

05.00.00 Engineering science

05.00.00 Технические науки

UDC 004.3

**Phase-chronometric Methods of Periodic Processes  
Small Phase Shifts**

Roman V. Sedyshev

Ural Federal University, Russia  
19 Mira Str., Ekaterinburg 620002  
PhD student  
E-mail: sedyshev@prosoftsystems.ru

**Abstract.** The article describes one of the approximate methods of periodic signals time parameters measurement with a less accuracy than analog signal sampling period. Precise measurement of periodic signals time parameters allows to measure different parameters of shaft torsional oscillation in different fields of industry and engineering with high degree of accuracy.

**Keywords:** approximation; inductive sensor; least-squares method; phase shift; phase-chronometric method.

Для регистрации и анализа параметров периодических процессов, происходящих в циклических машинах и механизмах, в основном применяется измерительно-диагностическая аппаратура, основанная на использовании амплитудных методов измерения. Применение таких методов обеспечивает недостаточный уровень погрешности (0.01 – 0.1 %), предъявляемый к современным системам метрологического контроля эксплуатируемой техники. Для повышения точности получаемых параметров и для понижения погрешности их определения целесообразно использование фазохронометрических методов, основанных на определении диагностических параметров функционирующих механизмов путем регистрации и анализа временных интервалов, присутствующих любому циклическому процессу.

Использование методов аппроксимации выходных данных датчиков обеспечивает измерение временных параметров периодических сигналов с точностью превышающей период дискретизации аналого-цифрового преобразования. Разрабатываемые алгоритмы аппроксимации находят свое применение в фазохронометрических системах измерения крутильных колебаний, скоростей вращения, осевых сдвигов и углов скручивания валов в различных областях промышленности и машиностроения.

Подобный алгоритм был разработан для определения характеризующей точки пика периодического сигнала, вырабатываемого индуктивным датчиком при вращении вала в момент прохождения алюминиевой метки на валу через ось чувствительности датчика, закрепленного перпендикулярно поверхности вала.

Выходной сигнал датчика модулируется по амплитуде и имеет форму, близкую к синусоидальной, как показано на рисунке 1.

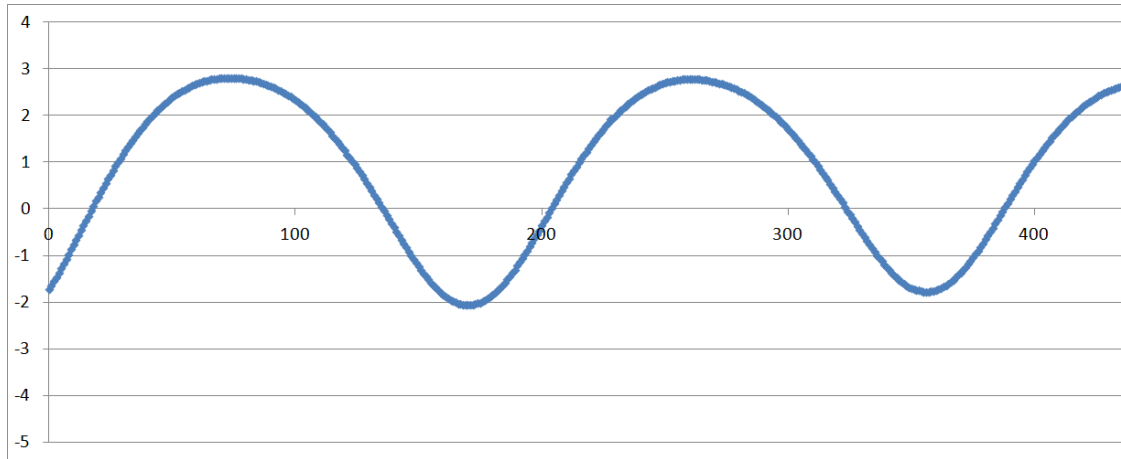


Рис. 1. Выходной сигнал индуктивного датчика

Для нахождения характеризующей точки пика реального выходного сигнала датчика был взят синусоидальный сигнал с известными параметрами. Производились многократные выборки синусоидального сигнала с различными частотами дискретизации, как показано на рисунке 2.

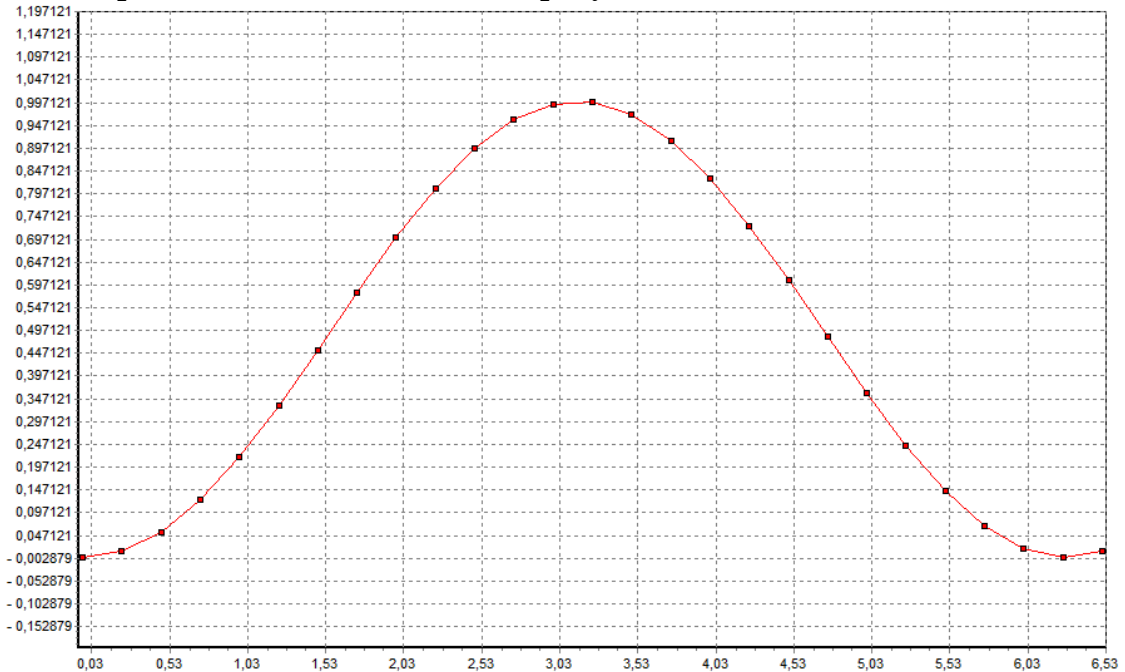


Рис. 2. Выборка синусоидального сигнала

Производится поочередная аппроксимация фронтов сигнала. Проводится прямая через начальные соседние точки переднего фронта сигнала и вычисляется отклонение следующей точки от этой прямой. Если это отклонение меньше определенного значения  $R$ , то три точки аппроксимируются прямой по методу наименьших квадратов [1], [2]. Далее рассчитывается отклонение четвертой точки от этой аппроксимационной прямой и так далее (рисунок 3).

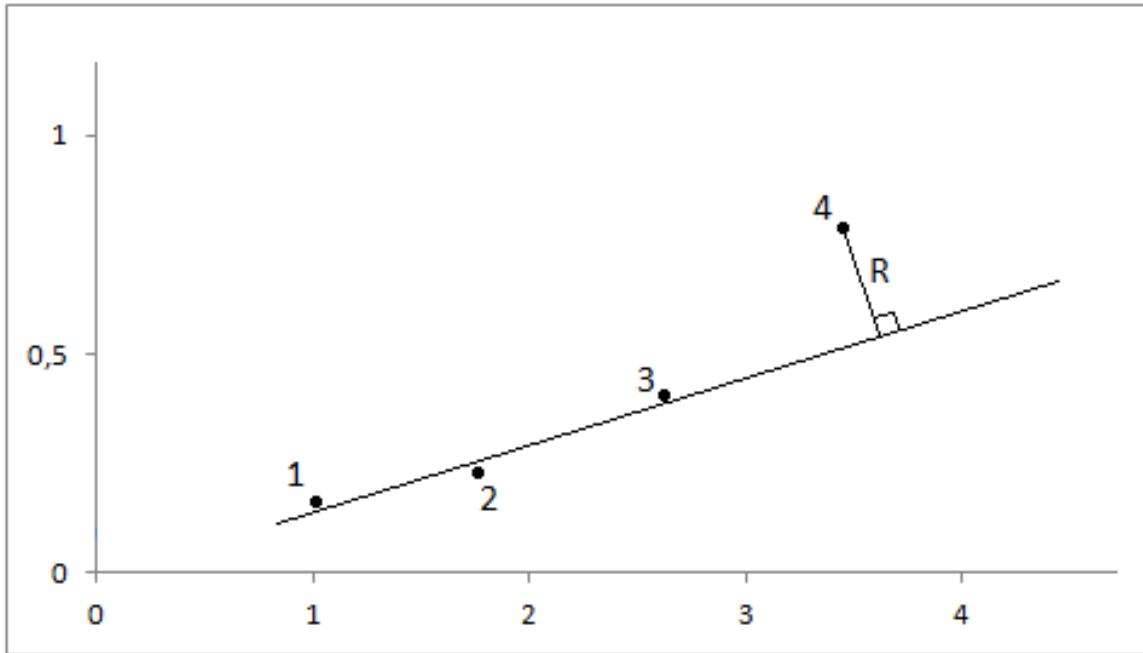


Рис. 3. Определение отклонения точки от аппроксимированной прямой

Если отклонение следующей точки от прямой превышает  $R$ , то данная итерация поиска всех удовлетворяющих условию точек заканчивается. Точки аппроксимируются прямой. Отрезок этой прямой, заключенный между ординатами первой и последней точки, аппроксимирует данный участок фронта сигнала. Аналогично производится поиск следующих аппроксимационных отрезков для остальных точек фронта.

После того, как были получены все аппроксимирующие отрезки переднего фронта, производится аналогичная операция с точками заднего фронта сигнала. После нахождения всех аппроксимирующих отрезков сигнал определяется кусочно-линейной функцией.

Рассматривается первый аппроксимирующий отрезок переднего фронта и ближайший по ординатам концов отрезок заднего фронта. Строится трапеция, гранями которой являются аппроксимирующие отрезки. Верхнее основание трапеции проходит через один из верхних концов отрезков с наименьшей ординатой, а нижнее основание – через один из нижних концов отрезков с наибольшей ординатой.

Проводится линия параллельная основаниям трапеции и равноудаленная от оснований. Находится середина отрезка  $AB$ , как показано на рисунке 4.

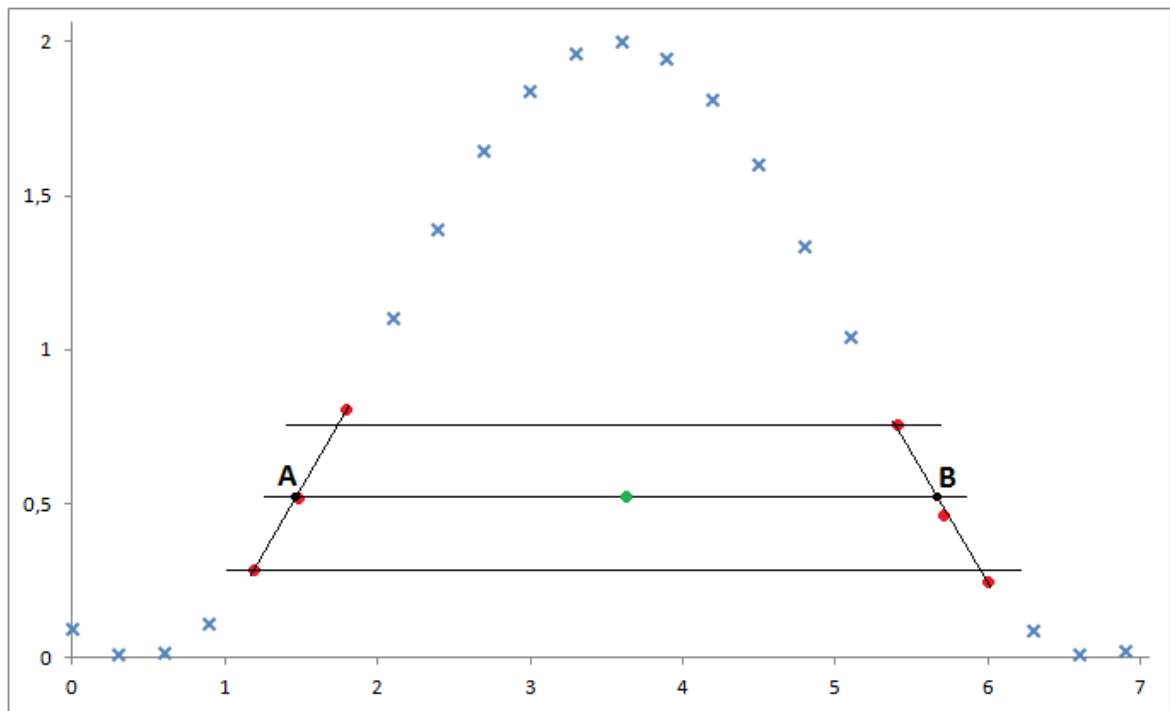


Рис. 4. Нахождение характеризующей точки пика

Подобная процедура производится вдоль всего переднего/заднего фронтов после чего будет получен массив средних точек пика. Для нахождения характеризующей точки пика производится усреднение всех полученных средних точек.

Таким образом, обрабатывая по приведенной методике периодический выходной сигнал индуктивного датчика, будет получен массив значений моментов времени прохождения каждой меткой оси чувствительности датчика. При анализе полученных массивов определяются фазовые сдвиги периодического сигнала датчика, на основании которых могут быть рассчитаны такие параметры крутильных колебаний вала, как скорость вращения, осевые сдвиги и углы скручивания.

Подобная методика позволяет определять среднюю точку пика синусоидального сигнала с погрешностью порядка  $10^{-6}$ . Величина погрешности зависит от значения величины отклонения  $R$ , дискретизации выходного сигнала датчика и от вклада шумов в результирующий сигнал. При снижении частоты дискретизации и увеличении шумовой составляющей необходимо увеличивать значение  $R$  для обеспечения более высокой точности измерений.

#### Примечания:

1. Калиткин Н.Н. Численные методы. М.: Наука, 1978. 512 с.
2. Бондарев В., Трестре Г., Чернега В. Цифровая обработка сигналов. Методы и средства. Екатеринбург: изд. Конус, 2001. 398 с.

УДК 004.3

**Фазохронометрические методы определения малых фазовых сдвигов периодических процессов**

Роман Владимирович Седышев

Уральский федеральный университет, Россия

620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19

Аспирант

E-mail: sedyshev@prosoftsystems.ru

**Аннотация.** В статье описан один из аппроксимационных методов определения временных параметров периодических сигналов с погрешностью меньшей периода дискретизации аналогового сигнала. Точное измерение временных характеристик периодических сигналов дает возможность определения с высокой степенью достоверности различных параметров крутильных колебаний валов в различных областях промышленности и машиностроения.

**Ключевые слова:** аппроксимация; индуктивный датчик; метод наименьших квадратов; фазовый сдвиг; фазохронометрический метод.