

Отличительные признаки сигналов частотной телеграфии

Одним из синонимов слова *идентификация* является *распознавание*. Поэтому говоря об идентификации источников радиоизлучения (ИРИ), следует руководствоваться общими принципами распознавания образов. Так, в фундаментальном труде «Принципы распознавания образов» [1], сказано, что «задачу распознавания образов можно рассматривать как задачу установления различий между исходными данными, причем не посредством отождествления с отдельными образами, но с их совокупностями». Следовательно, для достоверной идентификации ИРИ необходимо установление различий в совокупности параметров, которыми может обладать данный ИРИ. Таких параметров множество [2, стр.10], в том числе частотно-временные параметры сигнала. И если частотные параметры сигналов частотной телеграфии характеризуют радиопередающее устройство, излучающее радиочастотный сигнал, то временные параметры этих сигналов характеризуют телеграфный аппарат, подключённый к радиопередающему устройству и формирующий сообщение. Рассмотрим вопросы идентификации ИРИ по особенностям временных параметров сигналов частотной телеграфии, установив предварительно возможные отличия этих параметров. С этой целью рассмотрим ГОСТ 15607-84 [3].

Из ГОСТа следует, что у телеграфных аппаратов допустимое отклонение скорости телеграфирования от номинального значения находится в пределах $\pm (0,1 - 0,5) \%$, а допустимый уровень общих стартстопных искажений составляет $\pm (2 - 7) \%$. Поэтому источники сигналов телеграфии – телеграфные аппараты – могут отличаться друг от друга по этим параметрам, имея в допустимых пределах любые значения отклонений скорости телеграфирования от номинального значения и любую величину общего стартстопного искажения. Следовательно, измерив с необходимой точностью эти параметры в процессе радиомониторинга, возможно получить данные для идентификации ИРИ. В данной статье рассматриваются вопросы измерения скорости телеграфирования; особенности измерения искажений телеграфных посылок предполагается рассмотреть в отдельной статье.

Измерение отклонений скорости телеграфирования

При испытаниях телеграфных аппаратов в заводских условиях измерение этого параметра регламентировано ГОСТ 21137-81[4].

Однако при измерениях в процессе радиомониторинга рекомендуемая ГОСТом

аппаратура и методика измерений не подходят из-за сопутствующего сигналу флуктуационных помех. В данной статье описывается способ измерения, который позволит проводить такие измерения с высокой точностью и высоким быстродействием в присутствии флуктуационных помех. Согласно этому способу формируются последовательности импульсов А, В, С и D. (рис. 1).

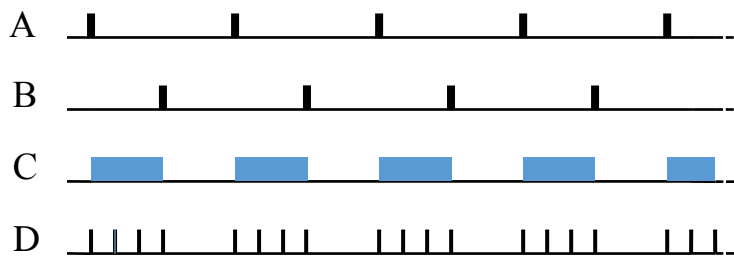


Рис.1 Импульсные последовательности

Последовательность А – последовательность импульсов, сформированных из сигнала местного эталонного генератора, следующих с периодом $T_{стсном}$, где $T_{стсном}$ – номинальный период повторения принятых старт-стопных комбинаций.

Последовательность В – это последовательность импульсов, совпадающих с началом стартовой посылки каждой принятой старт-стопной комбинации. Импульсы следуют с периодом $T_{стс}$, где $T_{стс}$ – период повторения принятой старт-стопной комбинации.

Этими импульсами формируются временные интервалы С, заполняемые счётными импульсами D. Число импульсов подсчитывается и математическая обработка, которой они подвергаются, позволяет с высокой точностью получить результат измерения отклонения скорости телеграфирования от номинального значения.

Рассмотрим способ измерения более подробно.

Представим, что мы наблюдаем процедуру измерения на экране ЭЛТ (см. рис.2) и цикл измерения состоит из двух частей. Электронный луч разворачивается вертикально с периодом $T_{стсном}$, при этом начало каждой строки развёртки совпадает с каждым импульсом последовательности А. Импульсы последовательности В подсвечивают изображение, создавая яркостную линию. Если скорость телеграфирования принятого сигнала совпадает с номинальной скоростью телеграфирования, линия будет расположена строго горизонтально. Если не совпадает – линия

будет наклонена вниз или вверх в зависимости от знака отклонения скорости телеграфирования δ . Если, например, знак отрицательный, то $T_{стс} > T_{стсном}$ и линия

будет отклонена вверх, как на рис. 2. Если линия отклонена вверх, то это означает, что каждый последующий интервал C больше предыдущего на величину $\delta T_{\text{стсном}}$. Т.о. мы имеем дело с арифметической прогрессией, где разность прогрессии $d = \delta T_{\text{стсном}}$.

Первый член такой прогрессии $\alpha_{11} = T_1$, где T_1 значение длительности интервала C при $n = 1$, n -ый член - последний интервал C в первой половине цикла – (рис.2), $\alpha_{n1} = T_1 + \delta T_{\text{стсном}}(n-1)$. Поэтому сумма длительностей всех интервалов C первой половины цикла.

$$S_1 = [T_1 + (\delta T_{\text{стсном}}(n-1))/2] * n, \text{ а среднее значение}$$

$$M_1 = S_1/n = T_1 + (\delta T_{\text{стсном}}(n-1))/2.$$

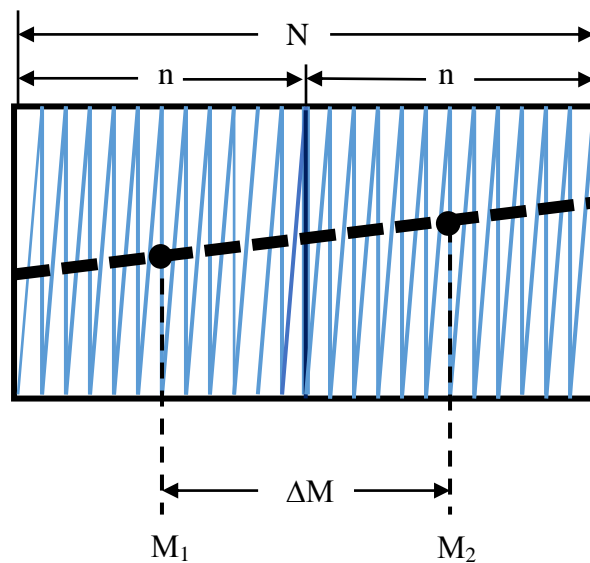


Рис.2 Цикл измерения 1

Для второй половины цикла первый член прогрессии $\alpha_{12} = T_1 + \delta T_{\text{стсном}} * n$, а последний член, при $n = 2n$, $\alpha_{n2} = T_1 + \delta T_{\text{стсном}}(2n-1)$.

Сумма длительностей всех интервалов C второй половины цикла

$$S_2 = [T_1 + (\delta T_{\text{стсном}}(3n-1))/2] * n,$$

а среднее значение

$$M_2 = S_2/n = T_1 + (\delta T_{\text{стсном}}(3n-1))/2.$$

Разность средних значений $\Delta M = M_2 - M_1 = (\delta T_{\text{стсном}}) * n$.

Следовательно, разделив ΔM на $(T_{\text{стсном}}) * n$, мы определим значение δ – величину отклонения скорости телеграфирования от номинального значения, при этом знак δ противоположен знаку ΔM .

Погрешности способа измерений

Погрешность от флуктуационных помех

Пусть среднеквадратичное значение флуктуаций принятого сигнала равно σ_c .

Тогда погрешность среднего значения M_1 $\sigma_{M1} = \frac{\sigma_c}{\sqrt{n}}$, погрешность среднего значения M_2

$$\sigma_{M2} = \frac{\sigma_c}{\sqrt{n}}.$$

Так как M_1 и M_2 некоррелированные случайные величины, то согласно теореме

сложения дисперсий [5] погрешность ΔM $\sigma_{\Delta M} = \sqrt{2} \frac{\sigma_c}{\sqrt{n}}$.

Определяя величину δ , мы делим ΔM на $(T_{\text{тсном}}) * n$. Следовательно, для цикла измерений по рис.2

$$\sigma_{\delta} = \frac{\sigma_c \sqrt{2}}{T_{\text{тсном}} * n \sqrt{n}} \quad (1)$$

Получим формулу для погрешности от флуктуационных помех для другого варианта цикла, согласно рис.3. Этот цикл состоит из трёх частей.

В первой части производится определение M_1 , затем следует вторая часть, в которой измерения не производятся, но все последовательности импульсов А, В и С продолжают формироваться. В третьей части измерения продолжают и определяется M_2 . Формулы для погрешностей σ_{M1} , σ_{M2} , $\sigma_{\Delta M}$ в этом случае остаются теми же, а формула (1) изменится на

$$\sigma_{\delta} = \frac{\sigma_c \sqrt{2}}{T_{\text{тсном}}(N-n)\sqrt{n}} \quad (2),$$

где $(N-n)$ - расстояние между координатами значений M_1 и M_2 .

Эта функция имеет минимум при

$$n = \frac{N}{3} \quad (3).$$

Следовательно, изменив структуру цикла как показано на рис.3, можно обеспечить минимизацию погрешности и соответствующее повышение быстродействия.

Оценим возможности способа, произведя расчёты по формулам (1) и (2). Преобразуем формулу (1) и определим необходимое количество отсчётов $n(N)$ при следующих исходных данных:

- среднеквадратичная погрешность измерений σ_{δ} не должна превышать 0,01% ;
- $\sigma_c = 0,16$ Тэл (соответствует среднеквадратичному значению максимально-возможного (48%) искажения длительности элементарной посылки $T_{\text{эл}}$, при котором приём ещё возможен).

Преобразуя (1), получим

$$n\sqrt{n} = \frac{\sigma_c\sqrt{2}}{\sigma_\delta T_{\text{стсном}}} = \frac{0,16 T_{\text{эл}}\sqrt{2}}{\sigma_\delta T_{\text{стсном}}}$$

Согласно ГОСТ 15607-84 [3] длительность стоповой посылки равна 1,5 элементарной посылки. Поэтому $\frac{T_{\text{эл}}}{T_{\text{стсном}}} = 1/7,5$ и с учётом этого

$$n\sqrt{n} = \frac{0,16\sqrt{2}}{7,5 \sigma_\delta}$$

После подстановки численных значений ($\sigma_\delta = 0,0001$) получим, что $n = 45$ ($N = 90$). При скорости телеграфирования, например, 50Бод, $T_{\text{стсном}} = 150\text{мс}$. Поэтому время измерений составит $0,15 \cdot 90 = 13,5\text{с}$.

Произведём аналогичный расчёт для цикла по рис.3.

Преобразуя (2) и учитывая (3), получим

$$2n\sqrt{n} = \frac{0,16\sqrt{2}}{7,5 \sigma_\delta}.$$

После подстановки тех же численных значений, получим, что $n = 28$ ($N = 84$). Время измерений в этом случае составит $0,15 \cdot 84 = 12,6\text{с}$.

Таким образом, измерение, при котором цикл соответствует рис.3, даёт некоторый выигрыш в быстродействии.

Погрешность квантования

Среднеквадратичное значение погрешности дискретности (квантования) априорно неизвестного временного интервала согласно [6]

$$\sigma_{\text{кв}} = \frac{t_0}{\sqrt{6}},$$

где t_0 – период повторения квантующих импульсов. Погрешность тем меньше, чем меньше t_0 и соответственно, чем выше частота импульсов, заполняющих интервал S (рис.1). Так как погрешности от флуктуационных помех и погрешности квантования не коррелированы, то они суммируются алгебраически (7)

$$\sigma_\Sigma = \sqrt{\sigma_\delta^2 + \sigma_{\text{кв}}^2}.$$

Погрешность квантования практически не будет влиять на суммарную погрешность, если $\sigma_{\text{кв}} \ll \sigma_\delta$. Поэтому для цикла согласно рис.3 рассчитаем частоту импульсов заполнения при $\sigma_{\text{кв}} = 0,01\sigma_\delta$, что составляет 0,0001% (0,000001).

Погрешность квантования каждого временного интервала S

$$\sigma_{KB_i} = \frac{t_0}{\sqrt{6}} .$$

Следовательно, погрешность квантования среднего значения M_1 $\sigma_{KB_{M_1}} = \frac{t_0}{\sqrt{6n}}$.

Аналогично погрешность квантования среднего значения M_2 $\sigma_{KB_{M_2}} = \frac{t_0}{\sqrt{6n}}$

и погрешность ΔM $\sigma_{KB_{\Delta M}} = \sqrt{2} \frac{t_0}{\sqrt{6n}}$.

Так как при расчёте δ цикла согласно рис.3 мы делим ΔM на $T_{стсном}(N - n)$, то погрешность результата от квантования

$$\sigma_{KB_{рез}} = \sqrt{2} \frac{t_0}{\sqrt{6n}} * \frac{1}{T_{стсном}(N-n)} .$$

Следовательно,

$$t_0 = \sigma_{KB_{рез}} \sqrt{3n} T_{стсном}(N - n).$$

Подставив численные значения, получим $t_0 = 0,000001 * \sqrt{84} * 150 * 10^{-3} * 2 * 28 \approx 0,76 * 10^{-4}$ с. Таким образом, погрешность результата от квантования $\sigma_{KB_{рез}} \leq 0,0001\%$

обеспечивается при частоте импульсов заполнения ≥ 13 кГц.

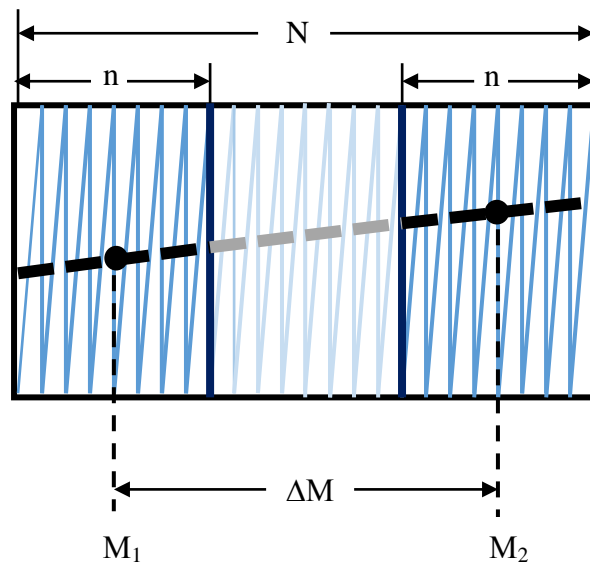


Рис.3 Цикл измерения 2

Ответим на некоторые вопросы, которые могут возникнуть.

1.Учитывая, что заранее неизвестен знак отклонения скорости телеграфирования, перед началом измерения начальный импульс последовательности В необходимо разместить примерно посредине между импульсами последовательности А. Каким образом это можно сделать? Наблюдая на экране ЭЛТ (рис.2 или рис.3) яркостные отметки от

импульсов последовательности В, незначительно изменяем частоту местного эталонного генератора, формирующего импульсы последовательности А, за счёт этого импульсы последовательности В начнут перемещаться по экрану ЭЛТ вертикально, вверх или вниз. Когда они окажутся примерно посередине экрана, вновь устанавливаем на эталонном генераторе частоту, при которой импульсы последовательности А будут следовать с периодом $T_{стном}$ и начинаем процесс измерений.

2. Если отклонение скорости телеграфирования значительно, импульсы последовательности В в конце измерения могут выйти за пределы интервала $T_{стном}$ и результат измерения окажется ошибочным. Чтобы этого не произошло, необходимо поступить следующим образом:

- измерения производим циклами согласно рис.3;
- внутри первой части каждого цикла формируем подциклы согласно рис.2 и определяем знак отклонения скорости телеграфирования.

Затем во время второй части цикла (см. рис.3) скачкообразно перемещаем до совпадения с ближайшим импульсом последовательности А импульсы последовательности В. Перемещаем вверх – если знак отклонения положительный, или вниз, если знак отрицательный. И при расчёте значения δ учитываем величину скачка.

3. Если номинальная скорость телеграфирования, относительно которой определяется отклонение, неизвестна, то её можно определить по методике, приведенной в статье «Перехват телеграфных сообщений» [8].

Выводы

Одним из параметров источников радиоизлучений (ИРИ) сигналов частотной телеграфии, которые могут использоваться для идентификации ИРИ, являются величина и знак отклонений скорости телеграфирования от номинального значения. Способ измерения этих параметров, описываемый в статье, даёт возможность производить такие измерения с высокой точностью и быстродействием. Приведены формулы, которые позволяют выполнять необходимые расчёты с учётом требуемой точности измерений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ту Дж., Гонсалес Р. Принципы распознавания образов / Пер. с англ. Гуревич И.Б. - М.: Мир, 1978.

2. Киселёв Д.Н. Радиомониторинг и распознавание радиоизлучений. – М.: Горячая линия – Телеком 2015. – 90с.
3. ГОСТ 15607-84 Аппараты телеграфные буквопечатающие стартстопные пятиэлементного кода. Основные параметры и общие технические требования.
4. ГОСТ 21137-81 Аппараты телеграфные буквопечатающие стартстопные пятиэлементного кода. Методы измерения электрических параметров.
5. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. – М.: Высшая школа, 1999.
6. Алёшечкин А.М., Кокорин В.И. Методы измерения частотно–временных параметров сигналов. – Красноярск: Изд-во КГТУ, 2001.
7. Маркин Основы теории обработки результатов измерений. – М.: Издательство стандартов, 1991.
8. Тёмкин Н.К. Перехват телеграфных сообщений. –
URL: <http://www.elsv.ru/perehvat-telegrafnyh-soobshhenij-2> (дата обращения 20.10.2016).