



Временная методика радиоконтроля отклонения частоты радиоизлучений

Редакция 15. 03. 2002 г.

Методика разработана в Проблемной лаборатории
по радиоконтролю и ЭМС при СПб ГУТ

Согласовано

Научный руководитель разработки

д.т.н., проф. Харченко И.П

Разработчики

к.т.н., с.н.с. Ральников В.И.

к.т.н., доц. Ленцман В.Л.



Настоящий документ является очередной редакцией методики радиоконтроля отклонения частоты, в которой учтены новые возможности, предоставляемые аппаратно-программными средствами модернизированного радиоконтрольного оборудования ИУ2 «ИРГА», версия ПО Radio Scope 1.527 и выше.

НАШ АДРЕС

**191186, г. Санкт-Петербург, ГУТ им. проф. М.А. Бонч-Бруевича,
наб. реки Мойки, 61, офф. 229
тел.315-9001, 315-8292;
тел./факс: 315-1548**

E-mail: mail@irga.sut.ru



Содержание

1. Назначение и область применения документа.....	4
2. Основные принципы контроля отклонения частоты	4
2.1. Термины и определения	4
2.2. Измерение отклонения несущей частоты модулированных радиоизлучений.....	5
3. Используемое радиоконтрольное оборудование	7
4. Требования по безопасности.....	7
5. Требования к квалификации операторов.....	7
6. Подготовка к проведению измерений	8
7. Проведение измерений	9
8. Анализ результатов, рекомендации по планированию последующих измерений, оформление результатов контроля	15
Перечень нормативной и справочной документации	17
Приложение. Измерение частоты в установке ИУ2.....	20

Список сокращений

АМ – амплитудная модуляция
БОЧ – блок опорных частот
БПФ – быстрое преобразование Фурье
НШПЧ - необходимая ширина полосы частот
КШПЧ - контрольная ширина полосы частот
МСЭ – Международный союз электросвязи
РКП – радиоконтрольный пост
РЭС – радиоэлектронное средство
ПЧ – промежуточная частота
ЧМ - частотная модуляция
ТУ – технические условия
ШЗПЧ - ширина занимаемой полосы частот



1. Назначение и область применения документа

1.1. Настоящий документ устанавливает методику радиоконтроля отклонения частоты радиоизлучений РЭС с целью проверки выполнения нормативных требований по допустимому отклонению частоты передатчиков, вводимых ГОСТ Р 50657-94, другими стандартами, техническими условиями (ТУ) на оборудование и эксплуатационными документами.

1.2. Методика позволяет оценить отклонение частоты немодулированной несущей передатчика от присвоенной частоты по результатам измерения средней или характерной частоты модулированного радиоизлучения передатчика в штатном режиме его работы. Пределы методических погрешностей измерения частоты, обусловленные наличием помех и модуляции, контролируются оператором и могут быть уменьшены до приемлемых значений путем рационального выбора времени усреднения результатов и выполнения требований данной методики.

1.3. Методика предназначена для использования операторами радиоконтрольных постов региональных радиочастотных центров и сотрудниками Департамента по надзору за связью и информатизацией.

2. Основные принципы контроля отклонения частоты

2.1. Термины и определения

Полоса частот - область частот, ограниченная верхним и нижним пределами. (ГОСТ 24375-80)

Ширина полосы частот - разность между верхним и нижним пределами полосы частот. (ГОСТ 24375-80)

Необходимая ширина полосы частот радиоизлучения – минимальная полоса частот данного класса радиоизлучения, достаточная для передачи сигнала с требуемой скоростью и качеством. (ГОСТ 23611-79)

Присвоенная полоса радиочастот - полоса частот, в пределах которой радиостанции разрешено излучение. *Примечание. Ширина присвоенной полосы частот равняется необходимой ширине полосы частот плюс удвоенное абсолютное значение допустимого отклонения частоты.* (ГОСТ 23611-79, рек. МСЭ SM. 328-9 и п. 142 статьи 1 Регламента радиосвязи.)



Присвоенная радиочастота - частота, соответствующая середине присвоенной радиостанции полосы частот. (ГОСТ 24375-80)

Присвоенная частота - средняя частота полосы частот, присвоенной станции. (Рек. МСЭ SM. 328-9 и п. 142 статьи 1 Регламента радиосвязи.)

Характерная частота - частота, которую можно легко опознать и измерить в данном излучении. Например, несущую частоту можно рассматривать как характерную частоту. (ГОСТ Р 50657-94, рек. МСЭ SM. 328-9 и п. 143 статьи 1 Регламента радиосвязи.)

Относительная частота - частота, занимающая по отношению к присвоенной частоте фиксированное и определенное положение. Отклонение этой частоты по отношению к присвоенной частоте имеет ту же абсолютную величину и знак, что и отклонение характерной частоты по отношению к середине полосы частот, занимаемой излучением. (ГОСТ Р 50657-94, рек. МСЭ SM. 328-9 и п. 144 статьи 1 Регламента радиосвязи.)

Допустимое отклонение частоты - максимально допускаемое отклонение средней частоты полосы частот излучения от присвоенной частоты или характерной частоты излучения от относительной частоты. Допустимое отклонение частоты выражается в миллионных долях или герцах. (ГОСТ Р 50657-94, рек. МСЭ SM. 328-9 и п. 145 статьи 1 Регламента радиосвязи.)

2.2. Измерение отклонения несущей частоты модулированных радиоизлучений

В международном Регламенте радиосвязи [1] и ГОСТ Р 50657-94 [4] требования к допустимому отклонению частоты излучения передатчиков всех назначений сформулированы следующим образом: **отклонение средней частоты полосы частот излучения от присвоенной частоты (или характерной частоты от относительной частоты) не должно превышать нормируемого значения.** Значения норм зависят от мощности передатчика. Задание таких норм в указанных документах не сопровождается указанием интервала времени, в течение которого должны выполняться эти требования.

В нормативных документах на передатчики определенного назначения, в ТУ и эксплуатационных документах [5-13] соответствующие требования определены другим образом: **отклонение рабочей частоты передатчика от номинального значе-**



ния в течение месяца не должно превышать нормируемого значения. Как правило, численные значения этих норм более жесткие, чем нормы по ГОСТ Р 50657-94.

Методы контроля отклонения частоты передатчиков от нормируемых значений, регламентируемые указанными выше нормативными документами, предполагают измерение частоты немодулированной несущей при подключении средств измерений общего применения непосредственно к контролируемому передатчику. Настоящая методика радиоконтроля отклонения частоты предполагает применение радиоконтрольного оборудования, обеспечивающего автоматизированное измерение несущей частоты передатчиков в штатном режиме их работы с использованием двух способов:

- электронно-счетным частотомером с последующей программной обработкой результатов измерений,
- «по спектру» - путем программного определения характерных частот радиоизлучения по форме вычисляемого спектра.

Основные принципы таких измерений частоты на основе анализа модулированного радиоизлучения, источники соответствующих инструментальных и методических погрешностей, возможности уменьшения этих погрешностей путем программной обработки результатов изложены в методических материалах [16] и Приложении к настоящей методике.

Каждый из упомянутых способов измерения частоты радиоизлучения имеет свои преимущества и недостатки. Применение электронно-счетного частотомера целесообразно при измерении средней частоты модулированного радиоизлучения, непрерывного во времени (без пауз на интервале счета), например, излучений передатчиков звукового ЧМ вещания. Методическая погрешность, обусловленная наличием модуляции, может быть уменьшена до приемлемых значений путем усреднения получаемых данных. Если излучение имеет импульсную природу (с длительностью менее времени усреднения) или его появление в эфире носит эпизодический характер, показания частотомера могут иметь методические погрешности, обусловленные отсутствием сигнала на входе счетчика или влиянием шумов в паузе. Это, например, имеет место при контроле излучения передатчиков базовых станций систем GSM, систем персонального радиовызова (пейджеров) и т.п. Характерные частоты таких излучений целесообразно измерять «по спектру».



3. Используемое радиоконтрольное оборудование

3.1. Методика предполагает применение автоматизированного радиоконтрольного оборудования ИУ2 «ИРГА» [14], обеспечивающего измерение частоты путем анализа немодулированного и модулированного радиоизлучения. Основные способы измерения частоты радиоизлучений, программной обработки результатов и их автоматического документирования в установке ИУ2 изложены в п. 6.5 Инструкции пользователя ПО Radio Score [15].

3.2. Инструментальная погрешность измерения частоты немодулированного излучения электронно-счетным частотомером установки ИУ2 «ИРГА» определяется, в основном, характеристиками поставляемого в составе этого оборудования блока опорных частот (БОЧ) и в диапазоне частот 3...1000 МГц при уровне сигнала не менее 20 дБмкВ находится в пределах $\pm 2,5 \cdot 10^{-7}$ [14].

3.3. Характеристики методической погрешность измерения средней частоты модулированного радиосигнала электронно-счетным частотомером установки ИУ2 «ИРГА» в общем случае зависят от вида и параметров модуляции [16]. Предельные значения этой составляющей погрешности обратно пропорциональны времени программного усреднения получаемых данных и контролируются оператором в процессе выполнения измерений по данной методике.

3.4. Настоящая методика может быть использована с другим оборудованием при условии ее адаптации к возможностям и конкретным особенностям этого оборудования.

4. Требования по безопасности

При проведении измерений должны соблюдаться требования по безопасности, установленные в инструкциях по эксплуатации используемого радиоконтрольного и вспомогательного оборудования, а также общие требования правил безопасности выполнения работ на РКП.

5. Требования к квалификации операторов

5.1. Измерения должны выполнять операторы, изучившие документацию на используемое радиоконтрольное и вспомогательное оборудование и допущенные к работе на РКП.



5.2. В процессе подготовки к проведению измерений операторы должны изучить настоящую методику и приобрести навыки практической работы по измерению частоты радиоизлучений.

6. Подготовка к проведению измерений

6.1. Регулярному контролю частоты излучения РЭС должна предшествовать подготовительная работа:

- подготовка исходных данных для составления заданий радиоконтроля - составление перечней (списков присвоенных частот) контролируемых станций, сгруппированных с учетом задач и удобства контроля по полосам частот, по классу излучения и т.п.;

- экспериментальная оценка возможности радиоконтроля частоты излучений с точки зрения:

- уровня сигнала – следует убедиться, что этот уровень соответствует условиям выполнения измерений, указанным в техническом описании радиоконтрольного оборудования,

- наличия помех,

- необходимости использования направленных антенн;

- идентификация контролируемых станций по позывным, классу излучения, уровню сигнала, характеру передачи.

Если для измерений на данном РКП предполагается использовать направленные антенны, необходимо определить азимуты контролируемых станций.

6.2. На основе этих данных, руководствуясь п. 4 Инструкции пользователя ПО Radio Score [15], сформировать файл задания "Контроль отклонения частоты станций " задачи "Контроль фиксированных частот", который должен содержать:

- список значений присвоенных частот однотипных контролируемых станций,
- режим сканирующего приемника (режим РПУ).

6.4. Подготовить радиоконтрольное оборудование к проведению измерений частоты радиоизлучений в соответствии с Руководством по эксплуатации [14] и Инструкцией пользователя [15].

6.5. С помощью антенного коммутатора или в ручную подключить направленную логопериодическую антенну ЛПАС2 к входу измерительного приемника.

Примечание: Использование направленной антенны позволяет провести ази-



мутальную селекцию контролируемого излучения и существенно повысить отношение сигнал/шум в полосе анализа, в частности, вследствие ослабления эффектов, обусловленных многолучевым распространением излучения. Однако затраты времени на проведение контроля при этом увеличиваются. Оперативные измерения параметров излучений могут быть проведены и при использовании всенаправленной биконической антенны БКАС, если отношение сигнал/помеха для контролируемого излучения достаточно велико.

6.6. Вызвать окно **Параметры анализатора спектра** и установить следующие параметры анализатора:

- Измерение ширины спектра по уровню X дБ - **выключено**,
- Измерение ширины спектра методом Бета/2 - включено,
- Коэффициент Бета – 0,01,
- Использовать быстрое построение спектра - включено,
- Автоматический контроль полос ПЧ и БПФ - включено,
- Порог ждущего режима измерений, дБ – установить для станций, появление которых в эфире носит эпизодический характер. Значение порога должно быть больше уровня фоновых помех, но меньше уровня контролируемого излучения

Примечание: Получаемые одновременно с измерениями частоты оперативные данные по ширине занимаемой полосы частот (ШЗПЧ) методом Бета/2 могут быть полезны для предварительной оценки соответствия полосы излучения нормативным требованиям и планирования соответствующих сеансов контроля. Методика контроля ШЗПЧ радиоизлучений на радиоконтрольных постах изложена в отдельном документе [17]. Кроме того, получаемые одновременно с измерениями отклонения частоты данные по ширине занимаемой полосы частот (ШЗПЧ) целесообразно использовать для проверки корректности измерения всех других параметров контролируемого излучения. Если корректно измеряется ШЗПЧ [16], значит на контролируемое излучение незначительно влияют посторонние излучения и шумы фона, наличие которых может привести к большим погрешностям измерения и других параметров излучения.

6.7. Сохранить настройки параметров анализатора спектра.

7. Проведение измерений

7.1. Запустить на выполнение предварительно составленное задание "Контроль



отклонения частоты станций " (задача "Контроль фиксированных частот") и процедуру "Анализ спектра". В результате сканирующий приемник автоматически поочередно настраивается на заданные частоты и в окне выполнения задачи "Контроль фиксированных частот" отображается в виде "столбиков" диаграмма уровней сигналов контролируемых станций.

7.2. Расположить окна "Контроль фиксированных частот" и "Анализ спектра" таким образом, чтобы они одновременно отображались на экране монитора.

7.3. Настроить измерительный приемник на частоту одной из контролируемых станций щелчком манипулятора "мышь" по области ("столбику"), соответствующей данной станции. В результате данная область выделяется другим цветом, а в окне "Анализатор спектра" начинают отображаться спектр сигнала контролируемой станции и результаты измерений уровня сигнала, напряженности поля, частоты и отклонения частоты, ширины занимаемой полосы, девиации частоты. Если после настройки измерительного приемника на станцию прослушивание показало, что ее передатчик не работает, этот факт занести в Примечание (п. 4.2 Инструкции пользователя ПО Radio Score [15]) и настроить приемник на частоту следующей станции.

7.4. Активизировать окно "Анализатор спектра" - на панели инструментов отображаются кнопки управления этим окном. Установить режим "Накопление спектра", для чего нажать соответствующую кнопку.

7.5. Выбрать один из двух возможных способов измерения частоты:

- электронно-счетным частотомером,
- «по спектру».

7.5.1. Если для измерения частоты данного радиоизлучения предполагается использовать электронно-счетный частотомер, включить кнопку [F] "измерение частоты" (обычно этот режим включен по умолчанию). Проверить наличие признака работы частотомера - вертикальной черты слева от результатов измерения частоты и отклонения частоты в окне «Анализ спектра». В процессе измерений следует визуально контролировать наличие указанного признака работы частотомера, так как уменьшение уровня сигнала контролируемой станции ниже 10 дБ приводит к автоматическому переходу установки в режим измерения частоты "по спектру".

Примечание: Погрешности измерения частоты излучений одного класса методом прямого счета и «по спектру», в принципе, могут существенно различаться. Поэтому эти данные нецелесообразно регистрировать в одном ряду.



7.5.2. Если для измерения частоты радиосигнала предполагается использовать способ измерения частоты «по спектру», выключить кнопку [F]. Проверить отсутствие признака работы частотомера - вертикальной черты слева от результатов измерения частоты в окне «Анализ спектра».

7.6. Выбрать требуемое для контролируемой станции значение полосы анализа спектра. Для этого использовать одну из следующих кнопок, определяющих выбор полосы анализа спектра: **280 кГц, 17 кГц, 8 кГц, 2,4 кГц, 0,5 кГц**.

Примечания: 1. Указанные значения полос анализа соответствуют использованию в установке приемника IC-R 8500.

2. Если выбраны полосы анализа 150 кГц или 70 кГц, то результаты измерения частоты и отклонения частоты в окне «Анализатор спектра» не отображаются (п.6.4. Инструкции пользователя ПО Radio Scope [15]).

Рекомендации:

- *При измерении частоты ЧМ сигналов, например, сигналов передатчиков ОВЧ ЧМ звукового вещания, звукового сопровождения телевидения, передатчиков систем персонального радиовызова (пейджеров) и т.п. полоса анализа должна включать все значимые составляющие спектра измеряемого сигнала.*

- *При измерении частоты амплитудно-модулированных (АМ) сигналов с явно выраженной несущей, например, сигналов передатчиков АМ телефонии, каналов изображения телевидения и т.п., ширина полосы анализа может быть выбрана достаточно малой с целью ослабления влияния помех на работу входного формирователя частотомера.*

- *При измерении частоты АМ сигналов с коэффициентом модуляции, близким к 100 %, или сигналов с импульсным или эпизодическим характером излучения, например, передатчиков системы GSM, систем персонального радиовызова показания частотомера могут иметь методические погрешности, обусловленные отсутствием сигнала на входе счетчика или влиянием шумов в паузе. В этих случаях целесообразно измерять частоту излучения «по спектру» (кнопка [F] выключена). Этот способ можно также использовать:*

- *для приближенной оценки средней частоты спектра излучения при низком отношении сигнал/шум;*
- *для оценки характерных частот сложного радиоизлучения, в спектре которого присутствуют отдельные спектральные составляющие (линии).*



7.7. Для станций, появление которых в эфире носит эпизодический характер, включить ждущий режим измерений (кнопка **WAIT**).

7.8. Активизировать окно управления поворотным устройством направленной логопериодической антенны ЛПАС2 (п. 12 Инструкции пользователя [15]). Ориентировать антенну в направлении, соответствующего максимуму уровня контролируемого излучения. Если на данной частоте присутствует постороннее излучение, ориентацию направленной антенны следует выбрать из условия максимизации отношения сигнал/помеха.

7.9. На основе анализа уровня сигнала и различия уровней максимального и минимального значений отображаемого спектра, получаемых при подключении аттенюатора (кнопки **0 дБ**, **10 дБ**, **20 дБ**, **30 дБ** в окне "Анализатор спектра", п. 6 Инструкции пользователя [15]), оценить степень влияния внешних и внутренних помех и выбрать оптимальное значение затухания аттенюатора измерительного приемника.

Примечание: Различие максимального и минимального значений отображаемого спектра при больших уровнях сигнала на входе приемника определяется интермодуляционными помехами, а при малых – уровнем внутренних шумов приемника и уровнем внешнего фона. Поэтому следует выбрать оптимальное значение затухания аттенюатора, максимизирующее это различие.

7.10. Путем прослушивания контролируемой станции, наблюдения за формой и характером осциллограмм огибающей сигнала и мгновенной частоты в окне «Осциллограф», анализа уровня сигнала и изменения спектра во времени убедиться в отсутствии внешних помех и определить начало промежутка времени, в течение которого целесообразно контролировать отклонение частоты передатчика. Перейти в режим бесконечного накопления спектра (кнопка «Бесконечное накопление»).

Рекомендация: С точки зрения минимизации погрешности, обусловленной влиянием частотной модуляции, измерение средней частоты радиоизлучения станций звукового ЧМ вещания и передатчиков звукового сопровождения телевидения целесообразно проводить во время передачи музыки – усреднение показаний частотомера происходит несколько эффективнее, чем при передаче речи диктора. Эта составляющая погрешности практически отсутствует, если измерять частоту немодулированного сигнала - в паузах передачи программ, например, в паузах перед передачей сигналов точного времени. Длительность паузы должна быть не менее 10 с [16].

7.11. В процессе контроля отклонения частоты с целью обнаружения возмож-



ного влияния на результат измерения помех и нарушения условий проведения измерений следует:

- удостовериться в корректности измерения ШЗПЧ по методике, изложенной в [16],
- контролировать на слух постоянство режима работы станции,
- наблюдать за формой и характером осциллограмм огибающей сигнала и мгновенной частоты в окне «Осциллограф»,
- визуально контролировать характер изменения показаний частотомера.

Примечание: Если корректно измеряется ШЗПЧ [16], это значит, что на контролируемое излучение слабо влияют посторонние излучения и шумы фона, наличие которых может привести к большим и неконтролируемым погрешностям измерения и других параметров.

7.12. Выждать интервал времени, после которого изменения показаний частотомера, обусловленные случайной составляющей погрешности, не будут превышать \pm (5-10) Гц, сохранить результаты измерений.

Рекомендации:

• *Случайная погрешность измерения средней частоты излучения, обусловленная наличием частотной модуляции и шумов, уменьшается с увеличением времени усреднения результатов измерений. Время усреднения следует выбирать на основе компромисса между затратами времени и требуемой точностью измерений. Для уменьшения случайной погрешности измерения частоты ЧМ сигналов до значений порядка \pm (5-10) Гц может потребоваться время усреднения порядка 30-50 с [16]. Следует, однако, иметь в виду, что время усреднения не может быть более 100 с. После усреднения 100 измерений программа переходит в режим вычисления скользящего среднего (см. Приложение).*

• *При появлении импульсных помех и нарушении условий проведения измерений на осциллограммах огибающей сигнала и мгновенной частоты в окне «осциллограф» могут быть заметны скачки и всплески. Если обнаружены такие эффекты, измерения следует повторить.*

7.13. Сохранение результатов измерения частоты можно провести тремя способами:

• распечатать полученные данные на принтере - для этого нажать кнопку **«Вывод на принтер»**. Этот способ удобен для оперативного анализа полученных резуль-



татов, хотя выводимая одновременно информация о спектре излучения иногда является избыточной;

- сохранить результаты измерений в таблице (листе) «Спектр__» файла Excel – для этого нажать кнопку "Сохранить", выбрать или ввести имя файла и нажать кнопку «ОК». Этот способ обеспечивает сохранение результатов измерения отклонения частоты, других одновременно измеряемых параметров, а также данных о спектре излучения. Результаты измерений каждого передатчика сохраняются в этом случае в отдельной таблице (листе) «Спектр__», что несколько усложняет формирование долговременных рядов наблюдений и их последующий анализ;

- сохранить результаты измерений в таблице (листе) «Изм__» файла Excel – для этого нажать кнопку "**Запомнить параметры**" (п.6.7 Инструкции пользователя ПО Radio Scope [15]) и подтвердить сохранение нажатием кнопки «ОК». Этот способ позволяет сохранить в одной таблице результаты измерения параметров всех передатчиков, включенных в выполняемое задание «Контроль станций...» (п. 6.2). Это удобно для последующего анализа долговременных рядов измерений частоты.

7.14. Повторить процедуру измерения частоты одной станции 3-5 раз с тем, чтобы оценить стабильность получаемых данных и выбрать из полученных оценок наиболее достоверное значение.

7.15. Если в процессе выполнения задания обнаружено, что измеренное отклонение частоты для данной станции превосходит допустимое значение или близко к нему, то необходимо оперативно выяснить основные причины зафиксированного превышения:

- Отклонение частоты может быть вызвано погрешностями измерений вследствие наличия помех, которые оператор не смог обнаружить в процессе выполнения измерений. Для обнаружения и устранения помех следует воспользоваться рекомендациями раздела 8.

- Если обнаружено, что завышенное значение отклонения частоты не связано с погрешностями измерений или наличием помех, то следует оперативно провести детальные измерения других параметров радиоизлучения – ширины полосы, девиации частоты и т.д. Увеличение отклонения частоты может сопровождаться или быть связано с отклонением этих параметров от нормативных значений.

7.16. Повторить описанные выше процедуры для всех станций задания. По окончании процедуры перебора всех частот закрыть окно задачи "Контроль фиксиро-



ванных частот". Если выбран третий из указанных в п. 7.11 способ сохранения, то в ответ на запрос "Сохранить результаты?", сохранить в файле (имя файла необходимо выбрать) результаты измерений частоты в форме таблицы (листа) Excel "Изм___" с номером, который программа устанавливает автоматически по дате и времени измерения. В итоге описанных действий оператора на диске в заданном каталоге формируется файл в формате Excel, содержащий таблицу (лист) с результатами измерения частоты и других одновременно измеренных параметров каждой станции выполненного задания (см. п. 3.5). Результаты измерения автоматически привязаны к дате и времени. Фрагмент подобного листа представлен в таблице.

Таблица

Частота настройки (МГц)	Измеренная частота (МГц)	Отклонение частоты (Гц)	Уровень сигнала (дБ)	Напряженность поля (дБ(мкВ.м))	Полоса частот (кГц)	Девияция (кГц)	Время измерений
66,3	66,300184	183,7	74,2	78,7	87,89	55,18	14:34:52 30/01/01
66,3	66,300186	185,5	74,3	78,8	86,39	53,17	14:35:32 30/01/01
66,3	66,300181	180,5	74,8	78,9	87,89	51,28	14:35:53 30/01/01
66,3	66,300178	178,7	74,9	78,9	85,83	52,38	14:36:42 30/01/01
66,3	66,300184	183,6	74,2	78,7	87,49	54,13	14:37:32 30/01/01
100,5	100,50015	153,9	88,4	96,5	132,8	81,48	14:38:01 30/01/01

8. Анализ результатов, рекомендации по планированию последующих измерений, оформление результатов контроля

8.1. Результаты измерений отклонения частоты контролируемых радиостанций, сохраненные в таблицах «Спектр___...» или «Изм___...», следует регулярно анализировать для выявления характера их изменений по сравнению с результатами, полученными на этапе ввода передатчика в эксплуатацию (или во время инспекционного контроля). Полученные оценки отклонения частоты следует сравнивать с нормативным значением допустимого отклонения частоты данного передатчика, указанным в ГОСТ Р 50657-94 [3], других стандартах [5-13], ТУ и эксплуатационных документах.

8.2. Одновременно с результатами измерения отклонения частоты на установке ИУ2 «ИРГА» автоматически регистрируются и другие параметры: уровень сигнала,



напряженность поля, девиация частоты, ширина занимаемой полосы частот (ШЗПЧ), загрузка. Эти данные могут быть использованы для контроля условий проведения измерений и корректности получаемых результатов, предварительной оценки соответствия девиации и ШЗПЧ контролируемого излучения нормативным требованиям, планирования сеансов радиоконтроля. Методики радиоконтроля ширины полосы и девиации частоты излучений изложены в отдельных документах [17].

8.3. Обработку и представление результатов измерений отклонения частоты и других параметров из таблиц «Изм ___...» удобно проводить стандартными средствами системы Excel. Такая обработка может включать следующие процедуры:

8.2.1. объединение файлов результатов измерений однотипных станций - создание сводных листов данных за месяц, год и т.д.,

8.2.2. введение в один из столбцов сводного листа функции для расчета отклонения измеренного значения частоты от частоты настройки приемника,

8.2.3. включение функции "Автофильтр" для обеспечения возможности анализа данных по частотам настройки измерительного приемника,

8.2.4. создания диаграмм "отклонение частоты - время", "ширина полосы - время", "уровень сигнала - время" и т.п.

Примечание: Эти процедуры можно автоматизировать путем создания соответствующих макросов. После такой обработки оператору РКП будет обеспечен оперативный доступ к результатам измерений отклонения частоты для каждой контролируемой станции на заданном временном интервале.

8.4. Следует регулярно просматривать записанные таблицы (листы) «Спектр ___...» или "Изм ___..." с целью:

- контроля постоянства условий проведения измерений – постоянства уровня сигнала от даты к дате,
- выявления не обнаруженных ранее грубых погрешностей измерения частоты, например, больших отклонений частоты одной станции для одной из дат,
- выявления инструментальных систематических погрешностей, которые проявляются как одновременное изменение частоты для всех одновременно контролируемых станций,
- обнаружения на фоне погрешностей измерений опасных тенденций изменения частоты, которые могут привести к нарушению соответствующих норм.



8.5. Если обнаружено, что измеренные отклонения частоты превышают нормативные значения или имеют тенденцию к увеличению, то необходимо запланировать проведение детальных процедур радиоконтроля параметров этого передатчика. Для этого увеличивают частоту сеансов контроля передатчика.

8.6. Отклонение частоты может быть следствием погрешностей измерений из-за появления помех, которые своевременно не были обнаружены, в частности, помех, обусловленных многолучевым распространением излучения. Для выявления помех полезно сравнить результаты одновременных измерений отклонения частоты на различных (территориально разнесенных) РКП. Если окажется, что отклонение частоты проявляется только в результатах, полученных на одном РКП, с большой вероятностью можно утверждать, что это отклонение обусловлено влиянием помех, наличием отраженных сигналов или какими-либо другими подобными факторами.

8.7. Для увеличения отношения сигнал/помеха целесообразно:

- повторить измерения частоты с использованием направленной антенны, выбрав ее ориентацию по азимуту исходя из условия ослабления помех,
- использовать мобильный радиоконтрольный пост для измерений параметров радиоизлучения в непосредственной близости от контролируемого передатчика.

8.8. Если достоверно установлено, что отклонение частоты не связано с погрешностями измерений или наличием помех, составляют протокол, в котором формулируют заключение о несоответствии частоты излучения контролируемого РЭС значению частоты, указанному в лицензии. Протокол в установленном порядке доводят до сведения оператора и владельца передатчика. В необходимых случаях планируют проведение внеочередной инспекции передатчика.

Перечень нормативной и справочной документации

1. Регламент радиосвязи. – М.: Радио и связь, том 1, 1990.
2. ГОСТ 23611-79. Совместимость радиоэлектронных средств электромагнитная. Термины и определения. – М.: Издательство стандартов, 1979.
3. ГОСТ 24375-80. Радиосвязь. Термины и определения. – М.: Издательство стандартов, 1980 – 57 с.
4. ГОСТ Р 50657-94. Совместимость радиоэлектронных средств электромагнитная. Устройства радиопередающие всех категорий и назначений народнохозяйствен-



ного применения. Требования к допустимым отклонениям частоты. Методы измерений и контроля.

5. ГОСТ 13924-80. Передатчики радиовещательные стационарные. Основные параметры, технические требования и методы измерений.

6. ГОСТ 12252-86. Радиостанции с угловой модуляцией сухопутной подвижной службы. Типы, основные параметры, технические требования и методы измерений

7. ГОСТ 13420-79. Передатчики для магистральной радиосвязи. Основные параметры, технические требования и методы измерений

8. ГОСТ 22579-86. Радиостанции с однополосной модуляцией сухопутной подвижной службы, Типы, основные параметры, технические требования и методы измерений.

9. ГОСТ 22580-84. Радиостанции с угловой модуляцией морской подвижной службы. Типы, основные параметры, технические требования и методы измерений

10. ГОСТ 26897-86. Радиостанции с однополосной модуляцией морской подвижной службы. Типы, основные параметры, технические требования и методы измерений.

11. ОСТ 45.125-99. Передатчики радиовещательные ОВЧ диапазона, работающие в режиме частотного уплотнения. Параметры, технические требования, методы измерений.

12. Правила технической эксплуатации средств вещательного телевидения (ПТЭ-95). -М.: Радио и связь. 1995.

13. Дополнения и коррекция Правил технической эксплуатации средств вещательного телевидения (ПТЭ-95). - М.: Радио и связь. 1997.

14. Измерительная установка ИУ2. Руководство по эксплуатации. ИПУШ.468166.003. РЭ.

15. Программа «Radio Score». Инструкция пользователя. ИПУШ.468166.003. ИП. ООО «ИРГА», Санкт-Петербург. Редакция 30.11.2000 г.

16. Измерение параметров излучений РЭС на радиоконтрольных постах. Материалы семинара повышения квалификации сотрудников региональных управлений ГСН России. 27.11 – 01.12.00. - Санкт-Петербург.: Проблемная лаборатория по РК и ЭМС. 2000г.



17. Временная методика измерения ширины занимаемой полосы частот радиоизлучений на радиоконтрольных постах. Проблемная лаборатория по радиоконтролю и ЭМС при СПб ГУТ. 2000 г.

Дополнительная

18. Приложение к письму Главгоссвязьнадзора №10095 от 3.10.94. Рекомендации нормативов контроля РЭС и ВЧ устройств.

19. Положение о порядке государственного надзора за использованием радиочастот, радиоэлектронных средств (РЭС) и высокочастотных устройств (ВЧ устройств). Утверждено приказом Начальника Главгоссвязьнадзора России №48 от 03.07.98

20. Справочник по радиоконтролю. Издание МСЭ - Р. 1995 г.

21. ГОСТ Р 8.563-96. ГСИ. Методики выполнения измерений.

22. Радиовещание и электроакустика. Учебное пособие для ВУЗов. Под ред. Ю. А. Ковалгина.- М.: Радио и связь, 1999. – 792 с.



Приложение. Измерение частоты в установке ИУ2

Введение

Измерение частоты радиоизлучения в установке ИУ2 с программным обеспечением «Radio Score» проводится двумя способами:

- «частотомером» - аппаратно-программным способом с использованием платы электронно-счетного частотомера,
- «по спектру» – путем вычисления средневзвешенного положения по частоте «центра» построенного спектра мощности анализируемого излучения.

Включение отображения в окне результатов измерения данных по частоте, получаемых с использованием частотомера, осуществляется специальной кнопкой [F] на панели управления. Одновременно в указанном окне отображается признак работы частотомера - вертикальная черта. Если кнопка [F] выключена, то в окне результатов измерения отображаются данные по частоте, полученные путем измерений «по спектру».

Если уровень сигнала ниже 10 дБ, то даже при включенной кнопке [F] происходит автоматическое переключение отображения данных по частоте, полученных с использованием частотомера, на данные, полученные «по спектру». В этом случае в окне результатов измерения снимается признак данных частотомера – упомянутая выше вертикальная черта.

Результаты измерения отклонения частоты излучения от частоты настройки измерительного приемника отображаются в окне «Анализатор спектра» с разрешением 0,1 Гц. В такой же форме эти данные можно непосредственно вывести на принтер или сохранить в таблице «Спектр». Результаты измерений частоты могут быть также помещены в таблицу «Изм__». Эти данные имеют разрешение 1 Гц для частот ниже 100 МГц и 10 Гц для частот выше 100 МГц.

1. Измерение частоты с использованием платы частотомера

Частота измеряется путем счета импульсов, сформированных из сигнала ПЧ (10700 кГц или 455 кГц) за интервал времени, равный 1 с. Интервал, определяющий время измерения, формируется путем деления частоты 8 МГц сигнала блока опорных частот (БОЧ) (или сигнала опорного генератора самой платы частотомера в установках без БОЧ). Данные, получаемые с платы частотомера, программно обрабатываются с целью устранения грубых погрешностей и усреднения случайных погрешностей, обусловленных модуляцией измеряемого сигнала и наличием шумов

Цикл работы частотомера (интервал дискретизации при измерении частоты) определяется суммой двух интервалов времени

$$T = T_1 + T_2, \text{ где}$$

T_1 – интервал, определяемый временем счета. Этот интервал с очень высокой точностью, определяемой погрешностью опорной частоты БОЧ, равен 1с,

T_2 – интервал, необходимый для считывания показаний счетчика в программный регистр. Этот интервал времени, определяемый минимальной длительностью интервала таймера, имеет, как правило, значение порядка (30...50) мс, но иногда может быть и в несколько раз больше, если процессор «одновременно» выполняет другие операции.

После считывания полученного результата из счетчика частотомер начинает следующий цикл измерений.



Первая операция программной обработки показаний счетчика предусматривает их анализ на предмет обнаружения грубых погрешностей по критерию попадания в некоторый заданный интервал, значение которого зависит от выбора ПЧ. Частота ПЧ и полоса используемого фильтра автоматически изменяется с установкой другой полосы анализатора спектра.

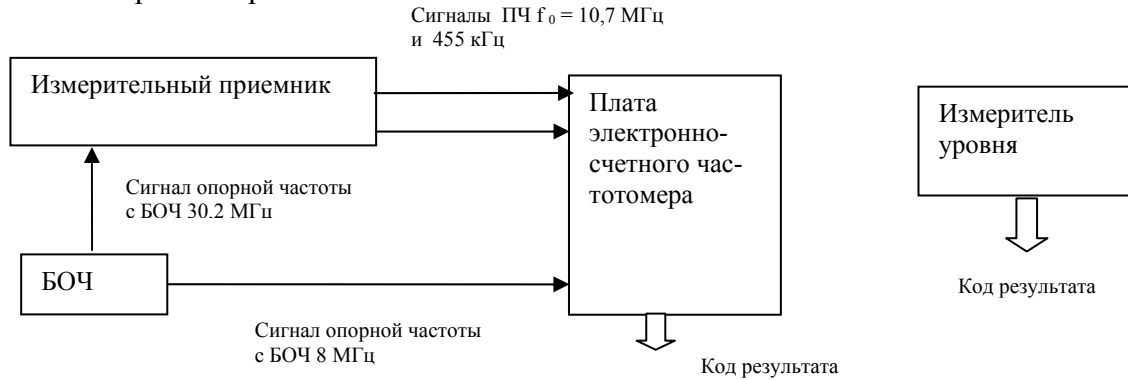


Рис. Структурная схема частотомера ИУ2

Если отклонение частоты $f_{изм}$ от частоты ПЧ превышает заданный порог, то это значение в буфер не записывается и для дальнейшей обработки не используется. Значения порога отбраковки показаний частотомера:

Полоса анализа спектра, кГц	Частота ПЧ (f_0), кГц	Полоса фильтра ПЧ на уровне - 6 дБ, кГц	Режим приемника	Порог отбраковки показаний
280	10700	180 (в блоке управления)	FMW и любой другой	$ f_{изм} - f_0 > 150$ кГц
150				
70				
17	455	12 (в приемнике)	FM, AMW	$ f_{изм} - f_0 > 25$ кГц
8	455	6 (в приемнике)	FMN, AM	$ f_{изм} - f_0 > 25$ кГц
2,4	455	2,2 (в приемнике)	AMN, SSB, CW	$ f_{изм} - f_0 > 25$ кГц
0,5	455	0,5 (в приемнике)	CWN	$ f_{изм} - f_0 > 25$ кГц

Если результат прошел указанную проверку, он записывается с буфер.

После прихода каждого программного запроса на выдачу результата измерения частоты, данные, находящиеся в буфере, подвергаются анализу на наличие грубых погрешностей по упрощенному критерию максимального относительного отклонения. Для вычисления окончательного среднего значения частоты используют только данные, попавшие в интервал 3 СКО. Однако все полученные значения в буфере сохраняются и участвуют в процедуре анализа в следующем цикле.

Результирующее время измерения частоты в секундах, после достижения которого текущее среднее значение частоты будет представлять «скользящее» среднее, зависит от настроек анализатора спектра.

Если кнопки «Накопление спектра» и «Бесконечное накопление» выключены, то «скользящее» среднее значение частоты рассчитывается по количеству данных, численно равному параметру «Минимальное количество накоплений», установленного в настройках анализатора спектра.

Если кнопка «Накопление спектра» включена, то «скользящее» среднее значение частоты рассчитывается по количеству данных, численно равному параметру «Максимальное количество накоплений», установленного в настройках анализатора спектра. Диапазон значений этого параметра, доступный при настройке, находится в пределах от 10 до 30.



Если установлено «Бесконечное накопления», то максимальное количество усредняемых значений показаний частотомера N_0 равно 100. Таким образом, только приблизительно после 105 с ($N_0 (T_1 + T_2)$) текущий результат измерения частоты будет отображаться по скользящему среднему значению из 100 измерений.

Если в процессе измерений переключать кнопки «**Накопление спектра**» и «**Бесконечное накопление**», то программные регистры данных измерений частоты не обнуляются. Просто текущее среднее значение частоты рассчитывается и отображается по другому количеству данных, уже находящихся в памяти.

Для вывода на дисплей рассчитывается отклонение полученного среднего значения от частоты ПЧ. Если текущий уровень сигнала больше 10 дБ, рассчитанное отклонение выводится на дисплей в окне «Анализ спектра» и может быть выведено на принтер и помещено в таблицу «Спектр ___...». Если текущий уровень сигнала меньше 10 дБ, на дисплей и в таблицу «Спектр» выводится отклонение частоты, рассчитанное «по спектру».

Для получения результата измерения частоты радиосигнала происходит программное суммирование рассчитанного отклонения частоты со значением частоты настройки измерительного приемника. Этот результат может быть помещен в таблицу «Изм ___...».

2. Измерение частоты «по спектру»

Способ измерения частоты излучения «по спектру» (кнопка [F] выключена) основан на получении оценки характерной частоты излучения по отсчетам вычисляемого спектра – либо энергетического, либо полученного в режиме наложения (максимального удержания). Процедура оценки характерной частоты состоит в следующем:

- определяется максимум построенного спектра или наибольший из нескольких явно выраженных локальных максимумов, если их количество более двух,
- положение по частоте этого максимума принимается за первоначальную оценку характерной частоты спектра контролируемого излучения,
- если в спектре обнаружены только два локальных максимума, близких по уровню, то за первоначальную оценку характерной частоты спектра контролируемого излучения принимается среднее арифметическое частот, соответствующих этим максимумам,
- по 20 точкам спектра слева и справа от максимума (или от двух локальных максимумов) вычисляется средневзвешенное положение по частоте «центра тяжести» составляющей (составляющих) анализируемого излучения и, соответственно, уточняется значение характерной частоты,
- рассчитывается отклонение характерной частоты от частоты настройки приемника,
- полученное значение выводится в окно анализатора спектра.

По мере накопления и усреднения спектра результаты измерения отклонения характерной частоты анализируемого излучения от частоты настройки приемника соответственно пересчитываются.