

Контроль девиации частоты излучения передатчиков ОВЧ ЧМ звукового вещания

Количество станций ОВЧ ЧМ звукового вещания в России за последние годы выросло в десятки раз. Повышение плотности размещения таких станций предъявляет достаточно жесткие требования к соблюдению нормативных требований на параметры излучения вещательных передатчиков, к выполнению установленных правил по их обслуживанию и эксплуатации. Инспекторский контроль передатчиков (плановый и внеплановый) – это очень трудоемкая процедура и ее невозможно проводить часто. В этом отношении эффективен радиоконтроль, основанный непосредственно на анализе радиоизлучения передатчиков. Данные радиоконтроля позволяют оперативно обнаруживать случаи нарушения правил эксплуатации РЭС и целенаправленно планировать инспекторские проверки технического состояния передатчиков. Радиоконтрольным оборудованием ИУ2 «Ирга» оснащены более 50 региональных радиочастотных центров. Оборудование постоянно модернизируется как в техническом, так и в методическом отношении [1-5]. Одна из новых возможностей этого оборудования – контроль девиации частоты радиоизлучений.

1. Зачем надо контролировать девиацию частоты излучения вещательных передатчиков.

Девиация радиочастоты (девиация частоты) – наибольшее отклонение частоты модулированного радиосигнала при частотной модуляции от значения его несущей частоты [6]). В рек. МСЭ SM.1268 [7] подчеркнута, что контроль девиации частоты для выявления случаев превышения предельно допустимых значений важен с точки зрения обеспечения требуемых защитных отношений, которые используют при планировании

пространственного и частотного разноса передатчиков ОВЧ ЧМ радиовещания. Кривые защитных отношений, приведенные в рек. МСЭ BS. 412-7 [8], рассчитаны, в частности, в предположении, что передающие станции не будут превышать номинальное значение девиации ± 50 кГц или ± 75 кГц (100% модуляция). В противном случае передающие станции будут создавать друг другу взаимные помехи, особенно на границах зон обслуживания.

Отечественные требования по номинальному значению девиации частоты несущей для передатчиков ОВЧ ЧМ звукового вещания и звукового сопровождения телевидения, установлены ГОСТ 13924-80, ГОСТ Р 51107-97, ОСТ 45.125-99, ГОСТ 7845-92, ГОСТ 20532-83 [9-13]. Правила технической эксплуатации средств вещательного телевидения (ПТЭ-95) и Дополнения к ПТЭ-95 [14] определяют эксплуатационные нормы к девиации частоты ЧМ излучения вещательных передатчиков. Для передатчиков, введенных в эксплуатацию после 1991 г. (класс III) эти нормы с допусками на погрешность установки параметра сформулированы в указанных документах следующим образом:

Таблица 1

Диапазон вещания, МГц	65,9...74	100...108
Параметр	Допустимое отклонение	Допустимое отклонение
Девиация несущей, вызываемая монофоническим сигналом, кГц	50 ± 4	75 ± 4
Девиация несущей, вызываемая комплексным стереофоническим сигналом, кГц	50 ± 6	75 ± 6
Девиация несущей, вызываемая поднесущей (пилот-тоном), кГц	10 ± 2	$7,5 \pm 2$

Примечание: Отклонение девиации от номинального значения более чем на 25 кГц по требованиям ПТЭ 95 считается браком.

В соответствии с требованиями ГОСТ 13924-80 и ОСТ 45.125-99 установку номинальных значений девиации несущей, вызываемой комплексным стереофоническим сигналом и суммарным модулирующим сигналом, контролируют при испытаниях передатчиков с использованием измерительного сигнала частотой 400 Гц и уровнем 0 дБ (775 В). В

соответствии с требованиями ПТЭ-95 указанные в таблице 5.1 номинальные значения девиации частоты устанавливаются в процессе эксплуатационных измерений, проводимых один раз в месяц, при подаче на вход передатчика испытательного синусоидального сигнала с частотой 1 кГц (800 Гц) и номинальным уровнем 0,775 В (0 дБ). Предполагается, что при правильной настройке оборудования тракта модуляции передатчика, в частности, ограничителей и компрессоров, такая установка уровня позволяет и в штатном режиме работы (при подаче реального модулирующего сигнала с номинальным уровнем 0 дБ) исключить как появление искажений передаваемого сигнала, так и превышение номинального значения девиации.

Однако в практике эксплуатации передатчиков имеют место случаи:

- неисправности оборудования тракта модуляции передатчика,
- неправильной установки уровня сигнала на входе модулятора передатчика,
- неправильной установки режимов работы ограничителей и компрессоров,
- несоблюдения требований к уровню сигнала, поступающего со студий формирования программ звукового вещания,
- неправильной установки номинальных значений девиации несущей, вызываемой сигналами стереоподнесущей (пилот-тона).

Оперативно обнаруживать такие неисправности оборудования и нарушения правил эксплуатации РЭС позволяет контроль девиации частоты излучения в штатном режиме работы передатчика с использованием радиоконтрольного оборудования ИУ2 «Ирга». Проведение радиоконтроля параметров модуляции излучений РЭС, в частности, девиации частоты, предписано нормативными документами [17,18].

В отечественных нормативных документах пока отсутствуют прямо сформулированные требования к предельным значениям девиации частоты излучения передатчиков непосредственно в штатном режиме работы. Однако во всех рекомендациях МСЭ, регламентирующих требования к вещательным

станциям [8, 9], указано на недопустимость превышения номинальных значений девиации (± 50 кГц или ± 75 кГц) в обычном режиме работы. Следует подчеркнуть, что МСЭ рекомендует проведение радиоконтроля не только максимальных значений отклонения мгновенной частоты (т.е. девиации), но также среднего квадратического значения мгновенной частоты, усредненной на интервале времени 60 с [7]. Такой подход позволяет ограничить случаи использования на передающих станциях недопустимых значений компрессии сигнала для увеличения «громкости» звука на приемной стороне.

В отечественных нормативных документах аналогичные методы радиоконтроля девиации пока не регламентированы. В практике эксплуатации отечественных передатчиков ОВЧ ЧМ звукового вещания контроль выполнения требований по допустимому значению девиации частоты излучения обеспечивают в двух точках тракта формирования модулирующего сигнала:

- путем периодического контроля погрешности установки девиации частоты в оборудовании передатчика по измерительному сигналу,
- путем оперативного контроля квазипикового уровня реального модулирующего сигнала на входе модулятора передатчика. Этот уровень обычно устанавливают в оборудовании студии подготовки программ или на пульте звукорежиссера, т.е. на входе соединительной линии между студией и передатчиком [16].

Однако в ряде стран требования по соблюдению номинальных значений девиации в штатном режиме работы передатчиков записывают в лицензиях, выдаваемых частным радиовещательным станциям. По требованиям Федеральной комиссии связи США станции ЧМ звукового вещания не должны использовать девиацию более 75 кГц (100% модуляция). Станции, которые используют дополнительную передачу информации путем частотного уплотнения, не должны превышать значение девиации 82,5 кГц (110%) [19].

В Англии в соответствии с документом [20] со ссылкой на рек. МСЭ SM.450-1 считается недопустимым превышение порогового значения девиации несущей частоты ± 80 кГц, а номинальное значение ± 75 кГц допустимо превышать в процессе передачи программы вещания не более 5 раз в любом произвольно выбранном интервале длительностью 5 секунд. Однократное превышение указанного номинального значения девиации на интервал времени, превышающий 10 мс в целое число раз, равносильно нескольким нарушениям. Существует четкая процедура предъявления штрафных санкций за нарушение этих требований. В стандартном представлении по назначению штрафа отмечается, что превышение девиации не только мешает соседним вещательным станциям, но и приводит к потенциальной возможности создания помех системам воздушной радионавигации, работающим в правительственной полосе выше 108 МГц. Для обеспечения контроля девиации частоты передатчика в штатном режиме его работы в оборудовании предусмотрено наличие специального разъема, к которому сотрудники контролирующей организации в любое время могут подключить девиометр. Таким образом, можно сделать вывод, что и в нашей стране назрела необходимость разработки технических средств и методики контроля девиации частоты передатчиков ОВЧ ЧМ звукового вещания.

2. Процедура и результаты измерения девиации частоты передатчиков ОВЧ ЧМ звукового вещания на установке ИУ2

Процедура автоматического измерения девиации частоты излучения в установке ИУ2 заключается в следующем:

- С использованием быстродействующего АЦП производится выборка 1024 (или 512 – в зависимости от настройки) цифровых отсчетов контролируемого сигнала с выхода промежуточной частоты измерительного приемника. Частота дискретизации сигнала зависит от выбранной ширины полосы анализа. Для полосы анализа 280 кГц, которую целесообразно использовать при контроле станций звукового вещания, длительность выборки составляет 1 мс. Интервал повторения выборок определяется

минимальной длительностью интервала таймера процессора и имеет порядок (30...50) мс;

- По выборке рассчитывается комплексный спектр сигнала, определяется «мгновенная» частота, запоминаются максимальное и минимальное значения мгновенной частоты;

- Определяется девиация частоты анализируемого сигнала как разность максимального и минимального значений (размах) мгновенной частоты на интервале времени, необходимом для получения заданного числа накоплений спектра. Это число устанавливается при настройке анализатора спектра;

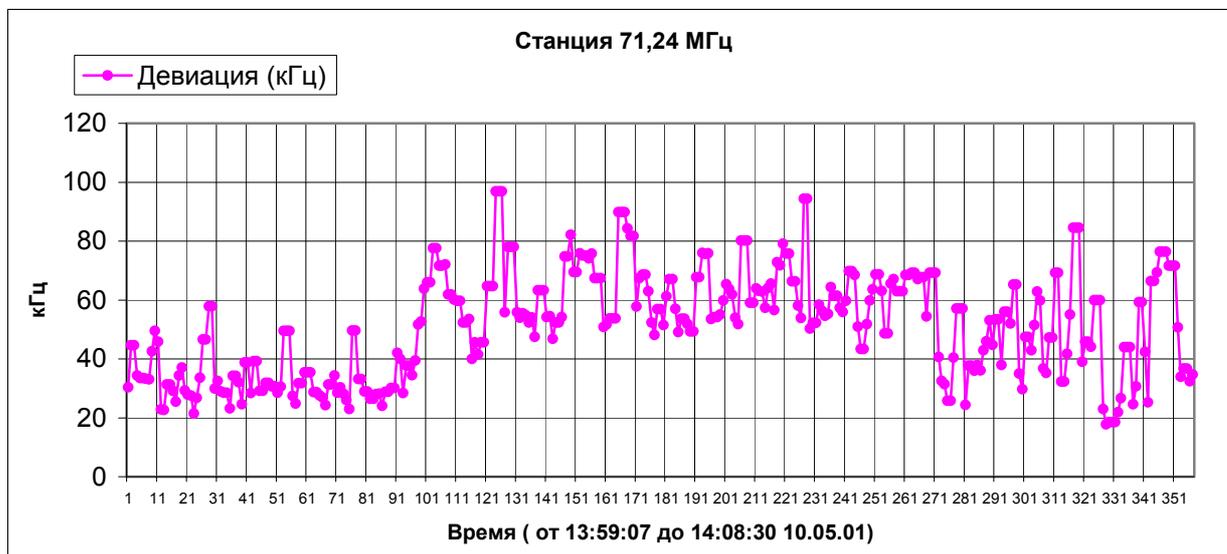
- При нажатой кнопке «Бесконечное накопление» девиация определяется как размах мгновенной частоты на интервале 100 накоплений;

- По достижению заданного числа накоплений девиация отображается как «скользящий» размах мгновенной частоты, рассчитанный по этому числу накоплений.

- Полученное значение девиации выводится в окно «Анализатор спектра» и может быть сохранено обычным образом в файле результатов измерений.

Уже в первых наблюдениях на экспериментальном радиоконтрольном посту Проблемной лаборатории по РК и ЭМС нами были зафиксированы случаи совершенно недопустимых отклонений девиации частоты некоторых вещательных передатчиков, работающих в СПб. В то же время есть станции, которые очень четко выдерживают требования к этому параметру. Важно отметить, что девиация, как правило, очень зависит от характера передачи. Чаще всего большие значения девиации соответствуют передаче современной музыки и рекламной информации. В качестве примера на рис. 1 приведен график девиации одной из вещательных станций при передаче речи (диктор), затем музыки и затем – рекламной информации. Если при передаче речи номинальное значение девиации ± 50 кГц практически не превышает, то при передаче музыки и рекламы это далеко не так. Технические

возможности оборудования «Ирга» позволяют одновременно с контролем девиации и других параметров излучения регистрировать и документировать в фазах звуковые фрагменты передачи. Это позволяет сделать вывод, с каким характером передачи связаны типичные случаи превышения девиации.



Для больших рядов наблюдений более наглядным и удобным является представление данных в виде гистограмм или двумерных диаграмм «девиация – ширина занимаемой полосы частот (ШЗПЧ). Напомним, что ШЗПЧ – ширина полосы частот, в которую попадает 99% мощности контролируемого излучения. На рис. 2-5 приведены такие диаграммы, полученные при радиоконтроле нескольких вещательных станций Санкт-Петербурга. Отдельные точки диаграмм соответствуют результатам измерения мгновенной частоты излучения и ШЗПЧ, усредненных на интервале времени порядка 1с –приблизительно по 30 реализациям спектра излучения.

На рис. 2 представлена диаграмма для станции, на которой, очевидно, установлен ограничитель или компрессор, отрегулированный таким образом, чтобы ограничить случаи превышения номинального значения девиации ± 75 кГц. ШЗПЧ при такой компрессии несколько возрастает, но находится в пределах нормы необходимой ширины полосы частот (НШПЧ) 216 кГц [5].

На передатчиках станций, диаграммы которых приведены на рис. 3 и 4 компрессоры либо отсутствуют, либо они отрегулированы неправильно –

имеют место случаи превышения номинального значения девиации ± 50 или ± 75 кГц. Например, на диаграмме рис. 3 хорошо видно, что станция 67,45 МГц почти в два раза нарушает норму по девиации ± 50 кГц, что приводит, соответственно, к приближению значения ШЗПЧ к нормируемому значению НШПЧ 156 кГц.

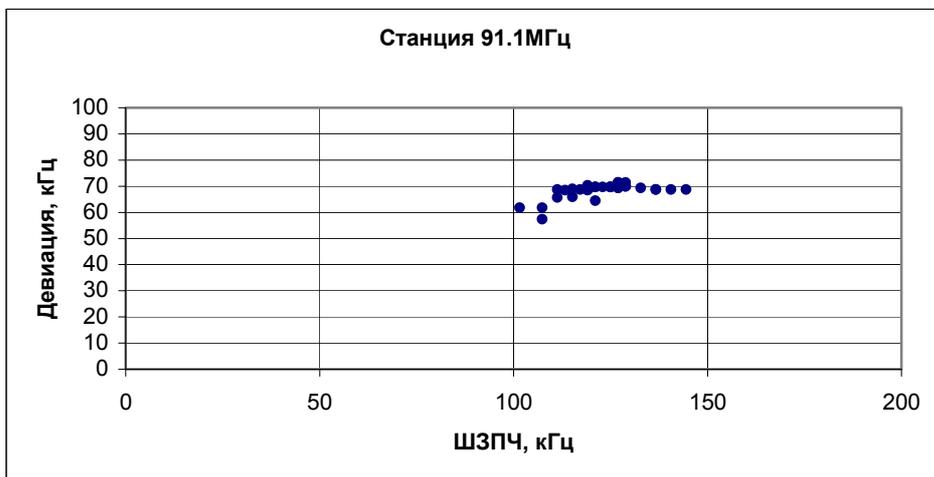


Рис. 2

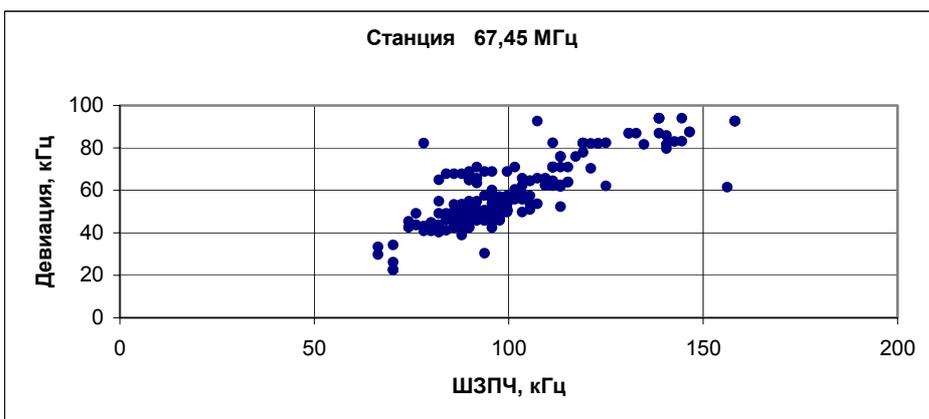


Рис. 3.

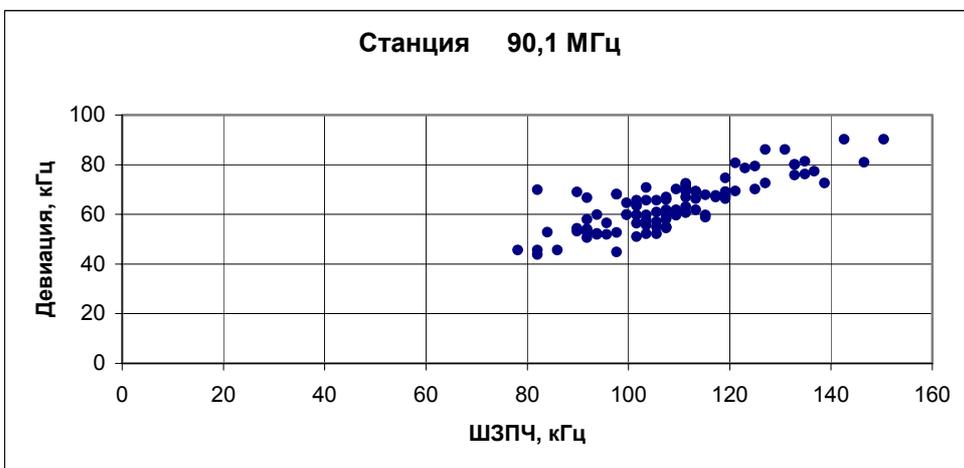


Рис. 4.

Приведенные примеры показывают актуальность и необходимость регулярного контроля девиации частоты излучения вещательных станций. Не секрет, что обслуживающий персонал некоторых передатчиков сейчас достаточно халатно относится к регламентным работам и текущему контролю девиации частоты. Все знают, что у приемников Госсвязьнадзора - региональных радиочастотных центров и Департаментов по надзору за связью пока нет оборудования для оперативного контроля девиации частоты излучений. Но сейчас такое оборудование появилось – это ИУ2 «Ирга». Технические возможности оборудования поддержаны соответствующим методическим обеспечением. Проект временной методики контроля девиации частоты излучения передатчиков станций ОВЧ ЧМ ЗВ [23], разработанный в СПб Проблемной лаборатории по РК и ЭМС, устанавливает методику радиоконтроля девиации частоты радиоизлучений передатчиков ОВЧ ЧМ звукового вещания и передатчиков звукового сопровождения телевидения в штатном режиме работы с целью проверки выполнения нормативных требований по номинальному значению девиации, установленных отечественными нормативными документами [9-14]. Методика предполагает эфирный радиоконтроль следующих параметров:

- девиации несущей частоты суммарным модулирующим сигналом в штатном режиме работы передатчика;
- девиации несущей частоты суммарным модулирующим сигналом при подаче на вход модулятора сигнала «Проба» с частотой 1 кГц (800 Гц) и номинальным уровнем 0 дБ. Контроль девиации в таком режиме можно проводить на этапе ввода передатчика в эксплуатацию, при инспекционных проверках, а также во время подготовки оборудования передатчика к началу работы;
- девиации несущей частоты, вызываемой сигналом стереоподнесущей (или пилот-тона) во время работы вещательной станции в режиме отсутствия модулирующего звукового сигнала. Такой контроль можно проводить в паузах передачи программ (например, в паузах при настройке передатчика; в

кратковременных паузах перед передачей сигналов точного времени и т.п.).

Это оборудование и соответствующая Методика могут быть эффективно использованы операторами радиоконтрольных постов региональных радиочастотных центров и сотрудниками Департамента по надзору за связью и информатизацией.

Перечень нормативной и справочной документации

1. Харченко И.П. Измерительная техника в связи. №4, 2000 г.
2. Измерительная установка ИУ2. Технические условия ИПУШ.468166.003. Санкт-Петербург. 1998 г.
3. Измерительная установка ИУ2. Руководство по эксплуатации. ИПУШ.468166.003.РЭ. Санкт-Петербург. 2000 г.
4. ПО «Radio Score». Инструкция пользователя. ИПУШ.468166.003.ИП. Санкт-Петербург. 2000 г.
5. Измерение параметров излучений РЭС на радиоконтрольных постах. Материалы семинара повышения квалификации сотрудников региональных управлений ГСН России. Проблемная лаборатория по РК и ЭМС. СПб. 2000 г.
6. ГОСТ 24375-80 «Радиосвязь. Термины и определения».
7. Rec. ITU-R SM.1268. Method of measuring the maximum frequency deviation of FM broadcast Emissions at monitoring Station.
8. Рек. МСЭ –Р BS.412-7. Стандарты планирования для ЧМ звукового радиовещания в диапазоне ОВЧ.
9. ГОСТ 13924-80. Передатчики радиовещательные стационарные. Основные параметры, технические требования и методы измерений
10. ГОСТ Р 51107-97. Системы стереофонического радиовещания. Основные параметры. Методы измерений.
11. ОСТ 45.125-99. Передатчики радиовещательные ОВЧ диапазона, работающие в режиме частотного уплотнения. Параметры, технические требования, методы измерений.

12.ГОСТ 7845-92. Система вещательного телевидения. Основные параметры. Методы измерений.

13.ГОСТ 20532-83. Радиопередатчики телевизионные I – V диапазонов. Основные параметры.

14. Правила технической эксплуатации средств вещательного телевидения (ПТЭ-95). Министерство связи РФ. Управление сетей радиосвязи, радиовещания и телевидения. - М.: «Радио и связь». 1995. Дополнения и коррекция Правил технической эксплуатации средств вещательного телевидения (ПТЭ-95). Утверждены 27 августа 1997 г. Государственный комитет РФ по связи и информатизации. Управление радио, телевидения и спутниковой связи. - М.: «Радио и связь». 1997.

15. ГОСТ 23611-79. Совместимость радиоэлектронных средств электромагнитная. Термины и определения. – М.: Издательство стандартов, 1979.

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

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

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

19.FM broadcast Station self-inspection Checklist. Federal Communication Comission (USA). Информация с сайта www.radioinfo.com, 2001 г.

20.Radio Authority Local Analogue License Engineering Code Scope. Regulation, Transmission, Transmitting Equipment. May 1999. Информация с сайта www.radioauthority.org.uk, 2001г.

21. Временная методика радиоконтроля отклонения частоты радиоизлучений. Проблемная лаборатория по РК и ЭМС при СПб ГУТ. СПб. 2001 г.

22. Временная методика радиоконтроля ширины занимаемой полосы частот радиоизлучений. Проблемная лаборатория по РК и ЭМС при СПб ГУТ. СПб. 2001 г.

23. Временная методика радиоконтроля девиации частоты радиоизлучений станций ОВЧ ЧМ вещания и звукового сопровождения ТВ. Проблемная лаборатория по РК и ЭМС при СПб ГУТ. СПб. 2001 г.