

Литература

1. *Jianchang A. K. J., Mohiuddin M. K.* Artificial Neural Networks: A Tutorial / A.K.J. Jianchang, M.K. Mohiuddin // IEEE Computer. 1996. № 29. P. 31–44.
2. *Butz M. V.* Rule-based Evolutionary Online Learning Systems: Learning Bounds, Classification, and Prediction / M.V. Butz // Illinois Genetic Algorithms Laboratory [Electronic resource]. 2004.
Mode of access: <http://www.illgal.uiuc.edu/pub/papers/IlliGALs/2004034.pdf>
Date of access: 19.02.2009.
3. *Lanzi, P. L.* XCS with Computed Prediction in Multistep Environments / P.L. Lanzi, D. Loiacono, S.W. Wilson, D.E. Goldberg // GECCO2005: Proc. of the 2005 conf. on Genetic and evolutionary computation, Washington DC, USA, 25–29 June, 2005. Washington DC, 2005. P. 1859–1866.
4. XCSF-Ellipsoids Java plus Visualization // Missouri Estimation of Distribution Algorithms Laboratory [Electronic resource]. 2008.
Mode of access: http://medal.cs.umsi.edu/files/XCSF_Ellipsoids_Java.zip
Date of access: 15.02.2009.

МЕТОДЫ НЕЛИНЕЙНОЙ ДИНАМИКИ В ИССЛЕДОВАНИИ КОЛЕБАТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ МАШИН

Кан Шоучян

ВВЕДЕНИЕ

Традиционные методы анализа колебательных процессов сложных механических систем, в основном базируются на спектрально-корреляционных методах в различных их вариантах. При этом, динамическая сущность процессов, порождающих такие сигналы, как правило, уходит на второй план. Современная нелинейная динамика позволяет рассмотреть анализ сигналов как процесс идентификации динамических систем по результатам анализа экспериментальных данных [1].

В настоящее время представления синергетики и теории динамического хаоса все шире используются при анализе реальных колебательных сигналов машин.

Целью предлагаемой работы является оценка возможности выявления при помощи методов нелинейной динамики критериев для определения функционального состояния работы машин, по параметрам вибрации.

Хаотические явления возможны во многих механических и электрических системах. Это, например, могут быть нелинейные упругие элементы, пружины, механические системы с зазором или мертвым ходом, системы с вращением, контрольные устройства с обратной связью, нелинейные сопротивления, ёмкости или индуктивные элементы электрических цепей.

Динамическому хаосу в фазовом пространстве системы соответствует притягивающее множество, называемое странным аттрактором.

1. МЕТОДЫ НЕЛИНЕЙНОЙ ДИНАМИКИ

В любом случае первоначальным этапом для исследования сигналов методами нелинейной динамики должна быть процедура реконструкции фазовой траектории динамической системы, порождающей сигнал. Единственным методом, позволяющим реконструировать характер фазовой траектории системы на основе анализа экспериментально полученного сигнала, является процедура вложения. Основанием для такого подхода является теорема Такенса, которая утверждает, что путем правильного подбора размерности вложения m и параметра задержки τ можно получить $(m+1)$ -мерный фазовый образ, достаточно полно отражающий свойства истинной траектории системы в фазовом пространстве.

Основным преимуществом методов нелинейной динамики является то, что фазовый портрет системы может быть восстановлен по измеренным параметрам, зависящих от одной переменной [2]. Параметрами, характеризующими нелинейную динамическую систему, являются корреляционная размерность d и энтропия Колмогорова K , для вычисления которых может быть использован метод задержанной координаты. Для этой цели временная реализация исходного сигнала $x(t)$ представляется в виде последовательности чисел

$$x_1, x_2, x_3, \dots, x_n, \quad (1)$$

где $x_n = x(n\tau)$, τ – время выборки, n – целое число.

Из этой последовательности строятся m – мерные векторы, лежащие в m – мерном фазовом пространстве

$$\vec{x}_i^T = (x_1, \dots, x_{i+m-1}), \quad (2)$$

где T – операция транспонирования.

Тогда корреляционным интегралом порядка m считается функция $C^m(l)$, равная вероятности того, что расстояние между двумя векторами меньше l .

Корреляционная размерность d определяется

$$d = \lim_{r \rightarrow 0} [\lg C_m(l) / \lg l], \quad (3)$$

где $C_m(l)$ – корреляционный интеграл, l – размер ячейки разбиения.

Корреляционный интеграл записывается

$$C_m(l) = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{N^2} \sum_{i,j=1}^N \theta(r - \left| \vec{x}_i - \vec{x}_j \right|), \quad (4)$$

где: $\theta = 0$ при $t < 0$; $\theta = 0,5$ при $t = 0$; $\theta = 1$ при $t > 0$; θ – функция Хевисайда, N – число точек, используемых для оценки размерности.

Энтропия Колмогорова определяется выражением

$$K = \lim_{r \rightarrow 0} \lim_{\tau \rightarrow 0} \frac{1}{\tau} [C_m(l)/C_{m+1}(l)], \quad (5)$$

Для динамических систем, определяемых из экспериментальных временных реализаций, энтропию Колмогорова целесообразно представлять в нормированном на энергию виде E [3].

2. РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

При реконструкции аттракторов существенное влияние на значение корреляционной размерности оказывает выбор параметра задержки τ . Экспериментально было установлено, что если τ слишком мало, координаты фазовой точки практически неразличимы, а при слишком большого τ координаты оказываются некоррелированными и реконструированный аттрактор не отражает истинной динамики. Значение τ обычно выбирают исходя из первого нуля автокорреляционной функции. С учетом этого для вибрационных сигналов одного из вертолетов в исправном состоянии и с дефектом одной из шестерен редуктора рулевого винта величина задержки τ выбрана равной 0,7.

На рис. 1 в качестве примера представлены фазовые портреты вибрационных сигналов вертолета в исправном и неисправном состоянии, а на рис. 2 – фазовые портреты их спектров. Как видно, возникшая неисправность в обоих случаях приводит к существенному возрастанию хаотичности механической системы.

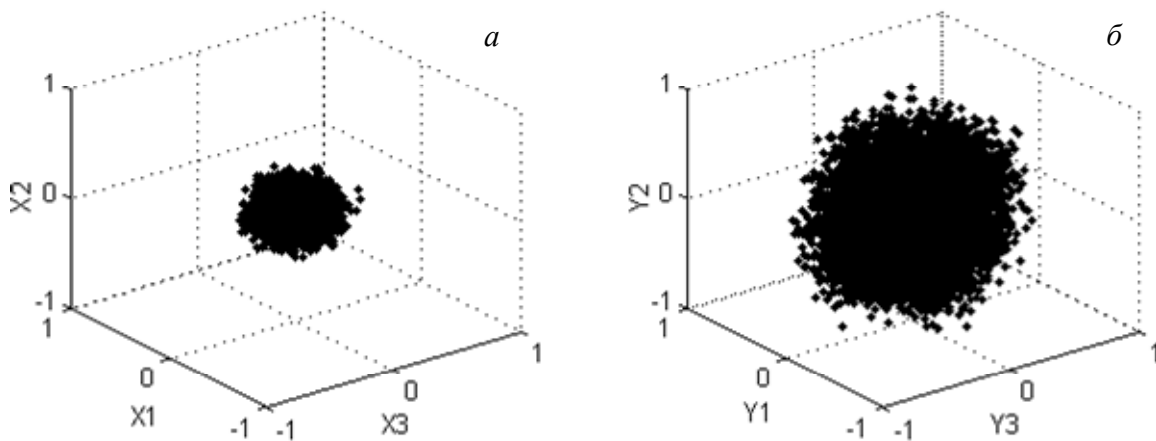


Рис. 1. Фазовый портрет вибрации машин (отн. ед.):
а – в исправном состоянии, б – в неисправном состоянии

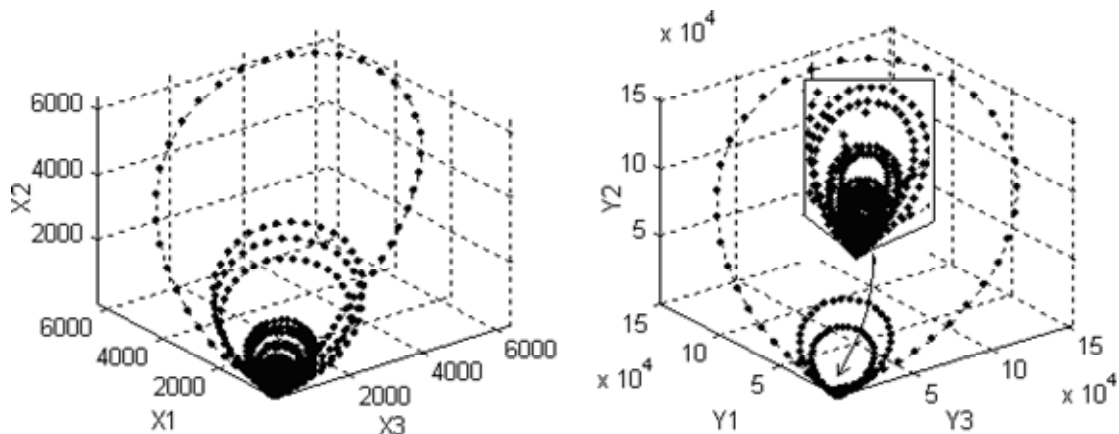


Рис. 2. Фазовый портрет спектра колебательных сигналов машин:
а – в исправном состоянии, *б* – в неисправном состоянии

Временные сигналы отфильтрованы с помощью фильтра с центральной частотой 897.6 Гц, получены фазовые портреты отфильтрованных колебательных сигналов машин (рис. 3).

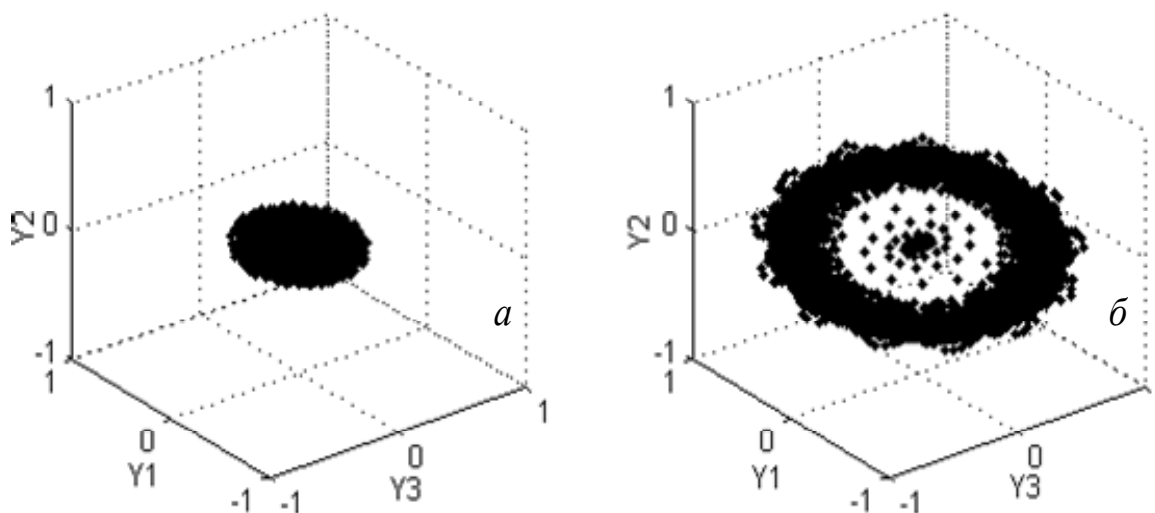


Рис. 3. Фазовый портрет отфильтрованных колебательных сигналов машин (отн. ед.):
а – в исправном состоянии, *б* – в неисправном состоянии

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ сигналов вибрации машин с использованием методов нелинейной динамики позволяет получить дополнительные сведения о функциональном состоянии машин. Состояние аттрактора временного сигнала и его спектра, могут быть использованы в качестве критерия для характеристики сложных режимов функционирования механических систем. Исследования в данном направлении будут продолжены.

Литература

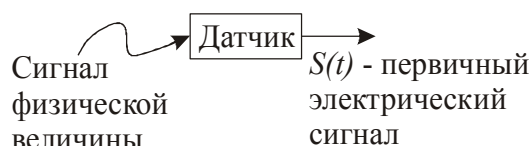
1. Анищенко В. С., Вадивасова Т. Е. Нелинейная динамика хаотических и стохастических систем. Саратов: Изд-во Сарат. ун-та, 1999.
2. Grassberger P., Procaccia. I. Characterization of strange attractors // Physical Review Letters. 1983. Vol. 50. № 5. P. 346–349.
3. Анищенко В. С., Вадивасова Т. Е., Астахов В. В. Нелинейная динамика хаотических и стохастических систем. Саратов, 1999. С. 368.

ДАТЧИКИ В ЭЛЕКТРОННОМ ДОМЕ

А. И. Попов, И. А. Шалатонин

Концепцию объединения систем освещения, климат-контроля, управления жалюзи, системами безопасности и жизнеобеспечения принято называть «умным домом», или «электронным домом». Электронный дом (ЭД) призван, прежде всего, обеспечивать энергосбережение, безопасность и комфорт [1].

Основой всех систем ЭД являются датчики. Существует два основных определения датчика. Согласно одному из них датчик – это чувствитель-



ный элемент, способный преобразовывать контролируемый параметр в пригодный для обработки сигнал (рис. 1) [2].

Рис. 1. К первому определению датчика

В соответствии со вторым определением, которое принято в данной статье, датчик представляет собой готовое устройство на базе чувствительного элемента, включающее также схемы преобразования, усиления и калибровки сигнала [3].

Примем за основу классификации датчиков электронного дома принцип формирования ими выходных сигналов. Согласно этому принципу датчики подразделяются на аналоговые, аналоговые с цифровыми выходами, бинарные датчики и датчики с частотным выходом [4].

Поскольку сигнал с аналоговых датчиков имеет непрерывный вид, для сопряжения этих датчиков с цифровой системой обработки требуется аналого-цифровой преобразователь (АЦП).

Аналоговые датчики с цифровыми выходами отличаются от выше описанных тем, что имеют встроенные АЦП, на выходе которых формируется цифровой сигнал.

Под бинарным датчиком понимается электронное устройство, способное принимать под действием внешних факторов два устойчивых состояния. Этим состояниям можно присвоить логические значения «0» или «1».