



# ИЗМЕРИТЕЛЬ КОЭФФИЦИЕНТА ШУМА

Х5М-18

Руководство по эксплуатации

Общие сведения

Часть I ЖНКЮ.468166.011РЭ

Предприятие-  
изготовитель: ЗАО «НПФ «Микран»  
Адрес: 634045 Россия, г. Томск  
ул. Вершинина, 47  
тел: +7(3822) 42-18-77, 41-46-35  
тел/факс: +7(3822) 42-36-15  
E-mail: [pribor@micran.ru](mailto:pribor@micran.ru)  
Сайт: [www.micran.ru](http://www.micran.ru)

© Микран, 2011



## Содержание

Руководство по эксплуатации Часть I. Общие сведения .....	9
1 Нормативные ссылки .....	9
2 Определения, обозначения и сокращения .....	10
2.1 Термины и определения .....	10
2.2 Сокращения.....	11
3 Требования безопасности .....	11
4 Описание прибора и принципов его работы .....	13
4.1 Назначение .....	13
4.2 Условия окружающей среды.....	16
4.3 Состав прибора .....	16
4.4 Запись при заказе.....	17
4.5 Технические характеристики .....	18
4.6 Устройство и работа прибора .....	21
4.6.1 Основные формулы.....	21
4.6.2 Структура измерителя .....	24
4.6.3 Особенности работы .....	25
5 Подготовка прибора к работе.....	26
5.1 Эксплуатационные ограничения .....	26
5.2 Распаковывание и повторное упаковывание.....	26
6 Средства измерений, инструменты и принадлежности .....	28
6.1 Обзор.....	28
6.2 Используемые генераторы шума .....	29
6.3 Выбор генераторов шума .....	30
7 Порядок работы .....	31
7.1 Меры безопасности при работе с прибором .....	31
7.2 Расположение органов настройки и включения прибора.....	32
7.3 Сведения о порядке подготовки к проведению измерений.....	33
7.4 Порядок проведения измерений .....	34
8 Поверка прибора.....	35
9 Текущий ремонт .....	35
9.1 Смена плавкого предохранителя .....	36
10 Хранение, транспортирование, упаковка .....	36
10.1 Хранение .....	36
10.2 Транспортирование .....	36
10.2.1 Меры безопасности при погрузке и выгрузке.....	36
10.2.2 Условия транспортирования.....	37
10.3 Упаковка.....	37
11 Маркирование и пломбирование .....	37

12 Гарантии предприятия-изготовителя .....	38
Приложение А (справочное) Библиография.....	39

ЖНКЮ.468166.011 РЭ1 Руководство по эксплуатации. Часть II. Руководство по программному обеспечению.

ЖНКЮ.468166.011 РЭ2 Руководство по эксплуатации. Часть III. Работа с измерителем.





В состав эксплуатационных документов, поставляемых с измерителем коэффициента шума Х5М-18, входят:

- руководство по эксплуатации;
- методика поверки;
- формуляр.

Измеритель коэффициента шума разработан в соответствии с техническими условиями ЖНКЮ.468166.011.

Настоящее руководство по эксплуатации (далее – РЭ) предназначено для изучения устройства, принципа действия, правил использования, технического обслуживания, транспортирования и хранения измерителя коэффициента шума Х5М-18 (далее – измеритель или прибор) и его модификаций; РЭ ориентировано на программное обеспечение Graphit версии не ниже 2.1rc5.

Настоящее РЭ состоит из трех частей:

- Часть I. Общие сведения; в этой части приводятся, в основном, теоретические сведения о приборе и работе с ним;
- Часть II. Руководство по программному обеспечению; в данной части имеется описание программного обеспечения и различных интерфейсов;
- Часть III. Работа с измерителем; данная часть ориентирована на практические указания по работе с прибором и является основной при измерениях коэффициентов шума и передачи.

## **ВНИМАНИЕ! ОЗНАКОМЬТЕСЬ С НАСТОЯЩИМ РУКОВОДСТВОМ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ ПЕРЕД НАЧАЛОМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ Х5М-18.**

Предприятие-изготовитель оставляет за собой право, не уведомляя потребителя, вносить в конструкцию измерителя изменения, не влияющие на его метрологические характеристики, вносить изменения в РЭ; также предприятие-изготовитель не несет никакой ответственности за возможные опечатки и неточности в данном документе.

К работе с прибором допускается персонал с соответствующей инженерной квалификацией, прошедший подготовку по работе с данным прибором согласно настоящему РЭ и имеющий вторую группу допуска по работе с напряжением до 1000 В. К работе с использованием низкотемпературных генераторов шума допускается персонал, прошедший инструктаж по охране труда при работе с жидким азотом и сосудами Дьюара. К контрольно-профилактическим работам допускаются лица, дополнительно прошедшие инструктаж по охране труда при работе с легковоспламеняющимися и горючими жидкостями и другими огнеопасными и взрывоопасными веществами.

## **ПРЕДОСТЕРЕЖЕНИЕ: ПРИ РАБОТЕ С ПРИБОРОМ ВОЗМОЖНО ПОРАЖЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ.**

**ВНИМАНИЕ!**

**ПЕРЕД ЛЮБЫМ ПОДКЛЮЧЕНИЕМ ЗАЖИМ ЗАЩИТНОГО ЗАЗЕМЛЕНИЯ ПРИБОРА ДОЛЖЕН БЫТЬ ПОДСОЕДИНЕН К ВНЕШНЕЙ ЗАЩИТНОЙ СИСТЕМЕ ЗАЗЕМЛЕНИЯ СОГЛАСНО ГОСТ 12.1.030!**

**ПРИ ПОЯВЛЕНИИ ЗАПАХА ГАРИ, ДЫМА И Т.П. НЕЗАМЕДЛИТЕЛЬНО ОБЕСТОЧИТЬ ПРИБОР!**

**ПРИ РАБОТЕ С ПРИБОРОМ ИСПОЛЬЗУЙТЕ АНТИСТАТИЧЕСКИЕ БРАСЛЕТЫ.**

Предприятие-изготовитель не несет ответственности за последствия неправильной эксплуатации прибора, нарушения правил безопасности и несоблюдения прочих необходимых мер предосторожности.

**ВНИМАНИЕ!**

**Настоящее изделие относится к оборудованию класса А. При использовании в бытовой обстановке это оборудование может нарушать функционирование других технических средств в результате создаваемых промышленных радиопомех. В этом случае от пользователя может потребоваться принятие адекватных мер.**

# **Руководство по эксплуатации**

## **Часть I. Общие сведения**

### **1 Нормативные ссылки**

В настоящем РЭ использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 10354-82 Пленка полиэтиленовая. Технические условия

ГОСТ 12.3.019-80 Система стандартов безопасности труда. Испытания и измерения электрические. Общие требования безопасности

ГОСТ 12.4.124-83 Система стандартов безопасности труда. Средства защиты от статического электричества. Общие технические требования

ГОСТ 13109-97 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.

ГОСТ 14192-96 Маркировка грузов

ГОСТ 14254-96 Степени защиты, обеспечиваемые оболочками (Код IP)

ГОСТ 18300-87 Спирт этиловый ректификованный технический. Технические условия

ГОСТ 5556-81 Вата медицинская гигроскопическая. Технические условия

ГОСТ 9181-74 Приборы электроизмерительные. Упаковка, маркировка, транспортирование и хранение

ГОСТ 22261-94 Средства измерений электрических и магнитных величин. Общие технические условия

ГОСТ РВ 51914-2002

ГОСТ 12.1.030-81 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление.

## 2 Определения, обозначения и сокращения

### 2.1 Термины и определения

В настоящем РЭ используются следующие определения:

2.1.1 **виртуальный прибор:** Прибор, состоящий из измерительного блока, подключаемого к компьютеру, и программного обеспечения, реализующего часть функций прибора – управление, обработку и отображение результатов измерений.

2.1.2 **измеритель:** X5M-18 ЖНКЮ.468166.011ТУ.

2.1.3 **измерительный блок:** Аппаратная часть виртуального прибора, подключаемая к компьютеру.

2.1.4 **метод двух отсчетов:** Метод (измерительная схема или режим), при котором управление подачей шумового сигнала от «горячего» или «холодного» источников осуществляется вручную. При этом вычисление коэффициента шума производится по методу Y-фактора.

2.1.5 **механические повреждения:** Глубокие царапины, деформации на рабочих поверхностях центрального или внешнего проводников соединителей измерителя, вмятины на корпусе измерителя, а также другие повреждения, непосредственно влияющие на его технические характеристики. Механические повреждения являются следствием неправильной транспортировки, хранения или эксплуатации.

2.1.6 **модуляционный метод:** Метод (измерительная схема или режим), при котором управляющее питание генератора шума является модулированным.

2.1.7 **пользователь (потребитель):** Физическое лицо, допущенное к эксплуатации измерителя и осуществляющее его эксплуатацию в соответствии с настоящим РЭ.

2.1.8 **прибор:** Любой измеритель серии X5M.

2.1.9 **рабочие поверхности центральных проводников:** Поверхности центральных проводников, осуществляющие электрический контакт при соединении соединителей.

2.1.10 **размах показаний:** Наибольшая разность между отдельными повторными показаниями измерителя, соответствующими одному и тому же действительному значению измеряемой величины при неизменных внешних условиях.

2.1.11 **ремонт:** Комплекс операции по восстановлению исправности или работоспособности измерителя или его составных частей.

## 2.2 Сокращения

В настоящем РЭ применены следующие сокращения:

А – аттенюатор;

АП – адаптер питания;

АРУ – автоматическая регулировка усиления;

АЦП – аналого-цифровой преобразователь;

В – вентиль;

ВЧ – высокая частота;

ГШ – генератор шума;

ДИИС – департамент информационно-измерительных систем ЗАО «НПФ

Микран»;

ИКШ – измеритель коэффициента шума (измеритель);

ИОШТ – избыточная относительная шумовая температура;

ИПР – измеритель присоединительных размеров;

ИУ – исследуемое устройство;

КД – конструкторская документация;

КО – коэффициент отражения;

КП – модуль коэффициента передачи по мощности (коэффициент усиления по мощности);

КСВ – коэффициент стоячей волны;

КСВН – коэффициент стоячей волны по напряжению;

КШ – коэффициент шума;

ЛПД – лавиннопролетный диод;

НГШ – низкотемпературный генератор шума;

ОГ – опорный генератор;

ОТК – отдел технического контроля;

ПГ – погрешность;

ПК – персональный компьютер;

ПЧ – промежуточная частота;

РЭ – руководство по эксплуатации;

СВЧ – сверхвысокие частоты;

СН – согласованная нагрузка;

ТХ – технические характеристики;

ФАПЧ – фазовая автоподстройка частоты;

ФНЧ – фильтр нижних частот;

ЦОС ПЧ – блок цифровой обработки сигналов ПЧ;

ENR – excess noise ratio (power ratio).

## 3 Требования безопасности

3.1 Предприятие-изготовитель не несет ответственности за последствия неправильной эксплуатации прибора, нарушения правил безопасности и несоблюдения прочих необходимых мер предосторожности.

3.2 К работе с прибором допускается персонал с соответствующей инженерной квалификацией, прошедший подготовку по работе с данным прибором

согласно настоящему РЭ и имеющий вторую группу допуска по работе с напряжением до 1000 В.

3.3 При эксплуатации измерителя необходимо соблюдать требования: «Правила эксплуатации электроустановок потребителей» и «Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей».

3.4 В измерителях имеется напряжение  $\sim (220 \pm 22) \text{ В}$ , поэтому при эксплуатации и контрольно-профилактических работах, проводимых с измерителем, строго соблюдайте соответствующие меры предосторожности:

- перед подключением измерителя к сети или подключением к нему других приборов необходимо убедиться в исправности шнура сетевого и соединить зажим защитного заземления, обозначенный символом  и находящийся на задней панели прибора, с заземляющим проводником (в крайнем случае, с зануленным зажимом питающей сети);

**ПРЕДОСТЕРЕЖЕНИЕ: ПРИ РАБОТЕ С ПРИБОРОМ ВОЗМОЖНО ПОРАЖЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ.**

- зажим защитного заземления следует отсоединять после отключения измерителя от сети питания и от других приборов;

**ВНИМАНИЕ: ЗАПРЕЩАЕТСЯ ПОДАВАТЬ НА ВХОД СВЧ ИЗМЕРИТЕЛЯ МОЩНОСТЬ И ПОСТОЯННОЕ НАПРЯЖЕНИЕ, ПРЕВЫШАЮЩИЕ ЗНАЧЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕННЫЕ НА ПЕРЕДНЕЙ ПАНЕЛИ ПРИБОРА РЯДОМ СО ЗНАКОМ **

**ВНИМАНИЕ!  
ПРИ ПОЯВЛЕНИИ ЗАПАХА ГАРИ, ДЫМА И Т.П. НЕЗАМЕДЛИТЕЛЬНО ОБЕСТОЧИТЬ ПРИБОР!  
ПРИ РАБОТЕ С ПРИБОРОМ ИСПОЛЬЗУЙТЕ АНТИСТАТИЧЕСКИЕ БРАСЛЕТЫ.**

3.5 На рабочем месте должны быть приняты меры по обеспечению защиты от воздействия статического электричества.

**ВНИМАНИЕ: ЗАПРЕЩАЕТСЯ ВКЛЮЧАТЬ В СЕТЬ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ НЕЗАЗЕМЛЕННЫЙ ПРИБОР! ЗАПРЕЩАЕТСЯ ПРОИЗВОДИТЬ КОММУТАЦИИ СХЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ (КАЛИБРОВКИ) ПРИ ВКЛЮЧЕННОМ РЕЖИМЕ «ИЗМЕРЕНИЕ»; ЗАПРЕЩАЕТСЯ НАРУШАТЬ ЗАЩИТНЫЕ ПЛОМБЫ, ПРОИЗВОДИТЬ САМОСТОЯТЕЛЬНЫЙ РЕМОНТ.**

3.6 При чистке соединителей спиртом необходимо соблюдать следующие правила:

- пары спирта взрывоопасны, поэтому чистку соединителей нужно прово-

дить в хорошо проветриваемом помещении;

- чистку соединителей прибора проводить только при выключенном электропитании;

- во избежание случайного пролития и возгорания спирта чистку необходимо проводить на специально подготовленном чистом рабочем месте в отдалении от потенциальных очагов воспламенения;

- при случайном пролитии спирта на рабочем месте необходимо немедленно протереть рабочее место легковпитывающим материалом и утилизировать данный материал надлежащим образом;

- при воспламенении спирта запрещается производить тушение водой и средствами на водной основе; тушение проводится порошковыми, углекислотными огнетушителями, песком.

3.7 При использовании в измерениях низкотемпературных генераторов шума, заполняемых жидким азотом, необходимо соблюдать следующие правила:

- заливку производить только через воронку;

- поскольку в начале заливки происходит бурное кипение азота, следует наливать малой струей (при этом в резервуаре устанавливается низкая температура), не допуская попадания брызг жидкости на одежду, обувь, открытые участки тела;

- заполненный генератор шума должен быть закреплен;

- запрещается сливать азот из НГШ;

- новую заливку следует производить только после полного испарения всего азота.

## **4 Описание прибора и принципов его работы**

### **4.1 Назначение**

Наименование	<u>Измеритель коэффициента шума X5M-18</u>
Обозначение	<u>ЖНКЮ.468166.011ТУ</u>

Работа измерителя коэффициента шума X5M-18, представляющего собой панорамный супергетеродинный измерительный приемник, управляемый от внешнего персонального компьютера (ПК), основана на сравнении шумов исследуемого объекта с шумами известной интенсивности, создаваемыми измерительным генератором шума (ГШ), характеризуемым избыточной относительной шумовой температурой (ИОШТ). Измерение коэффициента шума объекта в требуемом диапазоне рабочих частот выполняется в два этапа: вначале осуществляется процедура «Калибровка» измерителя коэффициента шума X5M-18, при которой к его входу подключается ГШ и поочередно измеряются и запоминаются уровни шума на выходе измерителя коэффициента шума X5M-18 при включенном и обесточенном состояниях ГШ; по результатам этих измерений вычисляется собственный коэффициент шума измерителя коэффициента шума X5M-18. Для перехода от процедуры «Калибровка» к процедуре «Измерение»

между выходом ГШ и входом измерителя коэффициента шума Х5М-18 включается исследуемый объект и вновь поочередно измеряются и запоминаются уровни шума на выходе измерителя коэффициента шума Х5М-18 при включенном и обесточенном состояниях ГШ.

В процессе работы измерителя коэффициента шума Х5М-18 сигналы на выходе его усилителя промежуточной частоты (ПЧ) преобразуются в цифровой код и поступают в схемы цифровой обработки, после чего подаются на вход ПК.

Измерители коэффициента шума Х5М-18 имеют восемь модификаций. Каждая модификация характеризуется определенным набором конструктивных и функциональных возможностей (опций). Имеются следующие опции: «Х5М-18-11Р», «Х5М-18-13Н», «Х5М-18-АПА», «Х5М-18-АТА/70» (далее по тексту соответственно «11Р», «13Н», «АПА», «АТА/70»). Описание опций приведено в таблице .

Т а б л и ц а 1 – Опции измерителей коэффициента шума Х5М-18

Опция	Описание опции
«11Р»	На измерительном входе СВЧ установлен соединитель типа N, розетка
«13Н»	На измерительном входе СВЧ установлен соединитель типа NMD 3,5 мм, вилка
«АПА»	Встроен адаптер питания для подачи электропитания на исследуемое устройство через соединитель измерительного входа СВЧ
«АТА/70»	На измерительный вход СВЧ встроен высокочастотный (ВЧ) ступенчатый аттенюатор для исследования устройств с большим коэффициентом передачи

Модификации измерителей коэффициента шума Х5М-18 с указанием соответствующих им наборов опций приведены в таблице 2. Внешний вид измерителей коэффициента шума Х5М-18/1 приводится на рисунках 4.1.1 и 4.1.2, на рисунке 4.1.3 показано место нанесения оттиска клейма.

Конструктивно измеритель коэффициента шума Х5М-18 выполнен в металлическом корпусе со степенью защиты IP 20.

Т а б л и ц а 2 – Модификации измерителей коэффициента шума Х5М-18

Наименование	Обозначение	Примечание
Измеритель коэффициента шума Х5М-18/1	ЖНКЮ.468166.011ТУ	опция «11Р»
Измеритель коэффициента шума Х5М-18/2		опции «11Р», «АТА/70»
Измеритель коэффициента шума Х5М-18/3		опции «11Р», «АПА»
Измеритель коэффициента шума Х5М-18/4		опции «11Р», «АТА/70», «АПА»

Наименование	Обозначение	Примечание
Измеритель коэффициента шума X5M-18/5		опция «13Н»
Измеритель коэффициента шума X5M-18/6		опции «13Н», «АТА/70»
Измеритель коэффициента шума X5M-18/7		опции «13Н», «АПА»
Измеритель коэффициента шума X5M-18/8		опции «13Н», «АТА/70», «АПА»



Рисунок 4.1.1 – Внешний вид измерителей коэффициента шума X5M-18/1 (передняя панель)



Рисунок 4.1.2– Внешний вид задней панели измерителей коэффициента шума X5M-18



Рисунок 4.1.3 – Место для опечатывания пломбой (выделено овалом)

## 4.2 Условия окружающей среды

Эксплуатация измерителя проводится в нормальных и рабочих условиях эксплуатации.

### Нормальные условия эксплуатации:

- температура окружающего воздуха от 15 °С до 25 °С;
- относительная влажность воздуха не более 80 %;
- атмосферное давление от 84 до 106,7 кПа (от 630 до 800 мм рт. ст.).

### Рабочие условия эксплуатации:

- температура окружающего воздуха от 5 °С до 40 °С;
- относительная влажность воздуха не более 90 % (при 25 °С);
- атмосферное давление от 70 до 106,7 кПа (от 525 до 800 мм рт.ст.) .

Работать с измерителем необходимо при отсутствии резких изменений температуры окружающей среды. Для исключения сбоев в работе, измерения необходимо производить при отсутствии резких перепадов напряжения питания сети, вызываемых включением и выключением мощных потребителей электроэнергии и мощных импульсных помех.

## 4.3 Состав прибора

Комплект поставки измерителя представлен в таблице 3.

Т а б л и ц а 3

Наименование, тип	Обозначение	Кол-во, шт.	Примечание
Измеритель коэффициента шума X5M-18/1, X5M-18/2, X5M-18/3, X5M-18/4, X5M-18/5, X5M-18/6, X5M-18/7, X5M-18/8	ЖНКЮ.468166.011ТУ	1	модификация определяется при заказе
Кабель	ЖНКЮ.685671.078	1	для питания генератора шума
Кабель <i>Ethernet</i>	ЖНКЮ.685611.077	1	патч-корд Cat.5e или аналог

Наименование, тип	Обозначение	Кол-во, шт.	Примечание
Кабель питания	ЖНКЮ.685631.067	1	с заземляющим проводником, евростандарт
Руководство по эксплуатации	ЖНКЮ.468166.011РЭ	1	три части
Формуляр	ЖНКЮ.468166.011ФО	1	
Методика поверки	ЖНКЮ.468166.011ДЗ	1	
Программное обеспечение	ЖНКЮ.02010-00	1	поставляется на компакт-диске
Упаковка	ЖНКЮ.305648.012	1	

#### 4.4 Запись при заказе

При заказе должна быть определена модификация Х5М-18. Обозначение Х5М-18 при заказе и в другой документации должно состоять из наименования модификации согласно таблице Таблица 2 и обозначения ТУ.

Пример – Обозначение Х5М-18 с опциями «11Р», «АТА/70» и «АПА» при заказе и в другой документации: Измеритель коэффициента шума Х5М-18/4 ЖНКЮ.468166.011ТУ.

Примечание – Допускается осуществлять заказ Х5М-18 по набору опций, например: Измеритель коэффициента шума Х5М-18 ЖНКЮ.468166.011ТУ с опциями «11Р», «АТА/70» и «АПА».

## 4.5 Технические характеристики

Гарантированными считают технические характеристики, приводимые с допусками или предельными значениями. Значения величин без допусков являются справочными. Далее представлены основные справочные и гарантированные характеристики измерителя.

Диапазон рабочих частот для опции «11Р», МГц <sup>1)</sup>	от 50 до 18000
Диапазон рабочих частот для опции «13Н», МГц <sup>1)</sup>	от 50 до 20000
Пределы допускаемой относительной погрешности установки частоты	$\pm 2 \cdot 10^{-5}$
Пределы допускаемой относительной погрешности установки частоты внутреннего опорного генератора	$\pm 2,5 \cdot 10^{-6}$
Номинальные значения ширины полосы пропускания селективных фильтров, МГц	0,1; 0,3; 1,0 и 3,0
Диапазон измерений коэффициента шума, дБ:	
при ИОШТ ГШ от 4 до 7 дБ	от 0 до 15
при ИОШТ ГШ от 12 до 17 дБ	от 0 до 24
при ИОШТ ГШ от 20 до 22 дБ	от 0 до 30
Пределы допускаемой абсолютной систематической погрешности измерений коэффициента шума, дБ	$\pm 0,1$
Предел допускаемого среднего квадратического отклонения случайной погрешности измерений собственного коэффициента шума, дБ <sup>2)</sup>	0,06
Нестабильность результатов измерений коэффициента шума в течение 10 минут после установления рабочего режима (при изменении температуры окружающей среды не более $\pm 1$ °С), дБ, не более	0,1
Диапазон измерений коэффициента передачи, дБ	от минус 20 до 30
Пределы допускаемой абсолютной систематической погрешности измерений коэффициента передачи, дБ	$\pm 0,15$
Предел допускаемого среднего квадратического отклонения случайной погрешности измерений коэффициента передачи, дБ <sup>3)</sup>	0,06
Диапазон ослаблений аттенюатора ВЧ с шагом 10 дБ для опции «АТА/70», дБ	от 0 до 70

<sup>1)</sup> Собственный коэффициент шума и КСВН входа «СВЧ» нормируются в диапазонах частот от 10 до 18000 МГц для опции «11Р» и от 10 до 20000 МГц для опции «13Н».

<sup>2)</sup> При степени усреднения 18 и ширине полосы селективного фильтра 3 МГц.

<sup>3)</sup> При степени усреднения 13 и ширине полосы селективного фильтра 3 МГц.

Собственный коэффициент шума, дБ, не более <sup>1)</sup>	
от 10 до 50 МГц	18
свыше 50 до 3200 МГц	9
свыше 3200 до 16000 МГц	8
свыше 16000 до 18000 МГц	11
свыше 18000 до 20000 МГц	14
Собственный коэффициент шума для опций «АТА/70» и/или «АПА», дБ, не более <sup>1)</sup>	
от 10 до 50 МГц	19
свыше 50 до 3200 МГц	10
свыше 3200 до 16000 МГц	12
свыше 16000 до 18000 МГц	12
свыше 18000 до 20000 МГц	14
Номинальное значение входного сопротивления, Ом	50
КСВН входа «СВЧ», не более <sup>2)</sup>	
от 10 до 50 МГц	2,8
свыше 50 до 3200 МГц	1,8
свыше 3200 до 16000 МГц	1,8
свыше 16000 до 18000 МГц	2,0
свыше 18000 до 20000 МГц	2,7
КСВН входа «СВЧ» для опций «АТА/70» и/или «АПА», не более <sup>2)</sup>	
от 10 до 50 МГц	2,8
свыше 50 до 3200 МГц	1,9
свыше 3200 до 16000 МГц	1,9
свыше 16000 до 18000 МГц	2,4
свыше 18000 до 20000 МГц	2,7
Тип соединителя выхода питания ГШ	BNC, розетка
Номинальное значение напряжения питания ГШ, В	28
Напряжение питания от сети переменного тока частотой 50 Гц, В	от 198 до 242
Потребляемая мощность, В·А, не более	250
Габаритные размеры (высота×ширина×длина), мм, не более	210 × 400 × 430
Масса, кг, не более	20
По условиям эксплуатации измеритель относится к группе 3 по ГОСТ 22261-94	

<sup>1)</sup> Собственный коэффициент шума нормируется в диапазоне температур (20 ± 5) °С.

<sup>2)</sup> КСВН входа «СВЧ» нормируется в диапазоне температур (20 ± 5) °С.

Рабочие условия эксплуатации:

температура окружающего воздуха, °С

от 5 до 40

относительная влажность воздуха при

температуре 25 °С, %

до 90

атмосферное давление, кПа

от 70 до 106,7

*Дополнительные характеристики*

Интерфейс подключения к компьютеру

*Ethernet* (IEEE 802.3)

Максимальная рабочая мощность на входе, дБм,

не более <sup>1)</sup>

минус 30

Максимальная допустимая мощность на входе, дБм,

не более

10

---

<sup>1)</sup> Для синусоидального сигнала при максимальном ослаблении аттенюатора тракта ПЧ, при минимальном ослаблении входного аттенюатора.

## 4.6 Устройство и работа прибора

Измерители построены по архитектуре виртуальных приборов и включают в себя аппаратную и программную части. Аппаратная часть выполняет набор базовых функций, определяющих режимы измерений. Программная часть обеспечивает реализацию выбранного пользователем режима измерений, управление и отображение результатов измерений. Данная архитектура позволяет гибко увеличивать функциональность измерителей за счёт внедрения программных опций. Открытый программный интерфейс, совместимый со стандартом *IVI-COM*, дает возможность пользователю управлять измерителем сторонним программным обеспечением *LabVIEW*, *MS Excel* и т.д. Адаптивная система синхронизации позволяет обеспечить совместную работу измерителей с другими приборами в составе измерительных комплексов.

Компьютер обеспечивает панорамное отображение результата измерений и выполняет ряд вычислительных функций. Связь между измерителем и компьютером осуществляется по протоколу *Ethernet 10/100*.

### 4.6.1 Основные формулы

Измеритель поддерживает несколько режимов работы:

- Модуляционный метод;
- Метод двух отсчетов;
- Калибровка ГШ.

4.6.1.1 В модуляционном режиме в основу работы положено измерение дифференциального КШ по методу Y-фактора [1]. Прямыми измерениями при этом являются измерения мощности.

Измерение выполняется в два этапа. Вначале проводится калибровка с подключением генератора шума ко входу измерителя (рисунок 4.6.1). В процессе калибровки измеряется собственный КШ измерителя  $F_{ИКШ}$  во всем частотном диапазоне при двух различных температурах источника шума (включенное и выключенное состояние ГШ). Вычисление собственного КШ производится программным обеспечением, под управлением которого находится измеритель, по формуле:

$$F_{ИКШ} = \frac{ENR_l}{\frac{ГШ_{ВКЛ.КАЛ}}{ГШ_{ВЫКЛ.КАЛ}} - 1} = \frac{ГШ_{ВЫКЛ.КАЛ}}{ГШ_{ВКЛ.КАЛ} - Ш_{ВЫКЛ.КАЛ}} \cdot ENR_l \quad \text{отн. ед.,}$$

$$G_{ИКШ} = \frac{ГШ_{ВКЛ.КАЛ} - Ш_{ВЫКЛ.КАЛ}}{k(T_h - T_c)B} \quad \text{отн. ед.,}$$

где  $F_{ИКШ}$  – КШ ИКШ, отн. ед.,

$B$  – полоса частот, Гц,

$K = 1,38 \cdot 10^{-23}$  Дж/К – постоянная Больцмана,

$G_{ИКШ}$  – КП ИКШ,

$T_c, T_h$  – температуры соответствующего «холодного» (для твердотельных

ГШ  $T_c$  – температура окружающей среды) и «горячего» источников, в К,

$ENR_l$  – ИОШТ генератора, применяемого на этапе калибровки, в отн.ед.,

$ГШ_{ВЫКЛ.КАЛ}$  – уровень измеренной мощности при выключенном ГШ в режи-

ме калибровки в Вт,

$\Gamma_{Ш_{ВКЛ.КАЛ}}$  – уровень измеренной мощности при включенном ГШ в режиме калибровки в Вт.

После проведения калибровки присоединяется исследуемое устройство между выходом ГШ и входом измерителя, и проводится измерение его характеристик (рисунок 4.6.2).

При этом КШ и КП ИУ рассчитываются по формулам:

$$F_{ИУ} = F_{\Sigma} - \frac{F_{ИКШ}}{G_{ИУ}} =$$

$$= \frac{\Gamma_{Ш_{ВЫКЛ}} \cdot ENR_N - \frac{\Gamma_{Ш_{ВКЛ.КАЛ}} - \Psi_{ВЫКЛ.КАЛ}}{G_{ИУ}} \cdot ENR_I}{\Gamma_{Ш_{ВКЛ}} - \Psi_{ВЫКЛ}}, \text{ отн. ед.} \quad (4.1)$$

$$G_{ИУ} = \frac{\Gamma_{Ш_{ВКЛ}} - \Psi_{ВЫКЛ}}{\Gamma_{Ш_{ВКЛ.КАЛ}} - \Psi_{ВЫКЛ.КАЛ}} \cdot \frac{ENR_I}{ENR_N} \cdot ATT, \text{ отн. ед.}$$

где  $F_{ИУ}$  – КШ ИУ в отн. ед.;

$F_{\Sigma}$  – КШ измерительной схемы в отн. ед.;

$G_{ИУ}$  – КП ИУ в отн. ед.,

$ENR_N$  – ИОШТ генератора, применяемого на этапе измерений, в отн. ед.,

$\Gamma_{Ш_{ВЫКЛ}}$  – уровень измеренной мощности для системы ГШ-ИУ-ИКШ при выключенном ГШ на этапе измерения, Вт,

$\Gamma_{Ш_{ВКЛ}}$  – уровень при включенном ГШ на этапе измерения, Вт,

$ATT$  – установленное значение ослабления аттенюатора ПЧ, отн. ед.

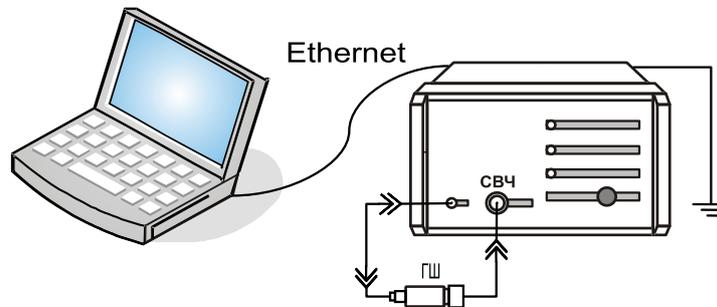


Рисунок 4.6.1 – Схема калибровки

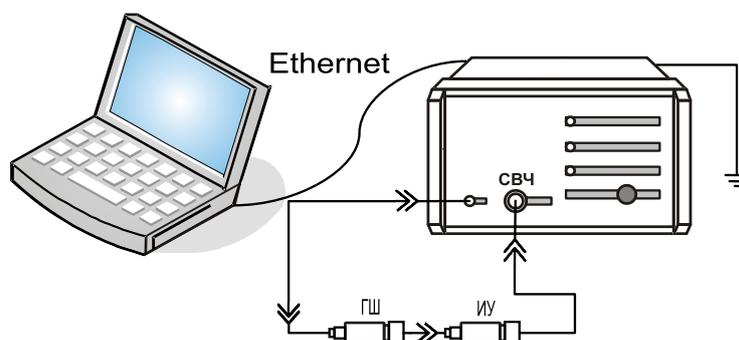


Рисунок 4.6.2 – Основная схема включения измерителя

4.6.1.2 В методе двух отсчетов при расчете КШ ИУ предварительно рассчитывается шумовая температура ИУ по формуле:

$$T_e = \frac{T_{ОКР} - T_{ХОЛ} \cdot \frac{ГШ_{ВКЛ}}{ГШ_{ВЫКЛ}}}{\frac{ГШ_{ВКЛ}}{ГШ_{ВЫКЛ}}} \text{ К,}$$

где  $T_{ОКР}$  – температура окружающей среды или температура СН в К;

$T_{ХОЛ}$  – номинальная температура НГШ в К.

Далее осуществляется пересчет по формуле:

$$F_{ИУ} = 1 + \frac{T_e}{T_0} = 1 + \frac{T_e}{290} \text{ отн. ед.,}$$

Более подробная информация об особенностях данного метода приводится в части III настоящего РЭ.

4.6.1.3 В режиме калибровки ГШ исходными данными являются введенные значения ENRЭТ для эталонного ГШ и уровни мощности при включенном и выключенном эталонном ГШ. Расчет ENRИУ исследуемого ГШ производится по формуле:

$$ENR_{ИУ} = ENR_{ЭТ} \frac{ГШ_{ВКЛ}^{ИУ} - Ш_{ВЫКЛ}^{ИУ}}{ГШ_{ВКЛ}^{ЭТ} - Ш_{ВЫКЛ}^{ЭТ}} \text{ отн. ед.,}$$

где в числителе стоят измеренные мощности при включенном и выключенном исследуемом ГШ (в Вт), а в знаменателе – то же самое, но для эталонного ГШ.

Более подробная информация об особенностях данного метода приводится в части III настоящего РЭ.

#### 4.6.1.4 Температурная компенсация

В модуляционном методе реализована так называемая температурная компенсация. Дело в том, что стандартный КШ [3] должен измеряться при стандартной температуре, которая по умолчанию в программном обеспечении имеет значение  $T_0 = 290$  К. В случае, когда температура, при которой проводятся измерения, отличается от стандартной сначала измеряется рабочий КШ, а далее осуществляется пересчет к стандартному КШ в соответствии с введенной температурой окружающей среды  $T_{ОКР}$ . При этом в формуле для  $F_{ИУ}$  (4.1), корректируются введенные значения ENR (т.е.  $ENR_I$  и  $ENR_N$ ) – умножаются на коэффициент  $(T_{ОКР}/T_0)$ . Подобная корректировка справедлива только для тверд-

отдельных ГШ и является приближением формулы (1.67) в [1] при условии  $T_{OKP} \approx T_0$ . Об использовании параметра  $T_{OKP}$  также упоминается в п.4.4.5.

#### 4.6.2 Структура измерителя

Измеритель состоит из следующих основных блоков:

- преобразователь частоты;
- блок синтезаторов частот;
- ЦОС ПЧ (блок цифровой обработки сигналов ПЧ);
- блок управления;
- модулятор ГШ;
- блок питания.

Структурная схема приведена на рисунке 4.6.3. Преобразователь частоты представляет собой радиоприемный тракт, собранный по супергетеродинной схеме, и предназначен для преобразования частоты входного сигнала, усиления и фильтрации. В измерителе используется трехкратное преобразование частоты. В качестве сигналов гетеродинов используются сигналы из блока синтезаторов частот. Первое преобразование выполняется при качании частоты первого гетеродина и фиксированной промежуточной частоты, во втором и третьем преобразовании – частоты гетеродинов и промежуточные частоты фиксированы. Сигнал с выхода третьего преобразователя поступает в блок цифровой обработки (ЦОС ПЧ), где оцифровывается, фильтруется и детектируется.

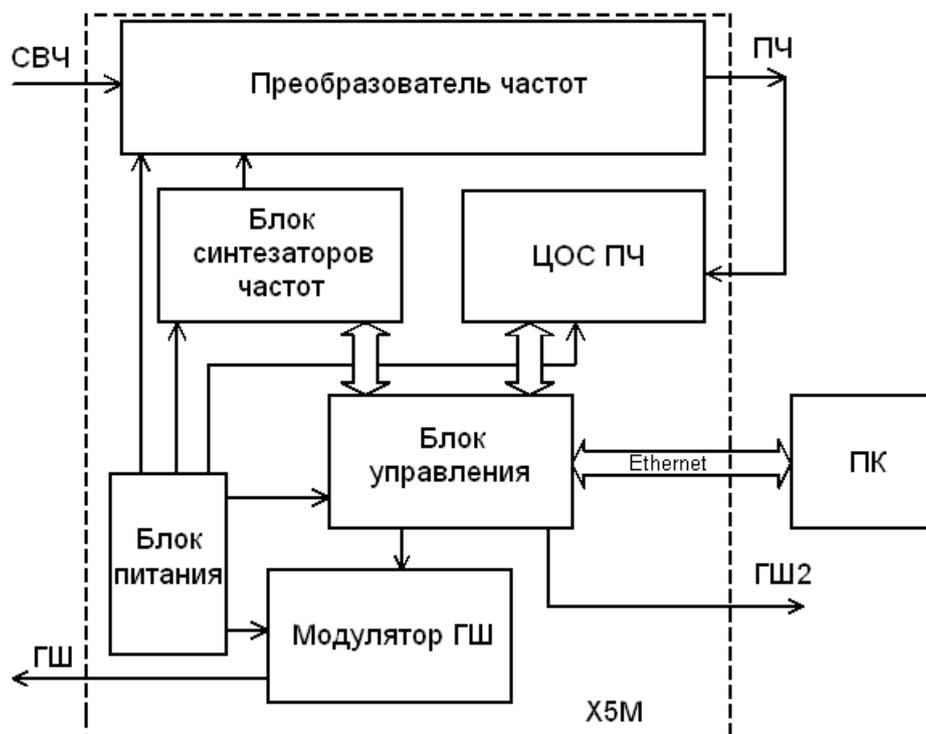


Рисунок 4.6.3 – Структурная схема измерителя

Блок управления предназначен для управления работой блоков ЦОС ПЧ, синтезаторов частот, модулятора ГШ и обмена данных с ПК, имеет дополнительный выход «ГШ2», предназначенный для управления внешним модулятором при помощи сигналов уровня ТТЛ.

### 4.6.3 Особенности работы

4.6.3.1 В данном подразделе приводятся лишь некоторые особенности работы измерителя, более подробную информацию можно найти в п.4.4.5 части III настоящего РЭ.

4.6.3.2 Дифференциальный КШ. Как отмечалось выше, прямыми измерениями являются измерения мощности. Хотя измерения являются панорамными в заданном диапазоне частот, расчет КШ и КП осуществляется в достаточно узкой полосе, ширина которой выставляется программно на панели управления «Параметры измерения» в строке «Полоса фильтра ПЧ». Предполагается, что в этой узкой полосе значение КШ и КП постоянно, а шум является тепловым; т.е. осуществляется измерение так называемого дифференциального КШ [1].

4.6.3.3 Аппаратное усреднение. В приборе предусмотрена возможность изменения аппаратного усреднения через управляющее программное обеспечение (на панели управления «Параметры измерения» строка «Степень усреднения»). При этом в строке «Степень усреднения» вводится число, характеризующее количество измерений мощности в одной точке по частоте; на экран выводится среднее арифметическое значение. Увеличение степени усреднения уменьшает флюктуации.

4.6.3.4 Аппроксимация. Также следует заметить, что в заданном частотном диапазоне измерение производится лишь в определенных точках, число которых задается на панели управления «Параметры измерения» в строке «Количество точек»; тем не менее, на экран выводится непрерывная кривая, полученная путем аппроксимации. Аппроксимированные точки на маркерах обозначаются знаком «!».

4.6.3.5 Преобразование частот. В программном обеспечении предусмотрена возможность отображения результатов в преобразованном диапазоне частот, для тех случаев, когда в качестве ИУ, например, выступает конвертор (см. п.4.4.4.1 части III). При введении данных о гетеродине производится автоматический подбор данных из введенной таблицы ENR для соответствующего частотного диапазона.

4.6.3.6 Модуляция. Существуют особенности при измерении КШ приемников с одно- и двухполосной модуляцией. В случае однополосной модуляции (ОМ), как правило, предполагается, что прием сигнала осуществляется в одной боковой полосе, а шумы присутствуют в двух боковых полосах входных цепей. При двухполосной модуляции принимаемый сигнал присутствует в двух боковых полосах. Если боковые полосы частот равны и равны КП преобразователей, то КШ для преобразователя с ОМ будет на 3 дБ больше, чем для преобразователя с двухполосной модуляцией [1, 2]. Т.о., КШ для ОМ нуждается в коррекции. Подобную трехдецибельную коррекцию необходимо проводить вручную, т.к. в измерителе предполагается, что сигнал присутствует во всем входном диапазоне частот.

## **5 Подготовка прибора к работе**

В данном разделе приведена информация об эксплуатационных ограничениях, о распаковывании и повторном упаковывании. Подразделы «Порядок установки» и «Подготовка к работе» вынесены в часть III настоящего РЭ. Подготовка прибора к работе осуществляется после ознакомления с разделом «Требования безопасности».

### **5.1 Эксплуатационные ограничения**

5.1.1 Эксплуатация измерителя должна производиться в условиях, указанных в разделе 4 части I настоящего РЭ.

5.1.2 Напряжение питания сети должно соответствовать значениям, указанным в разделе технических характеристик 4.5 настоящего РЭ.

5.1.3 Не рекомендуется непрерывная работа измерителя более 16 ч. Временной интервал между рабочими циклами не менее 2 часов.

### **5.2 Распаковывание и повторное упаковывание**

#### **5.2.1 Общие положения**

Упаковывание проводится по ГОСТ 9181.

Для упаковывания измерителя, комплекта принадлежностей, эксплуатационной и сопроводительной документации используется потребительская и транспортная тары.

Вид потребительской тары – чехлы из полиэтиленовой пленки марки М или Т, толщиной 0,1–0,3 мм по ГОСТ 10354.

Вид транспортной тары – кейс и картонный ящик.

**Примечание:** при отсутствии картонного ящика допускается использовать в качестве транспортной упаковки только кейс.

Упаковка обеспечивает защиту измерителя от климатических и механических повреждений при погрузочно-разгрузочных работах, транспортировании и хранении.

Все работы по упаковыванию должны выполняться под руководством лица, ответственного за упаковку.

Упаковывание измерителя должно производиться в закрытом помещении с температурой воздуха не менее 15°C и относительной влажностью не более 80 % при температуре 25 °С.

Перед упаковыванием измеритель и комплект принадлежностей должен быть осмотрен и очищен от пыли и грязи.

#### **5.2.2 Упаковывание измерителя**

Упаковывание измерителя проводится в следующей последовательности:

5.2.2.1 Поместить измеритель и комплект принадлежностей в потребительскую тару, удалить из них избыток воздуха и заварить швы потребительской тары.

Примечание – допускается не заваривать швы потребительской тары измерителя, комплекта принадлежностей и документации, укладываемых в кейс.

5.2.2.2 Упакованный измеритель и комплект принадлежностей уложить в кейс. Пространство между стенками кейса и упакованными измерителем и комплектом принадлежностей заполнить амортизационным материалом.

5.2.2.3 Заполнить в формуляре «Свидетельство об упаковке».

5.2.2.4 Поместить документацию, указанную в таблице 3, в потребительскую тару, удалить избыток воздуха и заварить швы.

5.2.2.5 Уложить упакованную документацию в кейс таким образом, чтобы их можно было извлечь, не нарушая целостность потребительской тары измерителя и комплекта принадлежностей.

5.2.2.6 Заполнить сопроводительную документацию и уложить ее в кейс.

5.2.2.7 Закрывать крышку кейса.

5.2.2.8 Нанести на кейс и картонный ящик (при его наличии) следующую маркировку:

- название предприятия-изготовителя;

- адреса получателя и отправителя;

- наименование и серийный номер измерителя;

- манипуляционные знаки «Хрупкое – осторожно!»<sup>И</sup>, «Беречь от влаги»<sup>Ж</sup>, «Верх»<sup>К</sup> (согласно ГОСТ 14192).

5.2.2.9 Опломбировать кейс печатью. При наличии картонного ящика, поместить в него кейс, заполнив пространство между стенками ящика и кейсом амортизационным материалом.

5.2.3 Распаковывание измерителя

Распаковывание измерителя проводить в следующей последовательности:

5.2.3.1 Открыть картонный ящик, извлечь и открыть кейс.

5.2.3.2 Извлечь из кейса и затем из потребительской тары измеритель, комплект принадлежностей и документацию.

5.2.3.3 Провести сверку с сопроводительной документацией.

5.2.3.4 Сравнить номера измерителя и комплекта принадлежностей с номерами, указанными в формуляре. В случае обнаружения несоответствия номеров, сделать соответствующую запись в таблице 5 формуляра и сообщить на предприятие-изготовитель.

5.2.3.5 Провести внешний осмотр измерителя. В случае обнаружения механических повреждений, следов воздействия агрессивных сред или отсутствия пломб, сделать соответствующую запись в таблице 5 формуляра и сообщить на предприятие-изготовитель.

## 6 Средства измерений, инструменты и принадлежности

### 6.1 Обзор

Средства, необходимые при эксплуатации и обслуживании, но не поставляемые в комплекте с измерителем, приведены в таблице 4.

Т а б л и ц а 4

Наименование	Характеристики	Нормативный документ	Примечание
Компьютер в составе: - системный блок  - манипулятор «мышь»; - экран	не хуже указанных в п. 1 части II настоящего РЭ;  разрешение не менее 1024×764	–	Используется для управления измерителем, обработки и отображения результатов измерений
Генератор шума	твердотельные, включаемые постоянным напряжением плюс 28 В	–	Используется для измерения КШ и КП
Комплект измерителей присоединительных размеров КИПР-7	абсолютная погрешность измерений не более ± 10 мкм	ЖНКЮ.468925.003 ПС	Используется для контроля соединителей СВЧ
Вата медицинская гигроскопическая гигиеническая (далее по тексту – вата)	–	ГОСТ 5556	Используются для чистки соединителей СВЧ
Спирт этиловый (далее по тексту – спирт)	–	ГОСТ 18300	
Браслет антистатический	–	ГОСТ 12.4.124	Используются в целях сохранности измерителя
Коврик антистатический	–	ГОСТ 12.4.124	

## 6.2 Используемые генераторы шума

Для измерений КШ и КП с помощью приборов серии X5M предполагается использование генераторов шума (ГШ), которые не входят в комплект поставки измерителя. Возможно применение ГШ различных типов, например: твердотельные ГШ, низкотемпературные ГШ (НГШ), газоразрядные. Основной задачей ГШ является генерация шумового сигнала с калиброванным уровнем мощности (другими словами, с заданной шумовой температурой).

6.2.1 Твердотельные генераторы шума, используемые с измерителем, обычно состоят из лавинно-пролетного диода (ЛПД) и генераторной секции, служащей для согласования входного сопротивления р-п-перехода с сопротивлением нагрузки. Если на ЛПД подать напряжение смещения, то выходной сигнал будет соответствовать тепловому шуму высокой температуры, что обусловлено соответствующими генерациями диода. Это своего рода имитация горячей резистивной нагрузки. Источником шумового излучения в ЛПД являются дробовые флуктуации тока насыщения диода и флуктуации коэффициента умножения лавины. Если напряжение смещения отсутствует, то выходной сигнал будет соответствовать шуму согласованной нагрузки температуры окружающей среды (холодная резистивная нагрузка). Мощность, отдаваемая диодом в нагрузку, определяется выражением:

$$P_{ш} = \frac{P_{ш.о} \cdot R \cdot A}{R + R_s},$$

где  $P_{ш.о}$  – максимальная мощность шумов, отдаваемая диодом в согласованную с его внутренним сопротивлением нагрузку;

$A$  – КП мощности от р-п перехода в нагрузку;

$R_s$  – сопротивление растекания диода.

Такие ГШ могут работать как в режиме непрерывных колебаний, так и в режиме импульсной модуляции при длительности импульсов от нескольких долей микросекунд.

6.2.2 НГШ, как правило, используют в некоторых специфических приложениях. Эти ГШ обычно состоят из сосудов Дьюара, наполненных жидким азотом, с помещенной в них согласованной нагрузкой. Сигнал, снимаемый с этой холодной нагрузки, соответствует тепловому шуму с шумовой температурой около 77 К. В качестве горячей нагрузки используется согласованная резистивная нагрузка комнатной температуры. В этом случае названия «холодная» и «горячая» в прямом смысле отражают физическую сущность процесса генерации. Относительно маленькая разница в шумовых температурах холодной и горячей нагрузок, а также потенциальная разница в КСВ, появляющаяся в результате прикручивания к разным физическим нагрузкам, обычно ограничивают этот метод до применения в калибровочных лабораториях и в приложениях миллиметрового диапазона.

6.2.3 Газоразрядные трубки, внедренные в волноводную структуру, способны производить шум за счет кинетической энергии плазмы. Традиционно они использовались в качестве источников шума миллиметрового диапазона.

Постепенно они были вытеснены твердотельными шумовыми диодами на частотах ниже 50 ГГц. Шумовые диоды являются более простыми в использовании и, как правило, более стабильными источниками шума.

Возможно применение и других типов ГШ.

### **6.3 Выбор генераторов шума**

Наиболее важными параметрами генераторов шума для измерений КШ и КП являются: величина ИОШТ, величина шумовой температуры и способ генерации шумового сигнала, величина напряжения питания, степень стабильности характеристик, выходное сопротивление.

#### **6.3.1 Величина ИОШТ**

Выходной сигнал источника шума характеризуется диапазоном рабочих частот и ИОШТ (ENR). Типичные значения ИОШТ (ENR): 15 дБ и 6 дБ.

Рекомендуется использовать источник шума с ИОШТ (ENR) 15 дБ:

- для измерений КШ до 30 дБ, общее применение;
- для калибровки полного динамического диапазона измерителя (перед измерением устройств, имеющих большой КП).

Использовать источник шума с ИОШТ (ENR) 6 дБ правильнее при проведении измерений КШ:

- устройств с КП, чувствительным к изменению импеданса источника шума;
- устройств с очень низким КШ и устройств с КШ, не превышающим 15 дБ.

Низкая ИОШТ (ENR) источника шума минимизирует погрешность, вызванную нелинейностью детекторной характеристики ИКШ. При использовании таких источников требуется меньшее внутреннее ослабление для перекрытия динамического диапазона измерений, если КП исследуемого устройства не очень высок. Малое ослабление уменьшает КШ измерителя, что приводит к уменьшению погрешности.

6.3.2 Напряжением питания характеризуются, как правило, твердотельные ГШ. Измерители серии X5M позволяют автоматически управлять включением и выключением подобных ГШ за счет подачи/отключения на них постоянного напряжения плюс 28 В, либо минус 5 В.

6.3.3 Калибровочные данные. В комплект поставки ГШ должен входить сертификат калибровки или свидетельство о поверке, в котором указывается зависимость ИОШТ или шумовой температуры от частоты; такую зависимость называют характеристикой ГШ. При этом должен указываться диапазон температур, при которых получены эти данные, их точность и дата последней и следующей поверок.

6.3.4 Выходное сопротивление и КСВН. Качественные генераторы шума имеют на выходе аттенюатор для обеспечения низкого КСВ, чтобы обеспечить минимальное рассогласование при измерениях. Если имеется различие между значениями выходного сопротивления или КСВН во включенном и выключен-

ном состояниях, возможно возникновение ошибки при измерениях КШ.

6.3.5 Шумовая температура является, зачастую, нормируемой величиной для НГШ. Для твердотельных ГШ шумовая температура непосредственно связана с ENR по следующей формуле:

отн.ед.,

где  $T_h$  и  $T_c$  – соответственно шумовые температуры горячего и холодного источников,  $T_0$  – стандартная температура (всё в градусах Кельвина).

## 7 Порядок работы

В данном разделе приводятся указания о подготовке и порядке работы с измерителем. Основные сведения о подготовке и порядке работы изложены соответственно в разделе 4 «Подготовка прибора к работе» и в разделе 5 «Порядок работы» части III настоящего РЭ.

### 7.1 Меры безопасности при работе с прибором

7.1.1 В измерителях имеется напряжение  $\sim (220 \pm 22)$  В, поэтому при эксплуатации и контрольно-профилактических работах, проводимых с измерителем, строго соблюдайте соответствующие меры предосторожности:

- перед подключением измерителя к сети или подключением к нему других приборов необходимо убедиться в исправности шнура сетевого и соединить зажим защитного заземления, обозначенный символом  и находящийся на задней панели прибора, с заземляющим проводником (в крайнем случае, с зануленным зажимом питающей сети);

**ПРЕДОСТЕРЕЖЕНИЕ: ПРИ РАБОТЕ С ПРИБОРОМ ВОЗМОЖНО ПОРАЖЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ.**

- зажим защитного заземления следует отсоединять после отключения измерителя от сети питания и от других приборов;

**ВНИМАНИЕ: ЗАПРЕЩАЕТСЯ ПОДАВАТЬ НА ВХОД СВЧ ИЗМЕРИТЕЛЯ МОЩНОСТЬ И ПОСТОЯННОЕ НАПРЯЖЕНИЕ, ПРЕВЫШАЮЩИЕ ЗНАЧЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕННЫЕ НА ПЕРЕДНЕЙ ПАНЕЛИ ПРИБОРА РЯДОМ СО ЗНАКОМ **

**ВНИМАНИЕ!  
ПРИ ПОЯВЛЕНИИ ЗАПАХА ГАРИ, ДЫМА И Т.П. НЕЗАМЕДЛИТЕЛЬНО ОБЕСТОЧИТЬ ПРИБОР!  
ПРИ РАБОТЕ С ПРИБОРОМ ИСПОЛЬЗУЙТЕ АНТИСТАТИЧЕСКИЕ БРАСЛЕТЫ.**

7.1.2 На рабочем месте должны быть приняты меры по обеспечению защиты от воздействия статического электричества.

**ВНИМАНИЕ: ЗАПРЕЩАЕТСЯ ВКЛЮЧАТЬ В СЕТЬ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ НЕЗАЗЕМЛЕННЫЙ ПРИБОР! ЗАПРЕЩАЕТСЯ ПРОИЗВОДИТЬ КОММУТАЦИИ СХЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ (КАЛИБРОВКИ) ПРИ ВКЛЮЧЕННОМ РЕЖИМЕ «ИЗМЕРЕНИЕ»; ЗАПРЕЩАЕТСЯ НАРУШАТЬ ЗАЩИТНЫЕ ПЛОМБЫ, ПРОИЗВОДИТЬ САМОСТОЯТЕЛЬНЫЙ РЕМОНТ.**

7.1.3 При использовании в измерениях низкотемпературных генераторов шума, заполняемых жидким азотом, необходимо соблюдать следующие правила:

- заливку производить только через воронку;
- поскольку в начале заливки происходит бурное кипение азота, следует наливать малой струей (при этом в резервуаре устанавливается низкая температура), не допуская попадания брызг жидкости на одежду, обувь, открытые участки тела;
- заполненный генератор шума должен быть закреплен;
- запрещается сливать азот из НГШ;
- новую заливку следует производить только после полного испарения всего азота.

## 7.2 Расположение органов настройки и включения прибора

7.2.1 Основными органами управления на передней панели измерителя являются:

- кнопка включения / выключения питания (в правом нижнем углу панели), справа от которой располагается надпись ВКЛ и световой индикатор, который информирует соответственно о включенном / выключенном электропитании; перед подключением к сети электропитания переключатель должен находиться в положении «0»;

- вход СВЧ, рядом с которым располагается надпись  $\rightarrow$  СВЧ, предназначен для подачи шумового сигнала от генератора шума на этапе калибровки и шумового сигнала от исследуемого устройства на этапе измерения искомым КШ и КП; уровень мощности и постоянного напряжения входных сигналов не должны превышать значений, написанных на передней панели прибора рядом со знаком ;

- разъем для питания генератора шума (в левом нижнем углу панели), слева от которого располагается надпись ВКЛ и световой индикатор, который во включенном состоянии информирует о подаче постоянного напряжения плюс 28 В и при выключенном – об отсутствии напряжения;

- разъем адаптера питания (для приборов с опцией АПА), справа от которого располагается кнопка включения / выключения питания; данный разъем позволяет подавать питание до  $\pm 20$  В и 500 мА на исследуемые усилители и

конверторы через центральный проводник входа → СВЧ.

7.2.2 Основными органами управления на задней панели измерителя являются:

-  – разъем защитного заземления измерителя;
- «~220 В 50 Гц 1 А» – разъем для подключения шнура сетевого;
- «*ETHERNET UTP 10/100*» – разъемы для подключения измерителя к компьютеру с помощью кабеля *Ethernet*, через который осуществляется управление измерителем по протоколу TCP/IP;
-  ПЧ – выход сигнала промежуточной частоты;
- → ПЧ – вход сигнала промежуточной частоты; перед началом работы с измерителем необходимо соединить вход → ПЧ с выходом  ПЧ; для этого в комплекте поставки прибора имеется кабель СВЧ, применяемый в качестве переключки;
- КОНФИГУРАТОР – ряд переключателей, которые позволяют устанавливать необходимые наборы сетевых параметров, определяющих тип логического подключения к управляющему компьютеру (управление осуществляется по протоколу TCP/IP); в начальном состоянии все переключателя должны находиться в состоянии OFF (соответствует нумерованной стороне переключателей).

7.2.3 Более подробная информация о расположении органов настройки и включения прибора приводится в разделе 5 части III настоящего РЭ.

### 7.3 Сведения о порядке подготовки к проведению измерений

Подготовка к проведению измерений осуществляется после ознакомления с предыдущими разделами РЭ. Порядок подготовки к проведению измерений следующий.

7.3.1 Ознакомиться с содержанием раздела 3 «Подготовка прибора к работе» части III настоящего РЭ, уделив особое внимание подразделу «Меры по обеспечению безопасности и меры предосторожности» (см. 3.4.1).

7.3.2 Подготовить рабочее место согласно разделу 4 «Подготовка прибора к работе» части III, учитывая климатическую обстановку, наличие системы заземления и напряжения питания ~ **(220 ± 22) В**.

7.3.3 Подготовить прибор к работе; для этого, следуя указаниям, приведенным в разделе 4 части III, необходимо:

- распаковать и установить прибор на ровную горизонтальную поверхность;
- соединить вход → ПЧ с выходом  ПЧ соответствующим кабелем из комплекта поставки прибора и установить органы управления в начальные состояния, приведенные в предыдущем подразделе;
- провести визуальный осмотр и при необходимости провести чистку входа → СВЧ;
- соединить клемму  прибора с системой заземления и подвести пита-

ние;

- произвести установку программного обеспечения на управляющий компьютер;

- подготовить к работе ГШ, пользуясь указаниями, приведенными в руководстве по эксплуатации на него.

- убедиться, что переключатель ВКЛ находится в состоянии «0», после чего осуществить либо прямое подключение измерителя к сетевой карте управляющего компьютера (*рекомендуется*), либо подключение измерителя к локальной сети (*только по согласованию с администратором сети*) и осуществить проверку работоспособности.

#### 7.4 Порядок проведения измерений

Измерение осуществляется после выполнения указаний предыдущего подраздела. Порядок проведения измерений следующий.

7.4.1 Ознакомиться с содержанием раздела 4 «Порядок проведения измерений», а также приложения Д части III настоящего РЭ, уделив особое внимание подразделу «Меры безопасности по работе с прибором».

7.4.2 Запустить ПО Graphit для требуемой измерительной схемы, например «Модуляционный метод», следуя указаниям, приведенным в разделе 5 части III; необходимо проделать следующее:

- выставить на панели управления «Параметры измерения» требуемые значения для диапазона частот, количества точек измерения в данном диапазоне частот, степень аппаратного усреднения (определяет количество измерений в одной точке), температуру окружающей среды на панели управления «**Общие параметры**»; при необходимости выставить другие параметры; - для схемы «Модуляционный метод» ввести номинальные значения ИОШТ для ГШ в таблицу «Характеристика ГШ»; для схемы «Метод двух отсчетов» занести номинальную температуру НГШ в таблицу «Температура холодного источника»; для схемы «Калибровка ГШ» необходимо ввести номинальные значения для эталонного ГШ в таблицу «Характеристика эталонного ГШ»;

7.4.3 Провести калибровку в соответствии с измерительной схемой, следуя указаниям подраздела 5.4 части III настоящего РЭ:

##### *Модуляционный метод*

- провести калибровку, подключив ГШ ко входу → СВЧ и нажав на панели калибровки «Калибровка»;

##### *Метод двух отсчетов*

- данная измерительная схема предназначается для исследований устройств с большим КП ( $\geq 20$  дБ), поэтому этап калибровки для этой схемы не предусмотрен;

##### *Калибровка ГШ*

- в схеме «Калибровка ГШ» используется метод сравнения с мерой, поэтому вместо этапа калибровки имеется измерение эталонного ИОШТ, т.е. после подключения эталонного ГШ ко входу → СВЧ необходимо на панели ин-

струментов «Эталон» нажать «Эталон».

7.4.4 Провести измерения, следуя указаниям раздела 5 части III:

*Модуляционный метод*

- включить «Учет калибровки» для измерения КШ и КП ИУ (при этом шумы измерителя исключаются);
- собрать схему измерения, при которой выход ИУ соединяется со входом → СВЧ измерителя, а выход ГШ подключается к входу ИУ;
- для ИУ, питание к которым подводится через выход, на измерителях с опцией АПА также нужно подать соответствующее питание для ИУ через адаптер питания (на передней панели измерителя), нажав кнопку ВКЛ, расположенную около разъема адаптера питания;
- нажать «Измерение» на панели инструментов «Измерение»;
- установить требуемый масштаб при помощи функции «Автомасштаб»;
- сохранить результат измерений;

*Метод двух отсчетов*

- на панели инструментов «Мастер» нажать «Мастер»;
- следуя указаниям мастера измерения КШ, сначала собрать измерительную схему, при которой выход ИУ соединяется со входом → СВЧ измерителя, а ко входу ИУ подключается СН через вентиль (В); нажать «Далее», начнется процесс измерения «Горячий источник»; далее собрать схему, в которой вместо СН подключается НГШ, нажать кнопку «Далее»;
- установить требуемый масштаб при помощи функции «Автомасштаб»;
- сохранить результат измерений;

*Калибровка ГШ*

- подключить градуируемый ГШ ко входу → СВЧ, на панели инструментов «Калибровка ГШ» нажать «Калибровка ГШ»;
- сохранить результат измерений.

7.4.5 Провести расчет погрешности измерений согласно приложению Е части III настоящего РЭ.

## **8 Поверка прибора**

Поверка измерителя проводится в соответствии с ЖНКЮ.468166.011ДЗ «Инструкция. Измеритель коэффициента шума Х5М-18. Методика поверки».

## **9 Текущий ремонт**

При поломке измерителя допускается только текущий фирменный ремонт, либо ремонт, который осуществляют предприятия, имеющие соответствующую лицензию. Метод ремонта – обезличенный.

**ЗАПРЕЩАЕТСЯ ПРОВОДИТЬ САМОСТОЯТЕЛЬНЫЙ РЕМОНТ ИЗМЕРИТЕЛЯ.**

Перечень возможных неисправностей приведен в приложении А части III настоящего РЭ; сведения о возможных ошибках программного обеспечения на-

ходятся в приложении В части III настоящего РЭ.

Примечание: допускается самостоятельная смена пользователем плавкого предохранителя по указаниям, приведенным ниже.

### **9.1 Смена плавкого предохранителя**

- выключить измеритель, установив кнопку ВКЛ на передней панели измерителя в положение «0»;

**ВНИМАНИЕ: ПЕРЕД СМЕНОЙ ПРЕДОХРАНИТЕЛЯ НЕОБХОДИМО ОТКЛЮЧИТЬ ПРИБОР ОТ ВСЕХ ИСТОЧНИКОВ НАПРЯЖЕНИЯ!**

- отключить шнур сетевой от измерителя, открыть крышку, закрывающую гнездо установки плавкого предохранителя;

- сменить предохранитель на сменный, находящийся в гнезде. В случае отсутствия сменного предохранителя, провести смену на предохранитель В0205 1А или аналог;

**ВНИМАНИЕ: ЗАПРЕЩАЕТСЯ УСТАНОВКА ПРЕДОХРАНИТЕЛЯ НА ЗНАЧЕНИЕ СИЛЫ ТОКА ПРЕВЫШАЮЩЕЕ 1 А.**

- закрыть крышку, подсоединить шнур сетевого питания к измерителю;

- включить измеритель, установив кнопку ВКЛ на передней панели измерителя в положение «I», убедиться в наличии индикации ВКЛ.

## **10 Хранение, транспортирование, упаковка**

### **10.1 Хранение**

10.1.1 Измеритель до введения в эксплуатацию следует хранить на складах в упаковке предприятия-изготовителя при температуре окружающего воздуха от 5 до 40 °С и относительной влажности воздуха до 80 %.

10.1.2 Измеритель без упаковки допускается хранить при температуре окружающего воздуха от 10 до 35 °С и относительной влажности воздуха не более 80 %.

10.1.3 В помещениях для хранения не должно быть пыли, паров кислот и щелочей, агрессивных газов и других вредных примесей, вызывающих коррозию.

### **10.2 Транспортирование**

#### **10.2.1 Меры безопасности при погрузке и выгрузке**

10.2.1.1 Погрузка и выгрузка упакованного измерителя должна проводиться со всеми предосторожностями, исключающими удары и повреждения транспортной упаковки.

10.2.1.2 При погрузке и выгрузке транспортную упаковку не бросать и устанавливать согласно нанесенным на ней знакам.

10.2.1.3 Погрузка и выгрузка не требует применения погрузочно-

разгрузочных средств.

### **10.2.2 Условия транспортирования**

10.2.2.1 Транспортировка измерителя осуществляется в закрытых транспортных средствах любого вида в условиях транспортирования:

- температура окружающей среды от минус 50 °С до плюс 70 °С;
- относительная влажность воздуха при 25 °С не более 90 %;
- атмосферное давление от 84 (630) до 106,7 (800) кПа (мм рт. ст.).

10.2.2.2 Измеритель разрешается транспортировать в упакованном виде в условиях, исключающих внешние воздействия, способные вызвать механические повреждения измерителя или нарушить целостность транспортной упаковки в пути следования.

10.2.2.3 При транспортировании воздушным транспортом измеритель в упаковке должен располагаться в отопливаемых герметизированных отсеках.

10.2.2.4 Трюмы судов, кузова автомобилей, используемые для перевозки, не должны содержать паров кислот и щелочей, агрессивных газов и других вредных примесей, вызывающих коррозию.

### **10.3 Упаковка**

10.3.1 Вид упаковки – кейс и картонная коробка.

10.3.2 Упаковка сохраняется вплоть до утилизации измерителя.

### **11 Маркирование и пломбирование**

Вблизи органов управления и присоединения нанесены надписи и обозначения, указывающие их функциональное назначение.

11.1 На передней панели измерителя нанесены следующие обозначения:

- название предприятия-изготовителя;
- тип измерителя;
- знак утверждения типа;
- обозначения органов управления, индикаторов и разъемов.

11.2 На задней панели измерителя нанесены следующие обозначения:

- тип измерителя;
- заводской номер;
- обозначение органов управления, индикаторов и разъемов.

11.3 На транспортную упаковку нанесены следующие обозначения:

- название предприятия-изготовителя;
  - адреса получателя и отправителя;
  - наименование и серийный номер измерителя;
  - манипуляционные знаки «Хрупкое – осторожно!» , «Беречь от влаги» ,
- «Верх»  (согласно ГОСТ 14192).

11.4 Измеритель имеет защитные пломбы, предотвращающие несанкционированное вскрытие.

## **12 Гарантии предприятия-изготовителя**

12.1 Предприятие-изготовитель гарантирует соответствие измерителя характеристикам, указанным в подразделе 4.5, при соблюдении пользователем условий и правил эксплуатации, хранения и транспортирования.

Гарантийный срок и срок службы указаны в ЖНКЮ.468166.011 ФО.

Предприятие-изготовитель обязуется в течение гарантийного срока проводить ремонт, кроме случаев, описанных ниже.

Предприятие-изготовитель осуществляет платный ремонт и сервисное обслуживание измерителей в течение срока службы.

В течение гарантийного срока предприятие-изготовитель обязуется проводить ремонт измерителя в случае несоответствия его характеристик или наличия механических повреждений при первоначальном осмотре измерителя и комплекта принадлежностей.

12.2 При наличии механических повреждений при первоначальном осмотре или обнаружении несоответствия характеристик в течение гарантийного срока, необходимо составить технически обоснованный акт с указанием причин несоответствия и условий их обнаружения. Упаковать измеритель и комплект принадлежностей, пользуясь указаниями п. 3.23, и отправить их на предприятие-изготовитель для ремонта или замены.

Комплект поставки измерителя и комплекта принадлежностей на предприятие-изготовитель для ремонта или замены должен соответствовать таблице 3.

**Примечание – Допускается по согласованию с предприятием-изготовителем на ремонт или замену высылать не полный комплект, а только устройство, вышедшее из строя. При этом с устройством обязательно высылается формуляр.**

12.3 Гарантии на ремонт измерителя не распространяются в следующих случаях:

- имеются механические повреждения измерителя или комплекта принадлежностей, полученные при эксплуатации, или следы воздействия жидкостей или агрессивных паров;
- отсутствует формуляр;
- формуляр не заполнен или заполнен неверно;
- повреждены пломбы предприятия-изготовителя;
- имеются следы вскрытия корпуса измерителя;
- истек гарантийный срок.

Предприятие-изготовитель осуществляет платный ремонт и сервисное обслуживание измерителей в течение срока службы.

Ремонт, осуществляемый не по гарантиям предприятия-изготовителя, проводится только после оформления договора на проведение ремонта.

## **Приложение А (справочное) Библиография**

1. Алмазов-Долженко К.И. Коэффициент шума и его измерение на СВЧ. – М.: Научный мир, 2000. – 240 с.
2. Белоусов А.П., Каменецкий Ю.А. Коэффициент шума. – М.: «Радио и связь», 1981. – 112 с.
3. Friis H.T. Noise Figures of Radio Receivers // Proc. of the IRE, July, 1944, pp. 419–422.
4. Noise Figure Measurement Accuracy – The Y-Factor Method: Application Note 57-2 [Электронный ресурс] / Agilent Technologies: Innovating the HP Way. – [USA]: Agilent Technologies, 2001. – 16 Feb. – 45 p.

