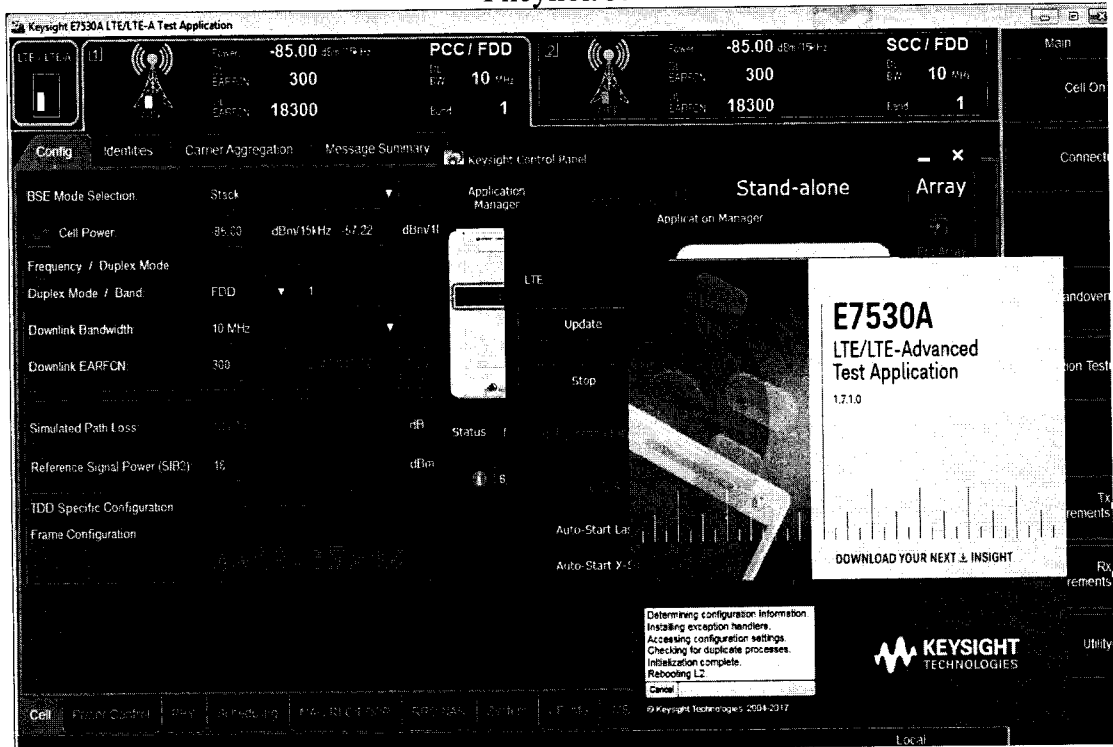


Рисунок 4.

7.4.1.4 Выбрать режим Non Signaling в поле BSE Mode Selection (рисунок 5).

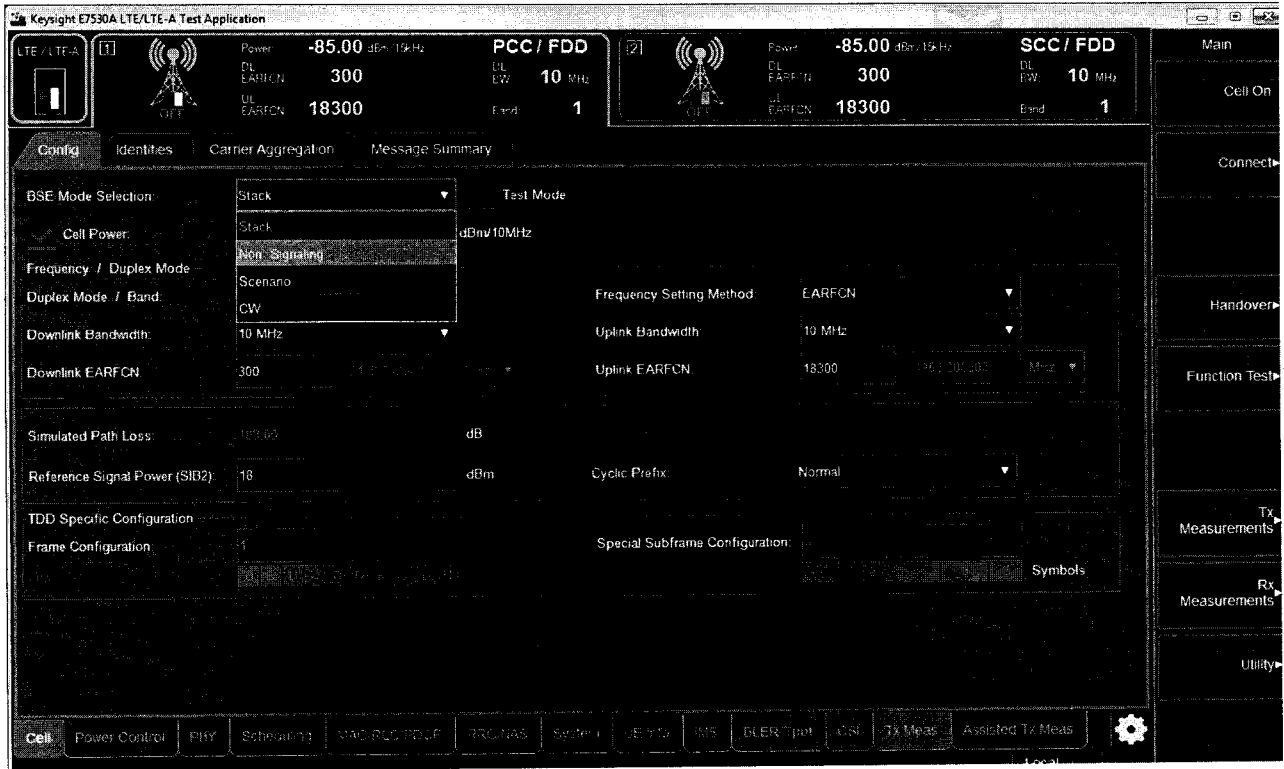


Рисунок 5.

7.4.1.5 Выбрать частотный диапазон сети LTE, содержащий требуемый для анализа сигнал 0 дБ/мВт, 300 МГц, и в ячейке Band установит диапазон в соответствии с РЭ на установку E7515A (рисунок 6).

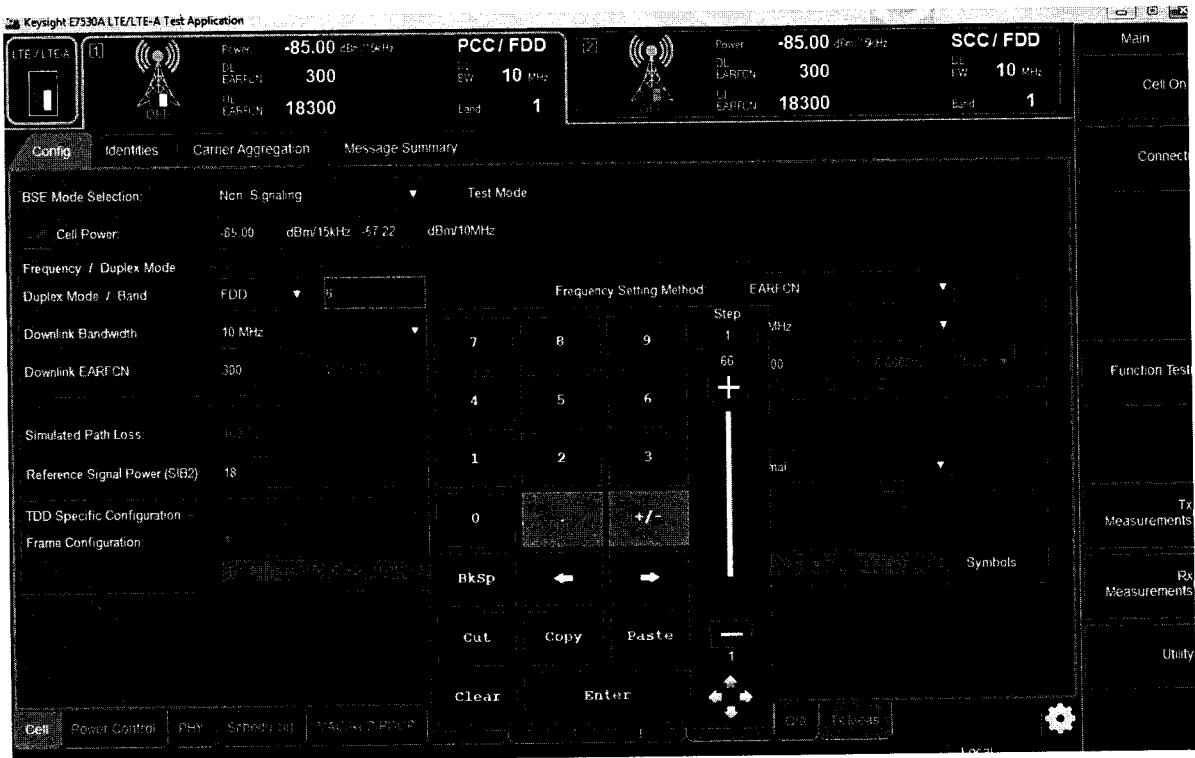


Рисунок 6.

7.4.1.6 Нажать кнопку Cell On и запустить формирование/анализ сигнала по порту TXRX1 приемопередатчика В (рисунок 7).

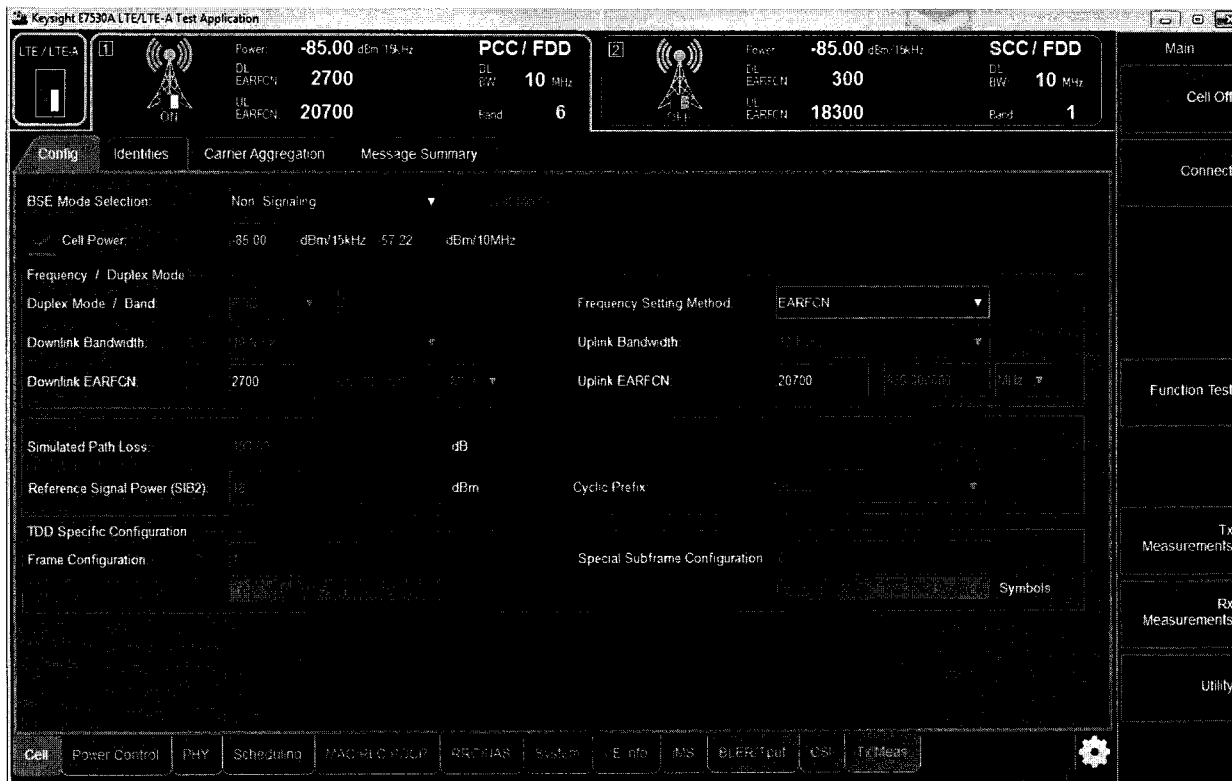


Рисунок 7.

7.4.1.7 Определить входной порт Cell A TXRX1 во вкладке System (рисунок 8).

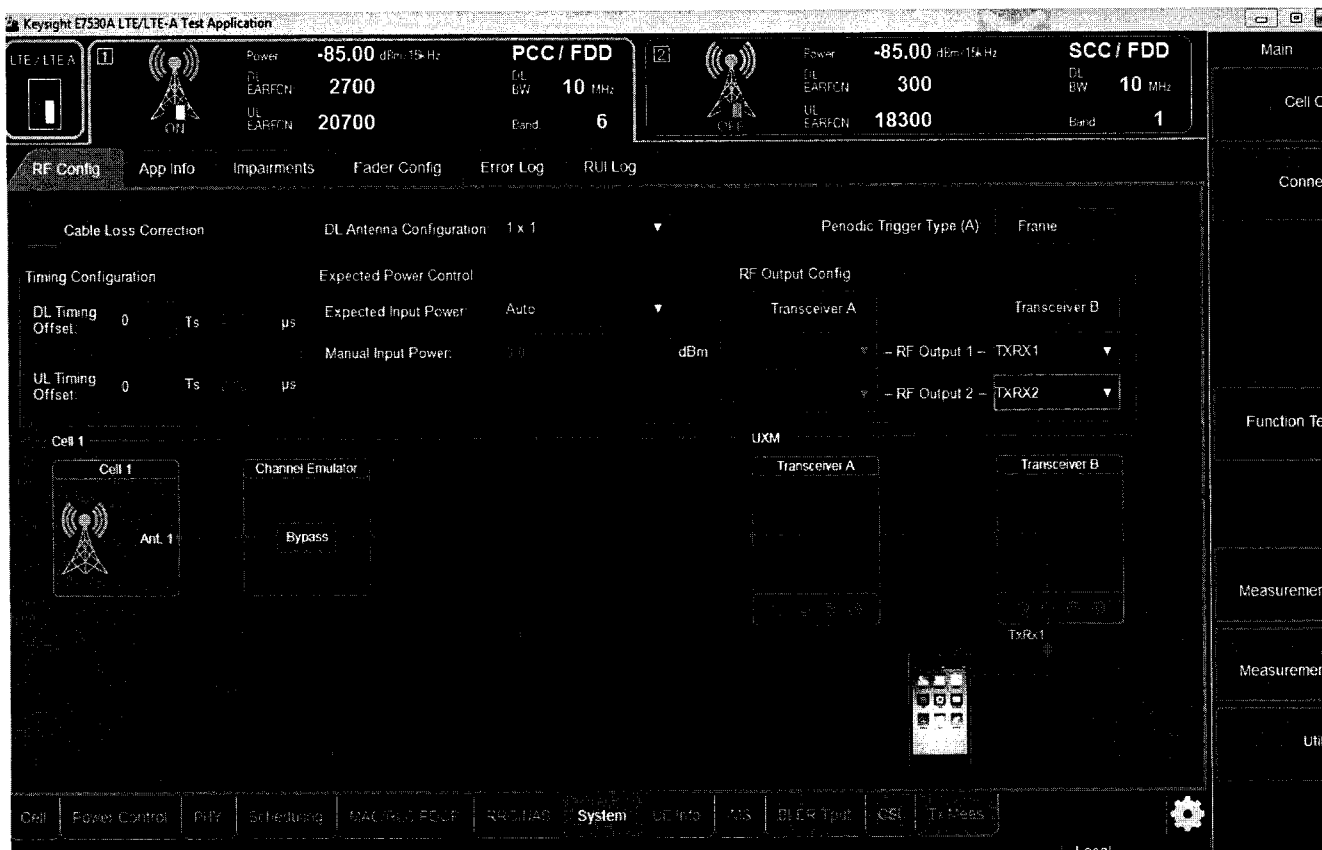


Рисунок 8.

7.4.1.8 Запустить режим измерений, для чего нажать кнопку TX Measurements в правой части экрана и выбрать режим Monitor Spectrum (рисунок 9).

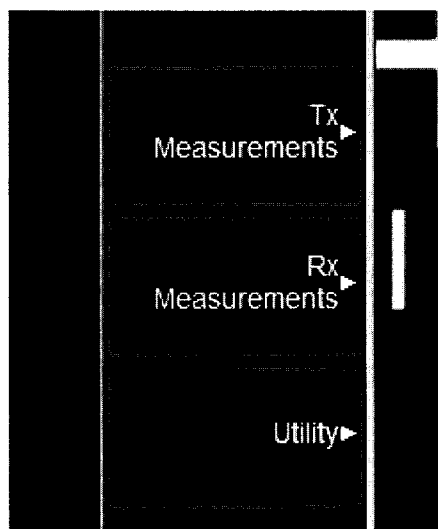


Рисунок 9.

7.4.1.9 Установить ручную частоту сигнала и запустить поиск пика по маркеру в открывшемся измерительном окне приложений X-серии (рисунок 10).

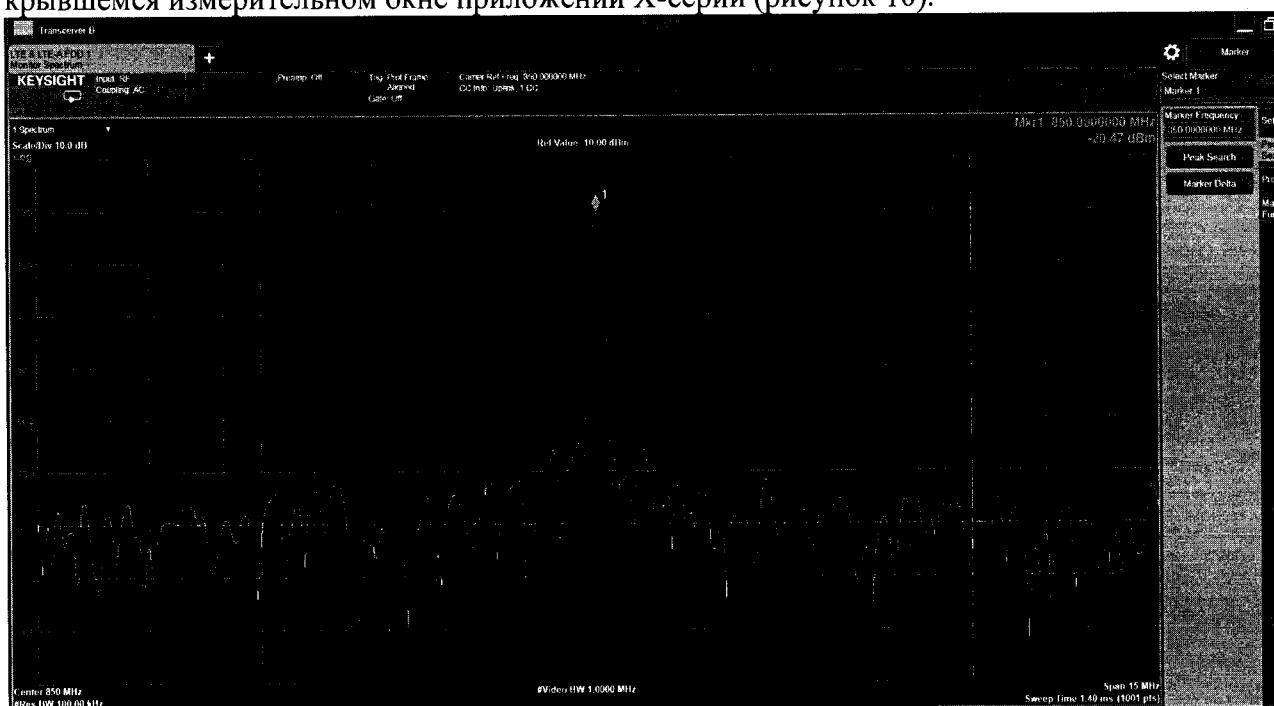


Рисунок 10.

7.4.1.10 Установить на генераторе частоту сигнала 300 МГц, выходную мощность 6 дБ/мВт.

7.4.1.11 Измерить уровень мощности сигнала ваттметром, отрегулировать уровень мощности на генераторе таким образом, чтобы измеренное ваттметром значение мощности было $0 (\pm 0.05)$ дБ/мВт.

7.4.1.12 Нажать кнопку маркер дельта на установке E7515A.

7.4.1.13 На генераторе установить уровень выходной мощности 9.5 дБ/мВт и измерить значение мощности ваттметром.

7.4.1.14 Отрегулировать уровень мощности $U_{уст}$ на выходе генераторе таким образом, чтобы измеренное ваттметром значение мощности было $3.5 (\pm 0.05)$ дБ/мВт.

7.4.1.15 Записать значение дельта маркера – $U_{изм}$.

7.4.1.16 Вычислить относительную погрешность установки и измерения уровня выходного сигнала измерения как $U_{изм} - U_{уст}$. Полученное значение погрешности измерения не должно превышать значение, указанное в таблице 1.

7.4.1.17 Провести измерения всех уровней мощности и частот, указанных в таблице 3. При измерении уровня мощности меньше 20 дБ/мВт использовать преобразователь 8481D.

7.4.1.18 Повторить все измерения для Cell Rx A TxRx2/R2, Cell B Rx TxRx1/R1, Cell Rx B TxRx2/R2.

Таблица 3.

Частота установленного сигнала на генераторе, МГц	Уровень мощности сигнала, дБ/мВт	Погрешность измерения приемника, дБ	Предел допустимых погрешностей измерения уровня, ± дБ
300	3,5		1
	-10		1
	-20		1
	-30		1
	-40		1
	-53		1
1000	3,5		1
	-10		1
	-20		1
	-30		1
	-40		1
	-53		1
1500	3,5		1
	-10		1
	-20		1
	-30		1
	-40		1
	-53		1
2000	3,5		1
	-10		1
	-20		1
	-30		1
	-40		1
	-53		1
2500	3,5		1
	-10		1
	-20		1
	-30		1
	-40		1
	-53		1
3000	3,5		1
	-10		1
	-20		1
	-30		1
	-40		1
	-53		1
3500	3,5		1
	-10		1
	-20		1
	-30		1
	-40		1
	-53		1

Частота установленного сигнала на генераторе, МГц	Уровень мощности сигнала, дБ/мВт	Погрешность измерения приемника, дБ	Предел допустимых погрешностей измерения уровня, ± дБ
4000	3,5		1
	-10		1
	-20		1
	-30		1
	-40		1
	-53		1
4500	3,5		1
	-10		1
	-20		1
	-30		1
	-40		1
	-53		1
5000	3,5		1
	-10		1
	-20		1
	-30		1
	-40		1
	-53		1
5500	3,5		1
	-10		1
	-20		1
	-30		1
	-40		1
	-53		1
6000	3,5		1
	-10		1
	-20		1
	-30		1
	-40		1
	-53		1

7.4.1.19 Определение диапазона и относительной погрешности установки уровня выходного сигнала

7.4.1.20 Выбирать тип выходного сигнала CW на вкладке Cell в поле BSE Mode Selection установки E7515A (рисунок 11), после чего можно одновременно задавать значения уровней и частоты выходного сигнала для двух пар выходов (TX1 и TXRX1, TX2 и TXRX2). При этом для второй пары частота задаётся в виде смещения (ΔF) и не может превышать допустимой полосы частот приемопередатчика (± 50 МГц) (рисунок 12).

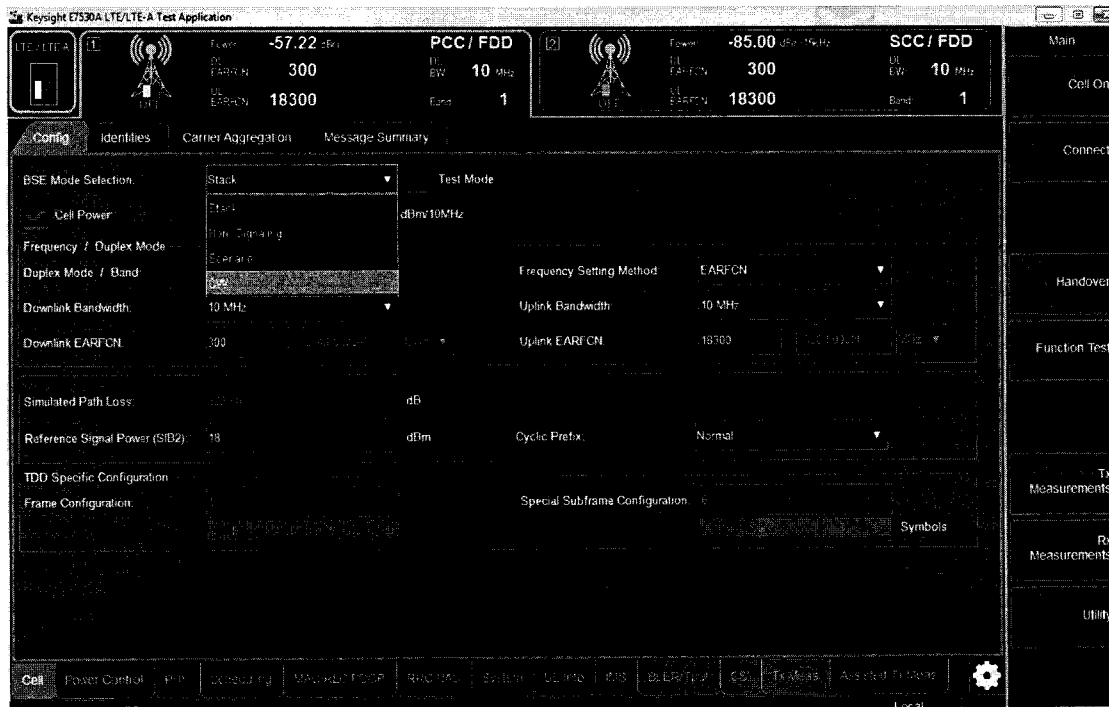


Рисунок 11.

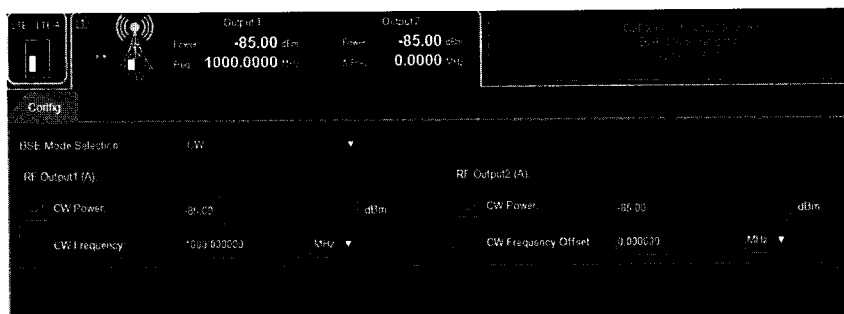


Рисунок 12.

7.4.1.21 Выбрать необходимый порт, перейдя во вкладку System (рисунок 13).

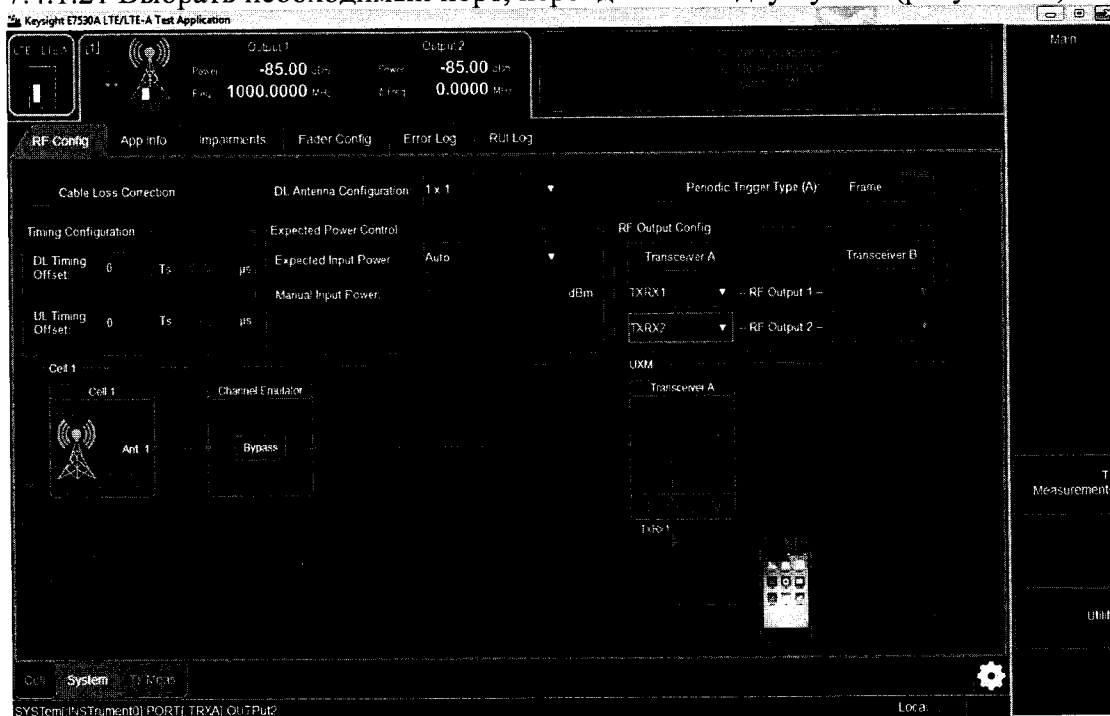


Рисунок 13.

7.4.1.22 На установке E7515A установить значение уровня сигнала 0 дБ/мВт (Uуст), частоту 300 МГц.

7.4.1.23 Измерить уровень мощности $U_{им}$ ваттметром и занести измеренное значение в таблицу 2.

7.4.1.24 Подать тот же сигнал на анализатор спектра N9030A.

7.4.1.25 На анализаторе установить центральную частоту 300 МГц, полоса обзора 0 Гц, RBW 10 Гц, нажать Peak Search, Marker -> Delta. После этого с шагом 10 дБ/мВт уменьшать сигнал, измеряя на анализаторе спектра уровень мощности сигнала ($U_{изм}$).

7.4.1.26 Рассчитать погрешность измерения по формуле $U_{изм}-U_{уст}-U_{им}$.

7.4.1.27 Полученные значение занести в таблицу 4.

7.4.1.28 Повторить измерения для всех частот, указанных в таблице 4. Повторить измерения для Cell A Tx1Rx1, Cell A Tx1Rx2, Cell A Tx2, Cell B Tx1, Cell B Tx1Rx1, Cell B Tx1Rx2, Cell B Tx2. При уровнях ниже -70 дБ/мВт на анализаторе спектра необходимо включить предусилитель сигнала.

Таблица 4

Частота установленного сигнала на генераторе, МГц	Уровень мощности сигнала, дБ/мВт	Погрешность измерения приемника, дБ	Предел допустимых погрешностей, ± дБ
CellA Tx1			
300	0		1
	-10		1
	-20		1
	-30		1
	-40		1
	-50		1
	-60		1
	-70		1
	-80		1
	-90		1
	-100		1
1000	0		1
	-10		1
	-20		1
	-30		1
	-40		1
	-50		1
	-60		1
	-70		1
	-80		1
	-90		1
	-100		1
2000	0		1
	-10		1
	-20		1
	-30		1
	-40		1
	-50		1
	-60		1
	-70		1
	-80		1
	-90		1

Частота установленного сигнала на генераторе, МГц	Уровень мощности сигнала, дБ/мВт	Погрешность измерения приемника, дБ	Предел допустимых погрешностей, ± дБ
	-100		1
3000	0		1
	-10		1
	-20		1
	-30		1
	-40		1
	-50		1
	-60		1
	-70		1
	-80		1
	-90		1
	-100		1
4000	0		1
	-10		1
	-20		1
	-30		1
	-40		1
	-50		1
	-60		1
	-70		1
	-80		1
	-90		1
	-100		1
5000	0		1
	-10		1
	-20		1
	-30		1
	-40		1
	-50		1
	-60		1
	-70		1
	-80		1
	-90		1
	-100		1
6000	0		1
	-10		1
	-20		1
	-30		1
	-40		1
	-50		1
	-60		1
	-70		1
	-80		1
	-90		1
	-100		1

Частота установленного сигнала на генераторе, МГц	Уровень мощности сигнала, дБ/мВт	Погрешность измерения приемника, дБ	Предел допустимых погрешностей, ± дБ
CellA Tx1Rx11			
500	0		1
	-10		1
	-20		1
	-30		1
	-40		1
	-50		1
	-60		1
	-70		1
	-80		1
	-90		1
	-100		1
	-110		1
1500	0		1
	-10		1
	-20		1
	-30		1
	-40		1
	-50		1
	-60		1
	-70		1
	-80		1
	-90		1
	-100		1
	-110		1
2500	0		1
	-10		1
	-20		1
	-30		1
	-40		1
	-50		1
	-60		1
	-70		1
	-80		1
	-90		1
	-100		1
	-110		1
3500	0		1
	-10		1
	-20		1
	-30		1
	-40		1
	-50		1
	-60		1
	-70		1
	-80		1
	-90		1
	-100		1
	-110		1

Частота установленного сигнала на генераторе, МГц	Уровень мощности сигнала, дБ/мВт	Погрешность измерения приемника, дБ	Предел допустимых погрешностей, ± дБ
4500	0		1
	-10		1
	-20		1
	-30		1
	-40		1
	-50		1
	-60		1
	-70		1
	-80		1
	-90		1
5500	0		1
	-10		1
	-20		1
	-30		1
	-40		1
	-50		1
	-60		1
	-70		1
	-80		1
	-90		1
	-100		1

Результаты поверки считать положительными, если значения погрешности измерения приемника не превышают допустимых значений, указанных в графе 4.

7.4.2 Определение среднеквадратического значения величины модуля вектора ошибки (EVM) и фазовой ошибки

7.4.2.1 Соединить E7515A и анализатор сигналов N9030A в соответствии со схемой, представленной на рисунке 14.

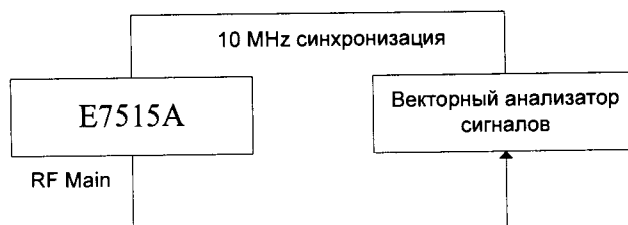


Рисунок 14.

7.4.2.2 Выбрать режим выхода TXRX1 приемопередатчика А. Активировать режим для двух независимых LTE-сот по приемопередатчикам А и В (см. описание выше). После этого в поле BSE Mode Selection для приемопередатчика А выбрать режим Non Signaling и запустить непрерывное формирование сигнала LTE в диапазоне частот (рисунок 15).



Рисунок 15.

7.4.2.3 Выбрать поле BSE Mode Selection для приемопередатчика В в режиме CW (чтобы исключить формирование дополнительного сигнала downlink) (рисунок 16).



Рисунок 16.

7.4.2.4 Устанавливать на выходе тестера сигнал с частотой 750, 2150 и 3550 МГц с заданными параметрами модуляции (WCDMA: Modulation Format QPSK, Symbol Rate 3,84 МГц, Span 5 МГц, Res BW 150,888 кГц).

7.4.2.5 На анализаторе сигналов N9030A устанавливать последовательно центральную частоту в соответствии с частотой выходного сигнала тестера 750, 2150 и 3550 МГц. Запустить на анализаторе сигналов режим цифровой демодуляции сигналов. Выбрать предвари-

тельные настройки для стандарта WCDMA: Modulation Format QPSK, Symbol Rate 3,84 МГц, Span 5 МГц, Res BW 150,888 кГц

7.4.2.6 Измерить и записать значение EVM.

7.4.2.7 Остановить вывод сигнала на E7515A.

7.4.2.8 Выбрать в параметрах соответствующий выход Cell A Tx1, Cell A Tx1Rx1, Cell A Tx1Rx2, Cell A Tx2, Cell B Tx1, Cell B Tx1Rx1, Cell B Tx1Rx2, Cell B Tx2.

7.4.2.9 Измерить и записать значение Phase Err.

7.4.2.10 Остановить вывод сигнала на E7515A.

Результаты поверки считать положительными, если значение модуля EVM при воспроизведении сигнала стандарта WCDMA не превышает 3,5 % rms.

7.5 Определение метрологических характеристик аудиоанализатора U8903B

7.5.1 Определение диапазона и относительной погрешности установки выходного напряжения постоянного тока

7.5.1.1 Собрать схему в соответствии с рисунком 17.

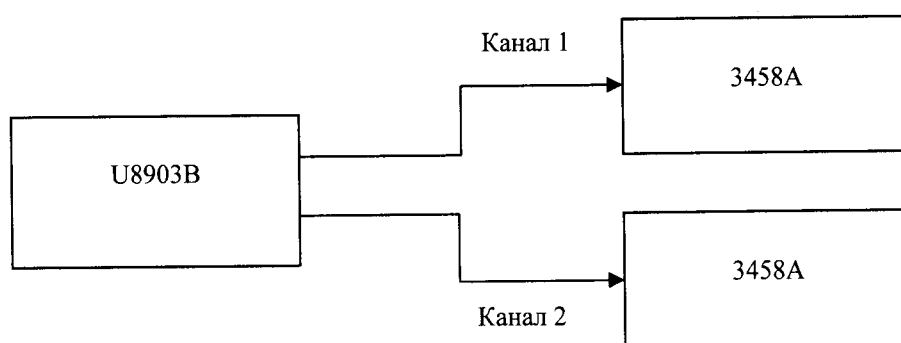


Рисунок 17

7.5.1.2 На мультиметре установить режим измерения DC.

7.5.1.3 На анализаторе установить выходное сопротивление 600 Ом, форма сигнала – «DC».

7.5.1.4 Изменять напряжение согласно таблице, показания фиксировать в протоколе.

7.5.1.5 Результаты поверки считать положительными, если значения относительной погрешности установки выходного напряжения не превышают 1,0 %.

Таблица 5

Напряжение с анализатора $U_{уст}$, В	Измеренное значение напряжения $U_{изм}$, В (канал 1)	Измеренное значение напряжения $U_{изм}$, В (канал 2)	Относительная погрешность (%) (канал 1)	Относительная погрешность (%) (канал 2)
-10,00				
-8,00				
-6,00				
-4,00				
-2,0				
-0,25				
0,25				
2,00				
4,00				
6,00				
8,00				
10,00				

7.5.2 Определение относительной погрешности установки выходного напряжения переменного тока, неравномерности АЧХ относительно опорной частоты 1кГц и разрешающей способности

7.5.2.1 Собрать схему в соответствии с рисунком 17.

7.5.2.2 На мультиметре установить режим измерения АС, метод измерения – «Synchronous sub-sampled», включить фильтр.

7.5.2.3 На анализаторе установить выходное сопротивление 600 Ом, форма сигнала – синус.

Параметры выходного сигнала $U_{уст}$:

- частота: 1000, 5, 100, 500, 750, 12250, 18250, 20000, 30000, 40000, 50000, 60000, 70000, 80000 Гц;

- СКЗ V_{rms} : 1 В.

Таблица 6

Напряжение на анализаторе $U_{уст}$, В	Установленная частота $f_{уст}$, Гц	Измеренное значение напряжения $U_{изм}$, В (канал 1)	Измеренное значение напряжения $U_{изм}$, В (канал 2)	Неравномерность АЧХ, дБ (канал 1)	Неравномерность АЧХ, дБ (канал 2)
1	1000				
1	5				
1	100				
1	500				
1	750				
1	12250				
1	18250				
1	20000				
1	30000				
1	40000				
1	50000				
1	60000				
1	70000				
1	80000				

7.5.2.4 Повторить измерения п. 3.3.2.3 с параметрами выходного сигнала $U_{уст}$:

- частота: 1000 Гц;

- СКЗ V_{rms} : 0,008; 0,01; 0,015; 0,02; 0,03; 0,04; 0,05; 0,08; 0,1; 0,15; 0,2; 0,3; 0,40; 0,6; 1; 1,2; 1,8; 2,5; 3,5; 5; 8 В.

Таблица 7

Напряжение на анализаторе $U_{уст}$, В	Измеренное значение напряжения $U_{изм}$, В (канал 1)	Измеренное значение напряжения $U_{изм}$, В (канал 2)	Относительная погрешность (%) (канал 1)	Относительная погрешность (%) (канал 2)
0,008				
0,01				
0,015				
0,02				
0,03				
0,04				
0,05				

Напряжение на анализаторе $U_{уст}$, В	Измеренное значение напряжения $U_{изм}$, В (канал 1)	Измеренное значение напряжения $U_{изм}$, В (канал 2)	Относительная погрешность (%) (канал 1)	Относительная погрешность (%) (канал 2)
0,08				
0,1				
0,15				
0,2				
0,3				
0,4				
0,6				
1				
1,2				
1,8				
2,5				
3,5				
5				
8				

7.5.2.5 Результаты испытаний считать положительными, если:

- относительная погрешность установки выходного напряжения переменного тока значением 1 Вскз на частоте 1 кГц не превышает $\pm 1\%$;
- неравномерность АЧХ не превышает $\pm 0,008$ дБ (в диапазоне от 5 Гц до 20 кГц) и $\pm 0,08$ дБ (в диапазонах от 5 Гц до 80 кГц).

7.5.3 Определение относительной погрешности установки выходного напряжения переменного тока, неравномерности АЧХ относительно опорной частоты 1кГц и разрешающей способности

7.5.3.1 Собрать схему в соответствии с рисунком 18.

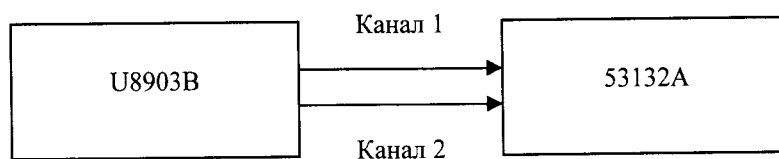


Рисунок 18

7.5.3.2 На частотомере установить сопротивление 1 МОм, режим DC, уровень триггера 50 %.

7.5.3.3 На анализаторе установить выходное сопротивление 600 Ом, форма сигнала – синус, величина (СКЗ) – 1 В.

Частота выходного сигнала $f_{уст}$: 10, 20, 59, 100, 500, 1000, 5000, 10000, 50000, 80000 Гц.

7.5.3.4 Изменять частоту согласно таблице, показания фиксировать в протоколе.

Таблица 8

Установленная частота $f_{уст}$, Гц	Измеренное значение $f_{изм}$, Гц (1 канал)	Измеренное значение $f_{изм}$, Гц (2 канал)	Погрешность установки частоты, % (1 канал)	Погрешность установки частоты, % (2 канал)
10				
20				
50				
100				
500				
1000				
5000				
10000				
50000				
80000				

7.5.3.5 Результаты испытаний считать положительными, если относительная погрешность установки частоты не выходит за пределы диапазона $\pm(0,0002\% + 100 \text{ мкГц})$.

7.5.4 Определение уровня выходных перекрестных искажений

7.5.4.1 Собрать схему в соответствии с рисунком 19.

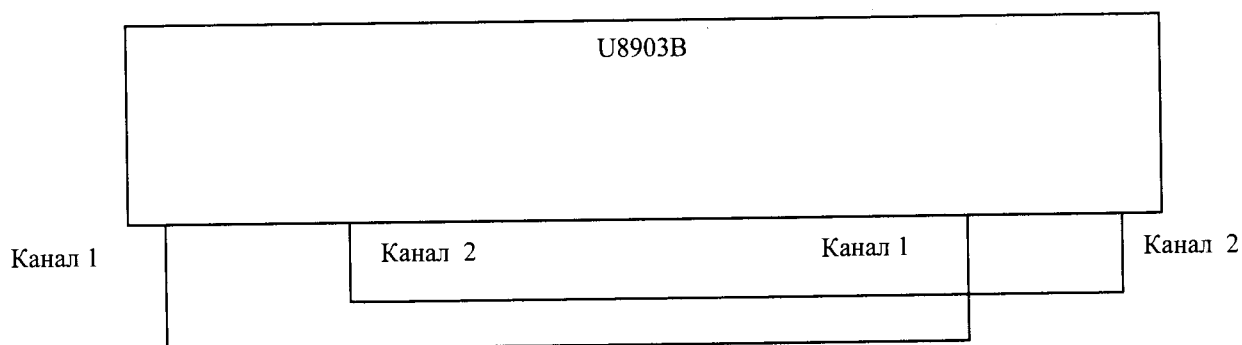


Рисунок 19

7.5.4.2 На выходных каналах анализатора установить несбалансированное соединение, сопротивление 600 Ом, вид сигнала – синус.

7.5.4.3 На входных каналах анализатора установить синусоидальный сигнал, режим измерений «DC», сопротивлением 300 Ом, метод измерений – Crosstalk.

Частота выходного сигнала $f_{уст}$: 1000, 20000 Гц.

Величина (СКЗ): 0,32, 1, 3,2, 8 В

7.5.4.4 Измеренные значения амплитуды входного сигнала занести в таблицу 7. Перевести значения установленной сигнала из В в дБВ (дБ относительно 1 В).

Таблица 9

Установленный сигнал $U_{уст.}$, В	Входное напряжение, В	Установленная частота $f_{уст.}$, Гц	Уровень перекрестных помех 1-2, дБ	Уровень перекрестных помех 2-1, дБ
0,32	0,32	1000		
	0,32	20000		
1	1	1000		
	1	20000		
3,2	3,2	1000		
	3,2	20000		
8	10	1000		
	10	20000		

7.5.4.5. Результаты испытаний считать положительными, если полученный уровень перекрестных искажений не более минус 130 дБ + 0,1 мкВ.

7.5.5. Определение частотного диапазона и времени нарастания напряжения выходного сигнала прямоугольной формы

7.5.5.1 Подключить анализатор к осциллографу

7.5.5.2 На осциллографе установить :

-Trigger mode:Edge.

7.5.5.3 На анализаторе установить несбалансированный тип соединения, форма сигнала –прямоугольная, выходное сопротивление – 600 Ом. Выходное напряжение -0,5; 1,0; 4,5 В.

Таблица 10

Выходное напряжение U , В	Устанавливаемая частота сигнала $f_{уст.}$, Гц	Вольт/деление	Время/деление (мкс)	Время нарастания (канал 1), с	Время нарастания (канал 2), с
0,5	500	0,5/6	400		
0,5	1000	0,5/6	200		
0,5	2000	0,5/6	100		
0,5	5000	0,5/6	40		
0,5	10000	0,5/6	20		
0,5	20000	0,5/6	10		
0,5	30000	0,5/6	6,6667		
1,0	500	1,0/6	400		
1,0	1000	1,0/6	200		
1,0	2000	1,0/6	100		
1,0	5000	1,0/6	40		
1,0	10000	1,0/6	20		
1,0	20000	1,0/6	10		
1,0	30000	1,0/6	6,6667		
4,5	500	4,5/6	400		
4,5	1000	4,5/6	200		
4,5	2000	4,5/6	100		
4,5	5000	4,5/6	40		
4,5	10000	4,5/6	20		
4,5	20000	4,5/6	10		
4,5	30000	4,5/6	6,6667		

7.5.5.4 Результаты испытаний считать положительными, если измеренные значения времени нарастания не превышают 2 мкс.

7.5.6. Определение диапазона и относительной погрешности установки амплитуды напряжения выходного сигнала прямоугольной формы

7.5.6.1 Собрать схему в соответствии с рисунком 1.

7.5.6.2 На мультиметре установить режим измерения «АС», метод измерения – «Synchronous sub-sampled», фильтр включить.

7.5.6.3 На анализаторе установить выходное сопротивление 600 Ом, форма сигнала – прямоугольная, частота сигнала -1 кГц.

Значения амплитуды выходного сигнала $U_{уст}$: 0,01;0,0015; 0,02; 0,03;0,04;0,05;0,08; 0,1;0,15;0,2;0,3;0,4;0,6;1;1,2;1,8;2,5;1,8;2,5; 3,5;5;7,5; 10 В.

Таблица 11

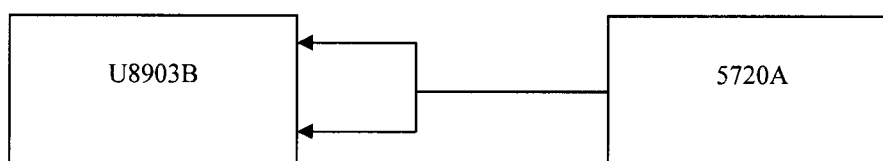
Устанавливаемая величина сигнала $U_{уст}$, В	Предел измерений	Измеренное значение напряжения $U_{изм}$, В (канал 1)	Измеренное значение напряжения $U_{изм}$, В (канал 2)	Относительная погрешность (%) (канал 1)	Относительная погрешность (%) (канал 2)
0,01	0,1				
0,015	0,1				
0,02	0,1				
0,03	0,1				
0,04	0,1				
0,05	0,1				
0,08	0,1				
0,1	1				
0,15	1				
0,2	1				
0,3	1				
0,4	1				
0,6	1				
1	10				
1,2	10				
1,8	10				
2,5	10				
3,5	10				
5	10				
7,5	10				
10	100				

7.5.6.4 Результаты испытаний считать положительными, если относительная погрешность установки амплитуды напряжения выходного сигнала прямоугольной формы на частоте 1 кГц не превышает $\pm 1\%$.

7.5.7 Определение диапазона и относительной погрешности измерений напряжения постоянного тока

7.5.7.1 Собрать схему в соответствии с рисунком 20.

Несимметричный входной канал 1,3,5,7



Несимметричный входной канал 2,4,6,8

Рисунок 20

7.5.7.2 На анализаторе установить тип соединения – несбалансированный, вид входного сигнала – DC.

-(СКЗ): 140;-100; -32;-10;-3,2;-1; -0,32;0,32;1; 3,2;10; 32;100;140 В.

Таблица 12

Установленное напряжение $U_{уст}, В$	Измеренное значение $U_{изм}$ (канал 1), В	Измеренное значение $U_{изм}$ (канал 2), В	Погрешность измерения (канал 1), %	Погрешность измерения (канал 2), %
-140				
-100				
-32				
-10				
-3,2				
-1				
-0,32				
0,32				
1				
3,2				
10				
32				
100				
140				

7.5.7.3 Результаты испытаний считать положительными, если полученные значения относительной погрешности не превышают $\pm 1\%$.

7.5.8 Определение относительной погрешности измерений напряжения переменного тока и неравномерности АЧХ

7.5.8.1 Собрать схему в соответствии с рисунком 20.

7.5.8.2 На аудиоанализаторе установить тип соединения – несбалансированный, вид входного сигнала – АС, полоса пропускания измерения –90 кГц.

7.5.8.3 Измерить анализатором входной сигнал с 5720А: 1 В (СКЗ) на частоте 1000 Гц.

Подать с калибратора 5720А выходной сигнал с параметрами:

-(СКЗ)– 0.2, 1.0, 2.4, 9.6, 30, 96, 140 В.

-частота 1000; 20; 20000; 30000; 40000; 50000; 60000; 70000; 80000; 82275; 85625; 88275; 90000 Гц.

Результаты измерений занести в таблицу 13.

Таблица 13

Установленное напряжение $U_{скз}$, В	Входное напряжение $U_{вх}$, В	Установленная частота $f_{уст}$, Гц	Измеренное значение $U_{изм}$ (канал 1), В	Измеренное значение $U_{изм}$ (канал 2), В	Неравномерность АЧХ (канал 1), дБ	Неравномерность АЧХ (канал 2), дБ

7.5.8.4 Результаты испытаний считать положительными, если полученные значения:

- погрешность измерений входного напряжения переменного 1 Вскз на частоте 1 кГц не превышают $\pm 0,03$ дБ;
- неравномерности АЧХ не превышают $\pm 0,008$ дБ (на частоте от 20 Гц до 20 кГц), $\pm 0,08$ дБ (на частоте от 20 кГц до 80 кГц) и $\pm 0,1$ дБ (до 96 кГц).

7.5.9. Определение относительной погрешности измерений частоты

7.5.9.1 Собрать схему в соответствии с рисунком 21.

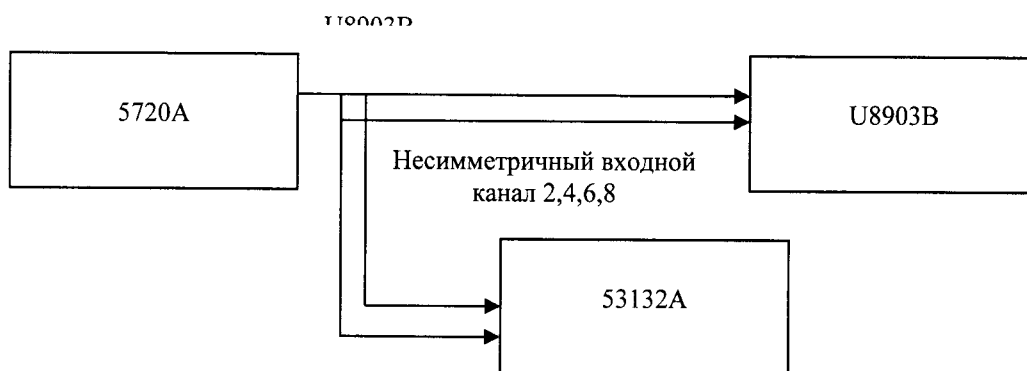


Рисунок 21

7.5.9.2 На частотомере установить сопротивление 1МОм, режим DC, уровень триггера 50%.

Частота сигнала: 10, 50, 100, 200, 500, 1000, 5000, 10000, 50000, 80000 Гц.

Таблица 14

Установленная частота $f_{уст}$, Гц	Измеренное значение физм, Гц (1 канал)	Измеренное значение физм, Гц (2 канал)	Погрешность установки частоты, % (1 канал)	Погрешность установки частоты, % (2 канал)
10				
20				
50				
100				
500				
1000				
5000				
10000				
50000				
80000				

7.5.9.3 Результаты испытаний считать положительными, если относительная погрешность измерения частоты не превышает $\pm (0,0002 \% + 100 \text{ мкГц})$ (на частоте $\leq 50 \text{ кГц}$), $\pm 0,0005 \%$ ($>50 \text{ кГц}$).

7.5.10 Определение абсолютной погрешности измерений разности фаз при равных уровнях сигналов

7.5.10.1 Собрать схему в соответствии с рисунком 22.

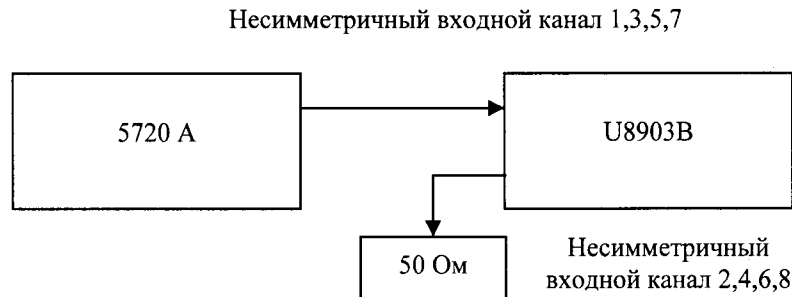


Рисунок 22

7.5.10.2 На анализаторе установить режим измерения разности фаз.

7.5.10.3 На калибраторе установить значение выходного сигнала 1 В (СКЗ), форма сигнала – синусоидальная, частота сигнала -10,50, 500, 1000, 5000, 10000, 50000, 90000 Гц.

Таблица 15

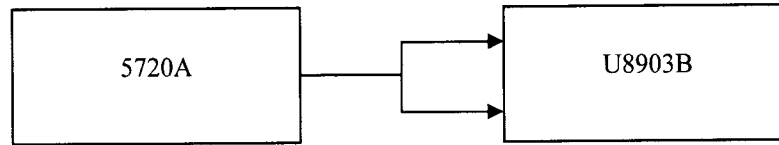
Установленная частота фуст, Гц	Разность фаз, °
10	
50	
100	
500	
1000	
5000	
10000	
50000	
90000	

7.5.10.4 Результаты испытаний считать положительными, если абсолютная погрешность измерений разности фаз не превышает $\pm 2^\circ$ в диапазоне частот до 20 кГц и $\pm 4^\circ$ – свыше 20 кГц.

7.5.11 Определение уровня входных перекрестных помех

7.5.11.1 Собрать схему с соответствии с рисунком 23.

Несимметричный выходной канал 1,3,5,7



Несимметричный выходной канал 2,4,6,8

Рисунок 23

7.5.11.2 На анализаторе установить форму сигнала – синусоидальный. На канале 1 анализатора установить типа соединения – несбалансированное, функция измерения – Crosstalk.

7.5.11.3 С генератора подать сигнал (СКЗ): 0,32; 1; 3,2; 10; 32; 100; 140 В.

Частота сигнала: 1000, 20000 Гц.

Таблица 16

Установленное напряжение Uуст, В	Установленная частота fуст, Гц	Перекрестные искажения (с канала 1 на канал 2), дБ	Перекрестные искажения (с канала 2 на канал 1), дБ
0,32	1000		
0,32	20000		
1	1000		
1	20000		
3,2	1000		
3,2	20000		
10	1000		
10	20000		
32	1000		
32	20000		
100	1000		
100	20000		
140	1000		
140	20000		

7.5.11.4 Результаты испытаний считать положительными, если уровень входных перекрестных помех не более минус 140 дБ + 0,1 мкВ (на частоте до 20 кГц).

7.5.12 Определение неустраняемых искажений

7.5.12.1 Собрать схему по рисунку 19.

7.5.12.2 На выходных каналах анализатора установить тип соединения – несбалансированный, сопротивление – 600 Ом, форма сигнала – синусоидальная.

7.5.12.3 На входных каналах анализатора установить, функция измерения – THD+N.

Таблица 17

Искажения (канал 1), дБ	Искажения (канал 2), дБ

7.5.12.4. Результаты испытаний считать положительными, если полученные значения не превышает минус 108 дБ (от 18 ° до 28 °) и минус 100 (от 0 ° до 18 ° и от 28 ° до 55 °).

7.5.13 Определение относительного уровня помех, обусловленных интермодуляционными искажениями

7.5.13.1 Собрать схему в соответствии с рисунком 19.

7.5.13.2 На анализаторе сопротивление – 600 Ом, типа соединения – несбалансированное, функция измерения – SMPTE IMD

Частота сигнала – 60,170,300 Гц.

(СКЗ): 1,00; 3,00; 5,00; 8,00 В.

Таблица 18

Частота, Гц	СКЗ, В	Интермодуляционные искажения (канал 1), дБ	Интермодуляционные искажения (канал 2), дБ
60	1,00		
60	3,00		
60	5,00		
60	8,00		
170	1,00		
170	3,00		
170	5,00		
170	8,00		
300	1,00		
300	3,00		
300	5,00		
300	8,00		

7.5.12.3 Результаты испытаний считать положительными, если полученные значения не превышают минус 95 дБ.

7.5.13 Определение коэффициента ослабления синфазного сигнала

7.5.13.1 Собрать схему в соответствии с рисунком 24.

7.5.13.2 На анализаторе установить тип соединения – сбалансированный, функция измерения – FFT (графический режим), число точек – 65536.

-частота подаваемого сигнала: 500, 1000, 10000, 20000 Гц.

-(СКЗ): 0,32; 1,0; 3,2; 10;32;140 В.

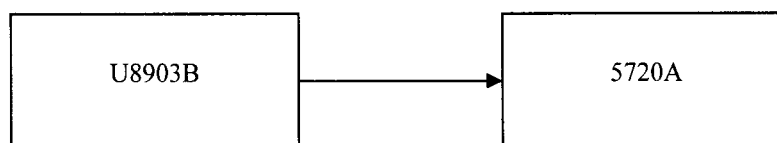


Рисунок 24

Таблица 19

Установленное напряжение $U_{уст}$, В	Установленная частота $f_{уст}$, Гц	КОСС 1, дБ	КОСС 2, дБ
0,32	500		
0,32	1000		
0,32	10000		
0,32	20000		
1	500		
1	1000		
1	10000		
1	20000		
3,2	500		
3,2	1000		
3,2	10000		
3,2	20000		
10	500		
10	1000		
10	10000		
10	20000		
32	500		
32	1000		
32	10000		
32	20000		
100	500		
100	1000		
100	10000		
100	20000		
140	500		
140	1000		
140	10000		
140	20000		

7.5.13.3 Результаты испытаний считать положительными, если измеренные значения не менее 80 дБ при входном сигнале $\leq 3,2$ В и не менее 50 дБ при входном сигнале $> 3,2$ В.

7.5.14 Определение коэффициента гармоник

7.5.14.1 Коэффициент гармоник определить с помощью калибратора. Выход анализатора подключить к калибратору как показано на рисунке 10.

На 1 канале анализатора установить несбалансированное соединение, сопротивление 600 Ом, форма сигнала - синусоидальная, СКЗ выходного сигнала – 1 В, частота – 1 кГц.

Зафиксировать показания и пересчитать K_T в децибелах по формуле (1)

$$K_T^* = 20 \lg(K_T). \quad (1)$$

7.5.14.2 Результаты испытаний считать положительными, если коэффициент гармоник не превышает минус 108 дБ.

7.5.14 Определение относительной погрешности измерений входного напряжения переменного тока при расширении диапазона до 1,5 МГц

7.5.14.1 Собрать схему в соответствии с рисунком 25.

Несимметричные входные каналы 1 и 2

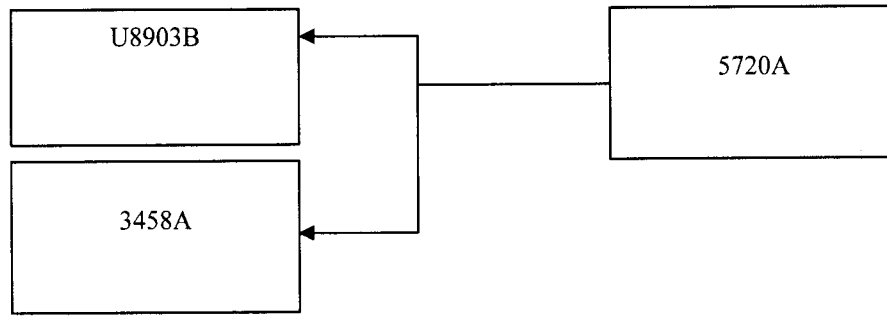


Рисунок 25

7.5.14.2 На мультиметре установить функцию измерения «AC voltage», фильтр включить, режим измерения - Synchronous sub-sampled.

7.5.14.3 На калибраторе установить синусоидальную форму сигнала.

Параметры выходного сигнала:

- частота: 1000, 20, 50, 100, 500, 2250, 5250, 10000, 30000, 50000, 70000, 90000, 95000, 100000, 200000, 300000, 400000, 500000, 600000, 700000, 800000, 900000, 1000000, 1100000, 1200000, 1300000, 1400000, 1500000 Гц;

- СКЗ V_{rms} : 0,2; 1,0; 2,4; 9,6,30;96 В

Считать с анализатора показания, и далее рассчитать относительную погрешность. Полученные результаты записать в таблицу 20.

7.5.14.4 Результаты испытаний считать положительными, если относительная погрешность установки входного напряжения переменного тока значением 1 Вскз на частоте 1 кГц не превышает $\pm 0,1$ дБ (на частоте до 200 кГц), $\pm 0,5$ дБ (на частоте не более 1 МГц), $\pm 1,0$ дБ (на частоте не более 1,5 МГц).

Таблица 20

Установленное напряжение $U_{скз}$, В	Входное напряжение $U_{вх}$, В	Установленная частота $f_{уст}$, Гц	Измеренное значение $U_{изм}$ (канал 1), В	Измеренное значение $U_{изм}$ (канал 2), В	Погрешность измерения, % (канал 1)	Погрешность измерения, % (канал 2)

7.5.15. Определение относительной погрешности измерений частоты в расширенном частотном диапазоне

7.5.15.1 Собрать схему в соответствии с рисунком 26.

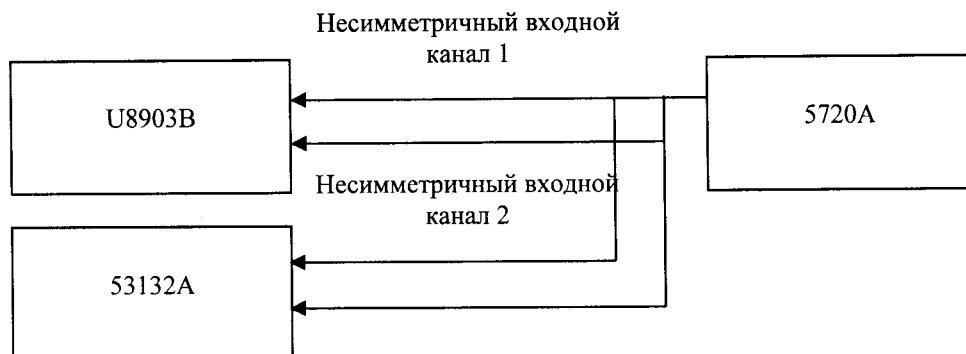


Рисунок 26

7.5.16.2 На калибраторе установите синусоидальный сигнал.

7.5.16.3 На входных каналах частотомера установить сопротивление 1 МОм, фильтр включить (при частоте 100 кГц). уровень триггера:50%

7.5.16.4 На входных каналах анализатора установить несбалансированное соединение, функция измерения AC Voltage.

7.5.16.5 Показания считать и рассчитать относительную погрешность.

7.5.16.6 Результаты испытаний считать положительными, если относительная погрешности измерений частоты не превышает $\pm 0,0002\%$.

Таблица 21

Установленная частота фут, Гц	Измеренное значение физм, Гц (1 канал)	Измеренное значение физм, Гц (2 канал)	Погрешность установки частоты, % (1 канал)	Погрешность установки частоты, % (2 канал)
100000				
200000				
300000				
400000				
500000				
600000				
700000				
800000				
900000				
1000000				
1100000				
1200000				
1300000				
1400000				
1500000				

7.6.1 Определение номинальных значений выходных частот

7.6.1.1 Подключить с помощью радиочастотного кабеля к порту «РЧ», расположенному на передней панели блока имитации из состава имитатора, антенный вход приемника сигналов глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) геодезического многочастотного СИГМА.

7.6.2 Сформировать и воспроизвести на имитаторе сценарий по формированию сигналов СНС ГЛОНАСС (L1), СНС GPS (L1) для неподвижного объекта.

7.6.3 Контролировать прием ГНСС-приемником СИГМА сигналов, формируемых имитатором.

7.6.4 Результаты поверки считать положительными, если ГНСС-приемник СИГМА обеспечивает прием сигналов, формируемых имитатором, на дисплее анализатора спектра N9010A отображается спектр принимаемого сигнала СНС ГЛОНАСС (L3), таким образом, номинальные значения выходных частот сигналов, формируемых имитатором, составляют значения, приведенные в таблице 22. В противном случае имитатор бракуется

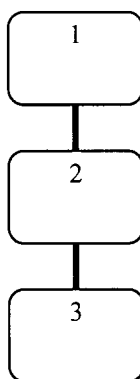
Таблица 22

Наименование характеристики	Значение характеристики
Номинальные значения выходных частот, МГц СНС ГЛОНАСС (L1)	$1602 + k \cdot 0,5625$ где $k = -7 \dots 7$
СНС GPS (L1)	1575,4200

7.6.2 Определение относительной погрешности по частоте внутреннего опорного генератора

7.6.2.1 Определение относительной погрешности по частоте внутреннего опорного генератора имитатора проводить после предварительного прогрева имитатора в течение не менее 2 часов.

7.6.2.2 Определение относительной погрешности по частоте внутреннего опорного генератора имитатора проводить по схеме, приведенной на рисунке 27. Подключить с помощью радиочастотного кабеля к порту «10 МГц», расположенному на задней панели блока имитации из состава имитатора, вход компаратора частотного Ч7-318.



- 1 – имитатор сигналов;
- 2 – компаратор частотный Ч7-318;
- 3 – стандарт частоты рубидиевый FS725

Рисунок 27 – Схема для определения метрологических характеристик внутреннего опорного генератора имитатора

7.6.2.3 Провести определения относительной погрешности по частоте внутреннего опорного генератора имитатора в соответствии с РЭ на компаратор частотный Ч7-318.

7.6.2.4 Результаты поверки считать положительными, если значение относительной погрешности по частоте внутреннего опорного генератора имитатора находится в пределах $\pm 2 \cdot 10^{-8}$. В противном случае имитатор бракуется.

7.6.3 Определение относительной вариации частоты внутреннего опорного генератора за 1 сутки

7.6.3.1 Определение относительной вариации частоты внутреннего опорного генератора имитатора за 1 сутки проводить после предварительного прогрева имитатора в течение не менее 2 часов.

7.6.3.2 Определение относительной вариации частоты внутреннего опорного генератора имитатора за 1 сутки проводить по схеме, приведенной на рисунке 27.

7.6.3.3 Провести измерения относительной погрешности по частоте внутреннего опорного генератора имитатора в соответствии с РЭ на компаратор частотный Ч7-318 с интервалом времени между измерениями, равным 1 сутки.

7.6.3.4 Вычислить значение относительной вариации частоты согласно ГОСТ 8.567-99.

7.6.3.5 Результаты поверки считать положительными, если значение относительной вариации частоты внутреннего опорного генератора имитатора за 1 сутки находится в пределах $\pm 5 \cdot 10^{-10}$. В противном случае имитатор бракуется.

7.6.4 Определение среднего квадратического относительного двухвыборочного отклонения результата измерений частоты внутреннего опорного генератора при $\tau_{И} = \tau_{В} = 1$ с

7.6.4.1 Определение среднего квадратического относительного двухвыборочного отклонения результата измерений частоты внутреннего опорного генератора имитатора проводить после предварительного прогрева имитатора в течение не менее 2 часов.

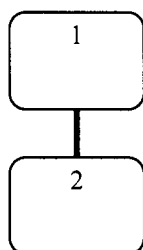
7.6.4.2 Определение среднего квадратического относительного двухвыборочного отклонения результата измерений частоты внутреннего опорного генератора имитатора проводить по схеме, приведенной на рисунке 27.

7.6.4.3 Провести определение среднего квадратического относительного двухвыборочного отклонения результата измерений частоты внутреннего опорного генератора имитатора при $\tau_{И} = \tau_{В} = 1$ с в соответствии с РЭ на компаратор частотный Ч7-318.

7.6.4.4 Результаты поверки считать положительными, если значение среднего квадратического относительного двухвыборочного отклонения результата измерений частоты внутреннего опорного генератора имитатора при $\tau_{И} = \tau_{В} = 1$ с не более $5 \cdot 10^{-12}$. В противном случае имитатор бракуется.

7.6.5 Определение относительного уровня помех, обусловленного паразитными составляющими

7.6.5.1 Определение относительного уровня помех, обусловленного паразитными составляющими в спектре выходного сигнала проводить по схеме, приведенной на рисунке 28. Подключить с помощью радиочастотного кабеля к порту «КАЛИБР», расположенному на передней панели блока имитации из состава имитатора, вход анализатора спектра N9010A.



1 – имитатор сигналов;
2 – анализатор спектра N9010A

Рисунок 28 – Схема для оценки уровня помех, обусловленного паразитными составляющими в спектре выходного сигнала

7.6.5.2 Сформировать и воспроизвести на имитаторе сценарий по формированию немодулированного сигнала в диапазоне L1 (литер 0) СНС ГЛОНАСС согласно РЭ. Установить значение скорости изменения беззапросной дальности (псевдодальности), соответствующее значению доплеровского сдвига частоты 50 кГц.

7.6.5.3 Настроить центральную частоту анализа анализатора спектра N9010A на значение 1602,05 МГц (1602,00 МГц + 50 кГц). Измерить мощность сигнала на центральной частоте P_0 .

7.6.5.4 При помощи анализатора спектра N9010A измерить значения мощности сигнала

ла P_i при отстройках частоты минус 100 кГц, минус 50 кГц, 50 кГц от значения центральной частоты анализа (1602,05 МГц).

7.6.5.5 Рассчитать относительный уровень помех, обусловленных паразитными составляющими в спектре выходного сигнала, по формуле (1):

$$\delta_i = P_0 - P_i, \quad (2)$$

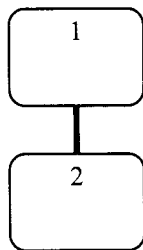
где $i = 1 \dots 3$.

7.6.5.6 Провести аналогичные измерения в диапазонах частот СНС GPS (L1).

7.6.5.7 Результаты поверки считать положительными, если значения относительного уровня помех, обусловленного паразитными составляющими, составляют не более минус 40 дБс. В противном случае имитатор бракуется.

7.6.6 Определение динамического диапазона изменения уровня мощности выходного сигнала

7.6.6.1 Определение динамического диапазона изменения уровня мощности выходного сигнала проводить по схеме, приведенной на рисунке 29. Подключить с помощью радиочастотного кабеля к порту «КАЛИБР», расположенному на передней панели блока имитации из состава имитатора, вход ваттметра E4418B с преобразователями 8481A и 8481D. Перед использованием ваттметра необходимо провести его внутреннюю калибровку с учетом соответствующих поправочных коэффициентов. При проведении измерений использовать радиочастотный кабель с известным коэффициентом ослабления и учитывать его значение при вычислениях.



1 – имитатор сигналов;
2 – ваттметр E4418B

Рисунок 29 – Схема для определения динамического диапазона изменения уровня мощности выходного сигнала

7.6.6.2 Сформировать и воспроизвести на имитаторе сценарий по формированию сигнала в диапазоне L1 (литер 0) СНС ГЛОНАСС согласно РЭ. Установить нулевым значение скорости изменения беззапросной дальности (псевдодальности).

7.6.6.3 Измерить значение мощности сигнала с использованием ваттметра E4418B.

7.6.6.4 Рассчитать значение верхней границы динамического диапазона изменения уровня мощности выходного сигнала по формуле (3):

$$\Delta^1 = P_{КАЛИБР} - P_{АТТ}, \quad (3)$$

где $P_{КАЛИБР}$ - мощность сигнала, измеренная ваттметром E4418B;

$P_{АТТ}$ - мощность сигнала, ослабляемая аттенюаторами 60 дБ на портах «РЧ» имитатора, за исключением порта «КАЛИБР», $P_{АТТ} = 60\text{дБ}$.

7.6.6.5 Рассчитать значение нижней границы динамического диапазона изменения уровня мощности выходного сигнала по формуле (4):

$$\Delta^2 = \Delta^1 - P_{АТТ}^1 - P_{АТТ}^2, \quad (4)$$

где $P_{АТТ}^1, P_{АТТ}^2$ - мощности сигналов, ослабляемые аттенюаторами 20 дБ в универсальных блоках имитации, $P_{АТТ}^1 = P_{АТТ}^2 = 20\text{дБ}$.

7.6.6.6 Провести аналогичные измерения в диапазонах частот СНС GPS (L1).

7.6.6.7 Результаты поверки считать положительными, если верхняя граница динамического диапазона изменения уровня мощности выходного сигнала составляет значение минус 140 дБВт \pm 1 дБ, нижняя граница динамического диапазона изменения уровня мощности выходного сигнала составляет значение минус 180 дБВт \pm 1 дБ, что свидетельствует о том, что динамический диапазон изменения уровня мощности выходного сигнала составляет от минус 180 дБВт до минус 140 дБВт. В противном случае имитатор бракуется.

7.6.7 Определение погрешности установки уровня мощности выходного сигнала между каналами имитации

7.6.7.1 Определение погрешности установки уровня мощности выходного сигнала между каналами имитации проводить по схеме, приведенной на рисунке 29. Подключить с помощью радиочастотного кабеля к порту «КАЛИБР», расположенному на передней панели блока имитации из состава имитатора, вход ваттметра E4418B с преобразователями 8481A и 8481D. Перед использованием ваттметра необходимо провести его внутреннюю калибровку с учетом соответствующих поправочных коэффициентов.

7.6.7.2 Сформировать и воспроизвести на имитаторе сценарий по формированию сигнала в диапазоне L1 (литер 0) СНС ГЛОНАСС согласно РЭ. Установить нулевым значение скорости изменения беззапросной дальности (псевдодальности).

7.6.7.3 Последовательно измерить значение мощности сигнала с использованием ваттметра E4418B при генерации сигнала в каналах имитатора с 1 по 32, $P_1 \dots P_{32}$.

7.6.7.4 Вычислить погрешности установки уровня мощности выходного сигнала между каналами имитации по формуле (5):

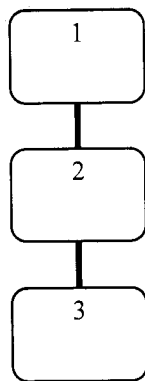
$$\Delta_k = P_1 - P_k, k = 2 \dots 32. \quad (5)$$

7.6.7.5 Провести аналогичные измерения в диапазонах частот СНС GPS (L1).

7.6.7.6 Результаты поверки считать положительными, если значения погрешности установки уровня мощности выходного сигнала между каналами имитации находятся в пределах $\pm 0,5$ дБ. В противном случае имитатор бракуется.

7.6.8 Определение СКО случайной составляющей погрешности формирования беззапросной дальности (псевдодальности) по фазе дальномерного кода, по фазе несущей частоты

7.6.8.1 Определение СКО случайной составляющей погрешности формирования беззапросной дальности (псевдодальности) по фазе дальномерного кода, по фазе несущей частоты проводить по схеме, приведенной на рисунке 30. Подключить с помощью радиочастотного кабеля к порту «РЧ», расположенному на передней панели блока имитации из состава имитатора, антенный вход ГНСС-приемника СИГМА. Использовать гармонические высокостабильные сигналы 10 МГц стандарта частоты рубидиевого FS725 в качестве сигналов опорной частоты для имитатора и ГНСС-приемника СИГМА.



- 1 –имитатор сигналов;
- 2 – ГНСС-приемник СИГМА;
- 3 – стандарт частоты рубидиевый FS725

Рисунок 30 – Схема для определения метрологических характеристик имитатора в части формирования радионавигационных параметров

7.6.8.2 Сформировать и воспроизвести на имитаторе сценарий по формированию сигналов СНС ГЛОНАСС (L1), СНС GPS (L1) для неподвижного объекта продолжительностью не менее 60 минут.

7.6.8.3 Провести измерения текущих навигационных параметров ГНСС-приемником СИГМА с записью измерительной информации (темп записи 1 измерение в 1 с). По окончании измерений провести конвертирование полученной измерительной информации в файл формата RINEX.

7.6.8.4 Для определения СКО случайной составляющей погрешности формирования псевдодальности по фазе дальномерного кода использовать измерения псевдодальности по сигналам СНС ГЛОНАСС в полях P1 и P2 (в метрах) файла формата RINEX. Для определения допустимого СКО случайной составляющей погрешности формирования псевдодальности по фазе несущей частоты использовать измерения псевдофазы по сигналам СНС ГЛОНАСС в полях L1 (в длинах волн) файла формата RINEX.

7.6.8.5 Вычислить разности псевдодальностей по фазе дальномерного кода P1 и P2 (в метрах) и по фазе несущей частоты L1 (в длинах волн) для сигналов СНС ГЛОНАСС, измерения по которым имеются в файле формата RINEX, по формулам (6), (7):

$$\Delta PR_{(P1-L1)i} = PR_{P1i} - PR_{L1i} \cdot \lambda_{L1}, \quad (6)$$

$$\Delta PR_{(P2-L2)i} = PR_{P2i} - PR_{L2i} \cdot \lambda_{L2}, \quad (7)$$

где λ_{L1} , λ_{L2} – длины волн высокочастотных навигационных сигналов в частотных диапазонах L1 и L2.

7.6.8.6 Вычислить разности приращений псевдодальности по фазе несущей частоты L1 и L2 для сигналов СНС ГЛОНАСС, измерения по которым имеются в файле формата RINEX, по формулам (8)-(10):

$$\Delta \Delta PR_{(L1-L2)k} = \Delta PR_{L1k} - \Delta PR_{L2k}, \quad (8)$$

$$\Delta PR_{L1k} = (PR_{(L1i+1)} - PR_{(L1i)}) \cdot \lambda_{L1}, \quad (9)$$

$$\Delta PR_{L2k} = (PR_{(L2i+1)} - PR_{(L2i)}) \cdot \lambda_{L2}. \quad (10)$$

7.6.8.7 Вычислить средние значения разностей $\Delta PR_{(P1-L1)i}$, $\Delta PR_{(P2-L2)i}$, $\Delta \Delta PR_{(L1-L2)k}$ по формулам (11)-(13):

$$\overline{\Delta PR_{(P1-L1)i}} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \Delta PR_{(P1-L1)i}, \quad (11)$$

$$\overline{\Delta PR_{(P2-L2)i}} = 1/N \sum_{i=1}^N \Delta PR_{(P2-L2)i}, \quad (12)$$

$$\overline{\Delta \Delta PR_{(L1-L2)k}} = 1/M \sum_{k=1}^M \Delta \Delta PR_{(L1-L2)k}. \quad (13)$$

7.6.8.8 Вычислить значения СКО случайной составляющей погрешности формирования псевдодальности по фазе дальномерного кода, по фазе несущей частоты по формулам (14)-(16):

$$\sigma_{PR(P1)} = \sqrt{1/(N-1) \sum_{i=1}^N (\Delta PR_{(P1-L1)i} - \overline{\Delta PR_{(P1-L1)i}})^2}, \quad (14)$$

$$\sigma_{PR(P2)} = \sqrt{1/(N-1) \sum_{i=1}^N (\Delta PR_{(P2-L2)i} - \overline{\Delta PR_{(P2-L2)i}})^2}, \quad (15)$$

$$\sigma_{PR(L1,L2)} = \sqrt{1/2(M-1) \sum_{k=1}^M (\Delta \Delta PR_{(L1-L2)k} - \overline{\Delta \Delta PR_{(L1-L2)k}})^2}. \quad (16)$$

7.6.8.9 Результаты поверки считать положительными, если значения СКО случайной составляющей погрешности формирования псевдодальности по фазе дальномерного кода не более 0,1 м, по фазе несущей частоты не более 0,001 м. В противном случае имитатор бракуется.

7.6.9 Определение СКО случайной составляющей погрешности формирования скорости изменения беззапросной дальности (псевдодальности)

7.6.9.1 Определение СКО случайной составляющей погрешности формирования скорости изменения псевдодальности проводить по схеме, приведенной на рисунке 30. Подключить с помощью радиочастотного кабеля к порту «РЧ», расположенному на передней панели блока имитации из состава имитатора, антенный вход ГНСС-приемника СИГМА. Использовать гармонические высокостабильные сигналы 10 МГц стандарта частоты рубидиевого FS725 в качестве сигналов опорной частоты для имитатора и ГНСС-приемника СИГМА.

7.6.9.2 Сформировать и воспроизвести на имитаторе сценарий по формированию сигналов СНС ГЛОНАСС (L1), СНС GPS (L1) для неподвижного объекта продолжительностью не менее 60 минут.

7.6.9.3 Провести измерения текущих навигационных параметров ГНСС-приемником СИГМА с записью измерительной информации (темп записи 1 измерение в 1 с). По окончании измерений провести конвертирование полученной измерительной информации в файл формата RINEX.

7.6.9.4 Для определения СКО случайной составляющей погрешности формирования скорости изменения псевдодальности использовать измерения скорости изменения псевдодальности по сигналам СНС ГЛОНАСС в полях D1 и D2 (в длинах волн) файла формата RINEX.

7.6.9.5 Вычислить разности скоростей изменения псевдодальностей D1 и D2 (в метрах) для сигналов СНС ГЛОНАСС, измерения по которым имеются в файле формата RINEX, по формуле (17):

$$\Delta PPR_{(D1-D2)i} = PPR_{D1i} \cdot \lambda_{L1} - PPR_{D2i} \cdot \lambda_{L2}, \quad (17)$$

где λ_{L1} , λ_{L2} – длины волн высокочастотных навигационных сигналов в частотных диапазонах L1 и L2.

7.6.9.6 Вычислить средние значения разностей $\Delta PPR_{(D1-D2)i}$ по формуле (18):

$$\overline{\Delta PPR}_{(D1-D2)i} = 1/N \sum_{i=1}^N \Delta PPR_{(D1-D2)i} \quad (18)$$

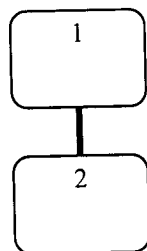
7.6.9.7 Вычислить значения допускаемого СКО случайной составляющей погрешности формирования скорости изменения псевдодальности по формуле (19):

$$\sigma_{PPR(D1,D2)} = \sqrt{1/2(N-1) \sum_{i=1}^N (\Delta PPR_{(D1-D2)i} - \overline{\Delta PPR}_{(D1-D2)i})^2} \quad (19)$$

7.6.9.8 Результаты поверки считать положительными, если значения СКО случайной составляющей погрешности формирования скорости изменения псевдодальности не более 0,005 м/с В противном случае имитатор бракуется.

7.6.10 Определение погрешности синхронизации шкалы времени блока имитации (выход сигнала метки времени «1 с») с меткой времени, передаваемой в навигационном сигнале

7.6.10.1 Определение погрешности синхронизации шкалы времени блока имитации (выход сигнала метки времени «1 с») с меткой времени, передаваемой в навигационном сигнале, проводить по схеме, приведенной на рисунке 31. Подключить с помощью радиочастотного кабеля к порту «КАЛИБР», расположенному на передней панели блока имитации из состава имитатора, вход канала 1 осциллографа цифрового запоминающего WaveMaster 820Zi. Подключить с помощью радиочастотного кабеля к порту «1с», расположенному на задней панели блока имитации из состава имитатора, вход канала 2 осциллографа цифрового запоминающего WaveMaster 820Zi. При проведении измерений использовать радиочастотные кабели с известными значениями группового времени запаздывания и учитывать эти значения при вычислениях.



- 1 – имитатор сигналов;
2 – осциллограф цифровой запоминающий WaveMaster 820Zi

Рисунок 31 – Схема для определения погрешности синхронизации шкалы времени блока имитации (выход сигнала метки времени «1 с») с меткой времени, передаваемой в навигационном сигнале

7.6.10.2 Сформировать и воспроизвести на имитаторе сценарий по формированию сигнала в диапазоне L1 (литер 0) СНС ГЛОНАСС согласно РЭ. Установить нулевым значение скорости изменения беззапросной дальности (псевдодальности).

7.6.10.3 Измерить на осциллографе интервал времени между импульсным сигналом времени 1 Гц и соответствующим ему событию в навигационном сигнале, характеризующимся изменение фазы высокочастотного сигнала.

7.6.10.4 Учесть в результатах измерений значения группового времени запаздывания радиочастотных кабелей «КАЛИБР»-«канал1» и «1с»-«канал2».

7.6.10.5 Провести аналогичные измерения в диапазонах частот СНС GPS (L1).

7.6.10.6 Результаты поверки считать положительными, если значения погрешности синхронизации шкалы времени блока имитации (выход сигнала метки времени «1 с») с меткой времени, передаваемой в навигационном сигнале, находятся в пределах ± 10 нс. В про-

тивном случае имитатор бракуется.

7.6.11 Определение диапазона скорости при моделировании параметров движения объекта-носителя НАП в навигационном поле СНС

7.6.11.1 Определение диапазона скорости при моделировании параметров движения объекта-носителя НАП в навигационном поле СНС проводить по схеме, приведенной на рисунке 3. Подключить с помощью радиочастотного кабеля к порту «КАЛИБР», расположенному на передней панели блока имитации из состава имитатора, вход анализатора спектра N9010A.

7.6.11.2 Сформировать и воспроизвести на имитаторе сценарий по формированию немодулированного сигнала в диапазоне L1 (литер 0, номинальное значение частоты сигнала $f_0 = 1602,00$ МГц) СНС ГЛОНАСС согласно РЭ. Установить значение скорости изменения беззапросной дальности (псевдодальности) равным 12 000 м/с.

7.6.11.3 Измерить частоту сигнала f_1 при помощи маркера анализатора спектра N9010A.

7.6.11.4 Рассчитать значение доплеровского сдвига частоты по формуле (20):

$$\Delta f_d = |f_1 - f_0|, \quad (20)$$

7.6.11.5 Рассчитать значение скорости изменения псевдодальности по формуле (21):

$$g = \frac{\Delta f_d}{f_0} \cdot c, \quad (21)$$

где c – значение скорости света в вакууме.

7.6.11.6 Провести аналогичные измерения в диапазонах частот СНС GPS (L1).

7.6.11.7 Результаты поверки считать положительными, если рассчитанное значение скорости изменения псевдодальности составляет 12000 м/с, что свидетельствует о том, что диапазон скорости при моделировании параметров движения объекта-носителя НАП в навигационном поле СНС составляет от 0 до 12000 м/с. В противном случае имитатор бракуется.

8 Оформление результатов поверки

8.1 При положительных результатах поверки на комплекс программно-аппаратный E6950A выдают свидетельство установленной формы.

8.2 На оборотной стороне свидетельства о поверке записывают результаты поверки.

8.3 В случае отрицательных результатов поверки применение комплекса программно-аппаратного E6950A запрещается, на него выдаётся извещение о непригодности к применению с указанием причин непригодности.

Начальник НИО-6



В.И. Добровольский