

УДК 62.505

О.А. САУЛА, Н.М. МАХАНЬКО, В.В. ВАРИЧ

*Полтавский военный институт связи, Украина***ИЗМЕРЕНИЕ ШУМОВ В КАНАЛАХ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ ТОНАЛЬНОЙ ЧАСТОТЫ С ПОМОЩЬЮ АКТИВНОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ**

Для оптимизации процесса проектирования и синтеза систем электросвязи предлагается способ измерения шумов в канале электросвязи тональной частоты, который позволяет учитывать при измерениях шумы, образованные в следствии нелинейности амплитудных характеристик оборудования самого канала.

канал электросвязи тональной частоты, шумы, продукты нелинейности амплитудных характеристик, идентификация

Введение

Неполная информация о функционировании канала электросвязи – одна из острейших проблем при создании оптимальных по точности передачи информации систем электросвязи. Необходимость описания динамики функционирования канала электросвязи по мгновенным динамическим характеристикам (передаточная функция и шумы в канале) возникает потому, что при работе в реальных эксплуатационных условиях, канал, как динамический объект, в соответствии с конструкцией и условиями работы выбирает некоторую траекторию, из множества возможных [1]. Вид и параметры его математической модели на этапе проектирования и синтеза, должны определяться или уточняться в условиях функционирования, приближенных к реальным, в результате решения задач идентификации [2]. Построенные таким образом модели позволят создавать оптимальные гарантирующие системы передачи информации.

Главный источник искажений, передаваемого сигнала в канале электросвязи, – шумы, как на этапе проектирования и синтеза, так и в эксплуатационных условиях измеряются только в виде собственных интегральных аппаратурных шумов канала (для аналоговых систем электросвязи), или в виде шумов квантования (для цифровых систем электросвязи) [3 – 5]. При этом, не учитывается динамика

функционирования канала (в аналоговых системах при измерении шумов, сигнал на входе канала отсутствует [3, 5], а в цифровых системах, при измерении шумов квантования, на вход канала подается шумовой сигнал в полосе частот всего в 100 Гц [4]) – из-за громоздкости измерений, не учитывается влияние продуктов нелинейности каналов, которые наиболее полно проявляются при передаче сигнала во всей полосе эффективно передаваемых частот канала, и будучи связанными с передаваемым сигналом посредством детерминированной функциональной зависимости, проявляются также в виде шумов [3]. В свою очередь, неполные сведения о "шумовых" свойствах канала влекут за собой осложнения на этапе проектирования и синтеза систем электросвязи. Поэтому актуальной научной задачей является разработка способов измерения шумов в канале, которые бы учитывали динамику функционирования канала электросвязи.

Цель данной статьи: описание способа измерения шумов канала электросвязи тональной частоты в реальных эксплуатационных условиях с помощью активной идентификации, который позволяет учитывать, как собственные интегральные аппаратурные шумы канала (для аналоговых систем электросвязи), шумы квантования (для цифровых систем электросвязи), так и шумы, образованные вследствие нелинейности амплитудных характеристик

оборудования самого канала проявляющихся только в динамике функционирования, что позволит составлять более полную картину о "шумовых" свойствах канала, и в свою очередь оптимизировать процессы проектирования и синтеза объектов такого класса.

Изложение основного материала

Измерения шумов в канале электросвязи тональной частоты предлагается проводить оценкой их спектральной плотности на этапе определения параметров математической модели канала, по результатам идентифицирующего эксперимента.

На сегодня известно много методов идентификации динамических моделей систем [6]. Их главным недостатком есть чувствительность результата идентифицирующего эксперимента к погрешностям аппаратуры регистрации.

Учитывая эту проблему, предлагается применение спектрального метода структурной идентификации, обоснованного в [7].

Этот метод малочувствительный к собственным шумам аппаратуры регистрации и разрешает с минимальной дисперсией погрешности в результате обработки данных наблюдений за входом и выходом объекта оценить его передаточную функцию и его собственные шумы.

В соответствии с выбранным методом идентификации, оценку спектральной плотности шумов в канале электросвязи тональной частоты предлагается проводить на основе методики идентификации динамических характеристик канала передачи информации (по результатам наблюдения за сигналами на входе и выходе объекта) [8], по следующему алгоритму:

1. Анализ технических характеристик канала и эксплуатационных условий его функционирования.
2. Выбор аппаратуры регистрации и определение структурной схемы установки идентифицирующего эксперимента.
3. Монтаж и настройка системы регистрации данных.

4. Регистрация сигналов на входе и выходе канала.

5. Первичная обработка полученных данных.

6. Оценка спектральной плотности шумов в канале.

Для экспериментальной оценки спектральной плотности шумов, в качестве объекта исследования, был избран канал электросвязи тональной частоты, образованный с помощью аппаратуры уплотнения П-330-6, в котором измерения шумов и нормы на шумы приводятся только для случая, когда на входе канала отсутствует полезный сигнал.

Анализ технических характеристик этого канала и эксплуатационных условий его функционирования, определил, что для учета продуктов нелинейности при оценке собственных шумов канала (для приближения условий эксперимента к реальным эксплуатационным), необходимо применить генератор шума П-219В (генератор "белого" шума в полосе от 0,05 до 5 кГц), а в качестве нагрузки канала использовать активное сопротивление номиналом в 600 Ом.

Схема подключения аппаратуры регистрации сигналов к каналу, в качестве которой использовался модуль цифровой обработки сигналов (МЦОС) ADC100AS2 фирмы "Пульсар-ЛТД" (г. Днепропетровск, Украина) [9] в составе персональной электронно-вычислительной машины (ПЭВМ), приведена на рис. 1.

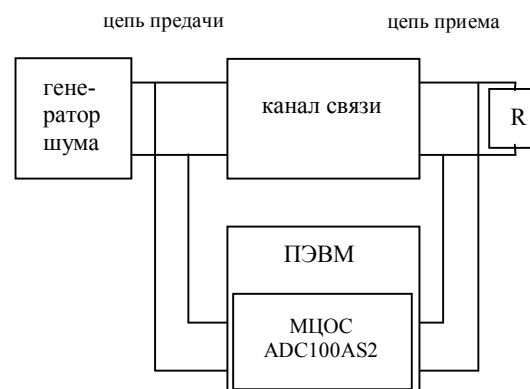


Рис. 1. Схема подключения аппаратуры регистрации сигналов к каналу

Регистрация сигналов на входе и выходе канала проводилась МЦОС в составе ПЭВМ, с помощью пакета программ MATLAB.

Первичная обработка полученных данных заключалась в оценке спектральной плотности входного S_{yy} и выходного S_{xx} сигналов и их взаимной спектральной плотности S_{yx} с помощью алгоритма Блэкмена-Тьюки [10], через оценку авто- и взаимных корреляционных функций, и проводилась с помощью отдельной программы пакета MATLAB:

$$S_{uu}(s) = \frac{2,59e4 \cdot \sigma_u^2 |s + 2,15e4|^2}{\pi |s^2 + 3,82e4s + 8,913e8|^2}; \quad (1)$$

$$S_{xx}(s) = \frac{1,5e4 \cdot \sigma_x^2 |(s + 1,48e4)(s + 645,8)|^2}{\pi |(s + 2369)(s^2 + 2e4s + 4,54e8)|^2}; \quad (2)$$

$$S_{ux}(s) = \frac{1912 \cdot \sigma_u \cdot \sigma_x (s + 1,5e4)(-s + 1,26e4)}{\pi |s^2 + 9e3s + 1,8e8|^2 (s^2 + 3438s + 2,98e8)} \times (s^2 + 5594s + 2,9e8), \quad (3)$$

где $\sigma_u = 0,0537$ В – среднеквадратическое отклонение сигнала на входе канала; $\sigma_x = 0,313$ В – среднеквадратическое отклонение сигнала на выходе канала.

Основу для оценки спектральной плотности собственных шумов составил алгоритм [7], в соответствии с которым, при определении оптимальной матрицы оценок:

$$\Phi = [W_k, S_{ee+}] = R_0^{-1} (T_0 + T_+) D^{-1}, \quad (4)$$

где R_0 – результат факторизации весового коэффициента R (для канала связи $R_0 = 1$); D – результат факторизации блочной матрицы S_{yy} , такой, что

$$D \cdot D^* = S_{yy} = \begin{bmatrix} S_{xx} & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}; \quad (5)$$

$T_0 + T_+$ – устойчивая часть результата сепарации блочной дробно-рациональной матрицы

$$T = T_0 + T_+ + T_- = R_0 S_{yx} D_*^{-1}; \quad (6)$$

“*” – знак Эрмитового сопряжения матриц [11];

S_{yx} – матрица взаимных спектральных плотностей:

$$S_{yx} = (S_{xy}, S_{\Delta x}); \quad (7)$$

$S_{\Delta x}$ – результат факторизации уравнения связи

$$S_{x\Delta} \cdot S_{\Delta\Delta} \cdot S_{\Delta x} = S_{xx} - S_{xy} \cdot S_{yy}^{-1} \cdot S_{yx}, \quad (8)$$

находятся оценки передаточной функции канала $W_k(s)$ и искомой спектральной плотности собственных шумов канала $S_{ee}(s)$.

В результате подстановки найденных спектральных плотностей (1) – (3) в алгоритм (5) – (8), была определена оценка спектральной плотности собственного интегрального шума канала

$$S_{ee}(s) = \left| \frac{30,38(s + 1,48e4)(s + 1429)}{(s + 2369)(s^2 + 9000s + 1,8e8)} \times \frac{(s^2 + 1,3e4s + 1,49e8)}{(s^2 + 2e4s + 4,54e8)} \right|^2, \quad (8)$$

график которой представлен на рис. 2.

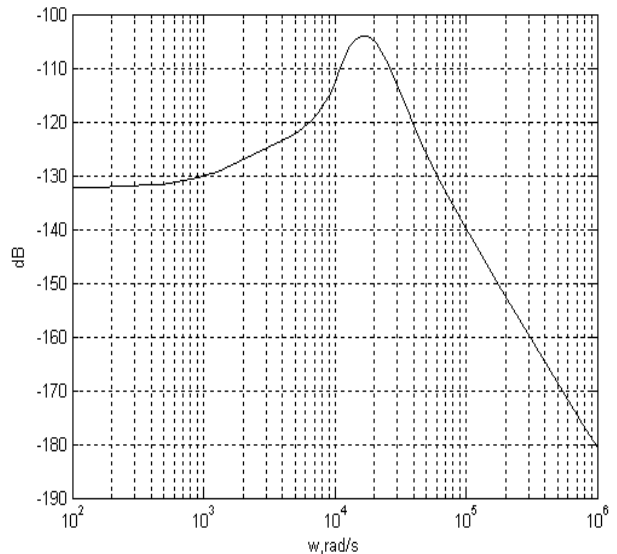


Рис. 2. Спектральная плотность шумов канала

Анализируя график распределения мощности шумов канала, необходимо отметить следующее:

1. Шумы канала, когда по нему передаются сигналы во всей его рабочей полосе частот, имеют явно "окрашенный" характер, в отличие от предположения, что в канале действует "белый" гауссовский шум.

2. Мощность спектральных составляющих шума, определенная в результате эксперимента,

совпадает с мощностью спектральных составляющих, определяемых расчетным и экспериментальным путем в полосе 1 Гц.

Выводы

Таким образом, результаты эксперимента подтверждают аналитические расчеты и предположения об "окрашенности" шумов в канале, которые невозможно подтвердить при существующих подходах к измерению шумов каналов электросвязи тональной частоты ("окраску" шумы приобретают в результате суммирования с продуктами нелинейности и неидеальности фильтрового оборудования канала).

Предлагаемый способ измерения шумов в каналах электросвязи тональной частоты позволяет:

- определить спектральную мощность шумов, которые действуют в канале в реальных эксплуатационных условиях;

- по энергетическим "згусткам" спектральной мощности шумов, определить какое оборудование канала по "шумовым" свойствам подлежит оптимизации;

- учитывая способность МЦОС ADC100AS2 обрабатывать сигналы частотой до 100 МГц – исследовать динамику функционирования групповых и линейных трактов многоканальных систем электросвязи;

- оптимизировать процесс инструментальной проверки каналов, так как в процессе измерения шумов предложенным способом уже учитывается влияние продуктов нелинейности оборудования канала и отпадает необходимость определения коэффициента нелинейности канала.

Указанный выше способ измерения шумов канала электросвязи, закладывает предпосылки для решения целого ряда научных задач:

- создания новых методов синтеза систем передачи информации;

- оптимизации синтеза объектов такого класса за счет определения спектральной плотности

помех, которые влияют на эти объекты в реальных эксплуатационных условиях, вместо предположения того, что эти помехи есть "белым" гауссовским шумом;

- сравнительного анализа каналов электросвязи;
- оптимизации качества каналов электросвязи.

Литература

1. Фельдбаум А.А. Основы теории оптимальных автоматических систем. – М.: Наука, ФМ, 1966. – 623 с.
2. Блохін Л.М., Буриченко М.Ю. Статистична динаміка систем управління. – К.: НАУ, 2003. – 208 с.
3. Кириллов В.И. Многоканальные системы передачи. – М.: Новое знание, 2002. – 751 с.
4. Колинко Т.А. Измерения в цифровых системах связи. – К.: НТИ, 2002. – 320 с.
5. Панфілов І.П., Дирда В.Ю. Теорія електричного зв'язку. – К.: Техніка, 1998. – 328 с.
6. Киричков В.Н. Идентификация объектов систем управления технологическими процессами / Под ред. А.А. Краснопрошиной. – К.: Наук. думка, 1987. – 263 с.
7. Блохин Л.Н. Оптимальные системы стабилизации. – К.: Техника, 1982. – 144 с.
8. Осадчий С.І., Саула О.А. Ідентифікація динаміки радіорелейного каналу передачі даних // Збірник наукових праць. – К.: НАУ. – 2004. – № 11.
9. Сайт фирмы "Пульсар-ЛТД". – [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://www.pulsar.org.ua>.
10. Отнес Р., Эноксон Л. Прикладной анализ временных рядов. – М.: Мир, 1982. – 428 с.
11. Гантмахер Ф.Р. Теория матриц. – М.: Наука, 1988. – 552 с.

Поступила в редакцию 20.02.2006

Рецензент: канд. техн. наук, доцент Ю.В. Глуховец, Полтавский военный институт связи, Полтава.