

Ю.И. Рева (5 курс, каф. РТТК), А.К. Шашкин, к.т.н., доц.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ШКАЛ СИНХРОНИЗАЦИИ ПОСРЕДСТВОМ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НЕСТАБИЛЬНОСТЕЙ ЭТИХ ШКАЛ

Синхронизация - процедура приведения нескольких процессов к такому их протеканию, когда соответствующие элементы процессов изменяются с постоянным или заданным сдвигом во времени.

Носителем информации о синхронизации является шкала синхронизации - непрерывная последовательность интервалов времени определенной длительности, отсчитываемая от начального момента.

Комплекс технических средств формирования, поддержания и передачи шкал времени называется системой синхронизации.

Повышение стабильности шкал синхронизации - одна из важных задач радиотехники, параметры шкал определяют предельно достижимые характеристики систем связи. Совершенство систем связи зависит от степени стабильности сигналов синхронизации, вырабатываемых аппаратурой формирования и обработки носителей сообщений. Требования к точности синхронизации увеличиваются по мере совершенствования систем и сетей связи.

Существует несколько путей повышения эффективности систем синхронизации, один из них состоит в изучении процесса нестабильности (ухода) шкалы синхронизации по отношению к базовой (эталонной) и в последующем прогнозировании этой нестабильности. Такой подход к улучшению характеристик хранителя шкалы синхронизации (времени) экономически оправдан и относительно прост в реализации. При этом необходимы создание математических моделей процессов нестабильности и оценка параметров этих моделей для конкретных видов формирователей шкал синхронизации.

В работе приводятся результаты измерения нестабильности, и на основе результатов этих измерений осуществляется прогнозирование ухода шкал синхронизации на определенное, последующее за интервалом измерения, время формирования шкалы синхронизации.

В этом случае формирования шкалы синхронизации осуществляется в следующей последовательности:

1. Оценка расхождения шкалы синхронизации по отношению к опорной (эталонной) шкале, полученной с помощью внешнего источника, в течение интервала времени $0 \dots T$. Т.е. наблюдение за процессом ухода шкалы синхронизации в течение некоторого интервала времени (оценка параметров формируемой шкалы синхронизации - идентификация параметров модели нестабильности).

3. Прогнозирование ухода шкалы на промежутке времени $t > T$ до следующего интервала оценки расхождения шкалы синхронизации по отношению к опорной шкале, т.е. возврат к п1.

Модель долговременной составляющей процесса нестабильности $x(t)$ частоты (тренд процесса) описана соотношением

$$\begin{aligned} \dot{x}(t) &= f(x(t), t) + G(t)\xi(t), \\ t \in [0, T], x(0) &= x_0, \\ r(t) &= h(t) + n(t), \end{aligned} \tag{1}$$

где $f(\cdot), G(\cdot), h(\cdot)$ - векторы-параметры модели нестабильности; $\xi(t)$ - "порождающий" шум модели; $r(t)$ - вектор наблюдения процесса нестабильности; $n(t)$ - шум наблюдения;

$n(t), \xi(t)$ - гауссовские шумы с равномерными спектрами и ковариационными матрицами:
 $E[n(t)n^T(u)] = N\delta(t-u), E[\xi(t)\xi^T(u)] = X\delta(t-u)$.

Вектор $x(t)$ содержит различные элементы нестабильностей: долговременные и кратковременные с различными значениями автокорреляционных зависимостей. Оказывается, что существенный вклад в нестабильность вносит только долговременная составляющая, поэтому прогнозируется поведение только "тренда" процесса, а кратковременные составляющие рассматриваются как помехи и предварительно отфильтровываются вместе с шумами наблюдения.

На выходе оптимального фильтра наблюдения за процессом ухода шкалы (п.2 перечня формирования шкалы синхронизации) получаем оценку долговременной составляющей $x_1(t)$.

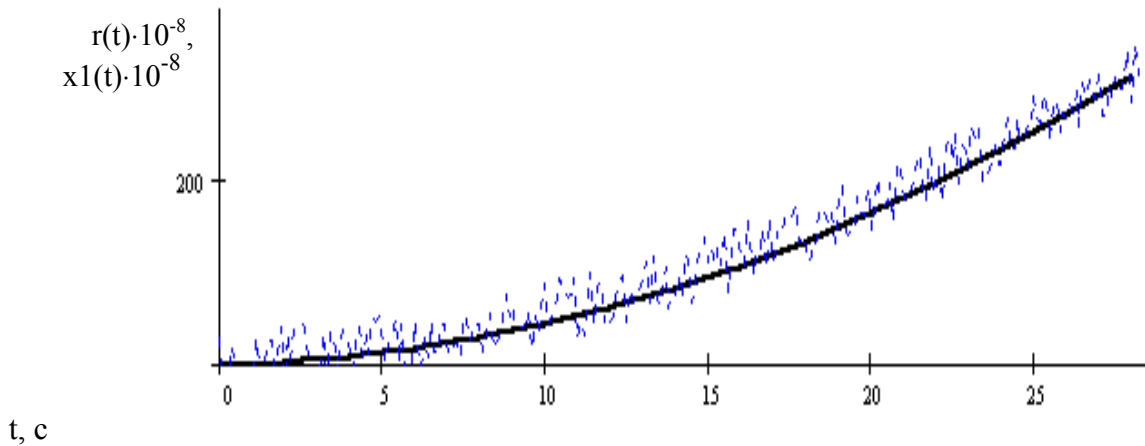


Рис. 1. Оценка долговременной составляющей

Таким образом, прогнозирование нестабильности опорной шкалы заключается в определении "долговременной" составляющей нестабильности на основе наблюдений за ходом процесса $r(t)$. Уменьшение "долговременной" нестабильности позволяет снизить расхождение шкал данной системы и эталонной посредством периодической сверки до значения порядка "кратковременной" нестабильности. Решение задачи прогнозирования сводится к выполнению двух операций:

- Оптимальная фильтрация долговременной составляющей процесса нестабильности, получение оценки долговременной составляющей нестабильности по данному наблюдению, минимизируя при этом дисперсию ошибки.
- Предсказание поведения долговременной составляющей на определенное время вперед относительно момента времени окончания процесса оценки параметров модели долговременной нестабильности.

Результатом оптимальной фильтрации процесса долговременной нестабильности является получение матрицы "перехода" $\Phi(t+T, t)$ и решение уравнения оптимального прогнозирования долговременной составляющей нестабильности

$$\frac{d\Phi(t+T, t)}{dt} = F(t+T) \cdot \Phi(t+T, t) - \Phi(t+T, t)F(t) \quad (2),$$

На рис.2 приведены результаты расчета для частного случая.

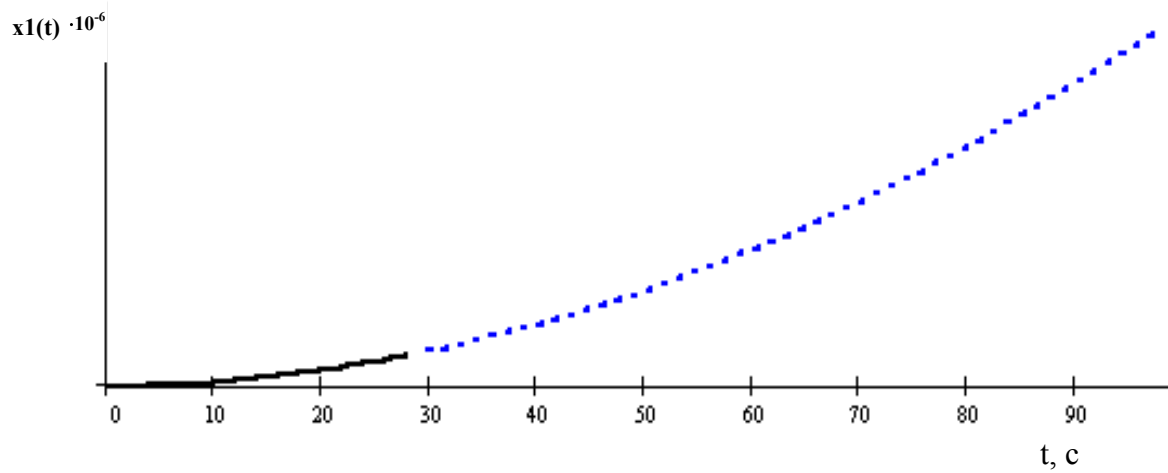


Рис. 2. Прогнозирование ухода шкалы синхронизации

В работе приводятся также обоснования модели и алгоритмов выполнения отдельных операций по оценке параметров и прогнозирования долговременной составляющей процесса неустойчивости.