

01

© 1990

САМООРГАНИЗАЦИЯ В ХАОСЕ. НОВЫЙ МЕТОД
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКИ

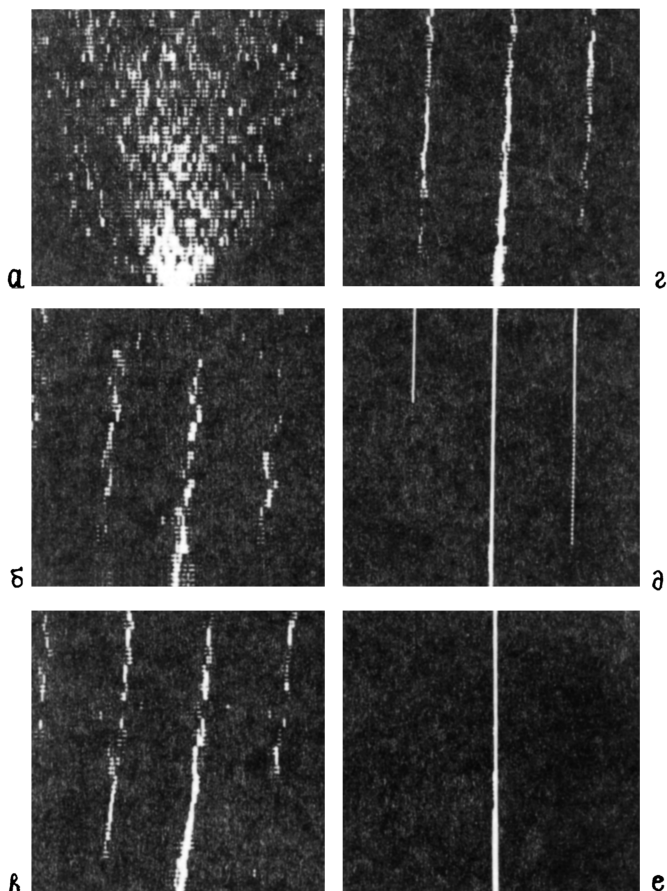
В.С. А н и щ е н к о, Д.Э. П о с т н о в

1. Изменение управляющих параметров автостохастических систем с квазигиперболическими свойствами приводит к сложным изменениям структуры хаотических аттракторов, которые естественно называть бифуркациями в хаосе. Исследование таких бифуркаций обычно проводится на основе расчета спектров ЛХП, автокорреляций и спектров мощности, законов распределения, а также регистрацией структуры аттракторов по их фазовым портретам [1]. В некоторых конкретных ситуациях названные характеристики не дают необходимой информации. Примером могут служить бифуркационные процессы, сопровождающие явление хаотической синхронизации [2, 3]. Как было установлено в работе [3], в процессах перехода к режимам хаотической синхронизации первоначально наблюдается эффект захвата базовых частот, отражающий топологическую перестройку структуры аттрактора в направлении ее упрощения. Далее может следовать эффект симметризации хаотических колебаний, отвечающий установлению эквивалентных режимов в парциальных подсистемах. В многомерных системах анализ указанных бифуркаций существенно усложняется ввиду многочастотности колебаний с одной стороны и трудностями выделения базовых частот в сплошном спектре колебаний с другой.

2. Предлагается новый метод экспериментальной диагностики эволюционных процессов во взаимодействующих автоколебательных системах, использующий вычисление плотности распределения разности фазовых спектров колебаний парциальных подсистем (ПРФС). Установлено, что ПРФС дает возможность уверенной диагностики режимов захвата базовых частот и полной симметризации хаотических автоколебаний вне зависимости от сложности структуры амплитудных спектров исследуемых режимов.

В качестве примера рассмотрим процесс перехода к режиму полной хаотической синхронизации в шестимерной системе двух симметрично связанных хаотических автогенераторов, идентичных по всем параметрам, исключая базовые частоты [3, 4]. Рассчитывались условные плотности распределения $\rho(\Delta\varphi|\omega)$, где $\Delta\varphi = \varphi_1 - \varphi_2$ ($\varphi_{1,2}$ - фазовые спектры реализаций идентичных переменных парциальных подсистем x_1 и x_2 ¹, ω - круговая частота), в зависимости от величины коэффициента связи γ . В отсутствие связи ($\gamma = 0$) парциальные подсистемы генерировали качественно идентичные хаотические автоколебания, но с разными

¹ фазовые спектры вычислялись по реализациям конечной длины.



Двумерные плотности распределения разности фазовых спектров $\rho(\Delta\varphi|\omega)$ с увеличением коэффициента связи в системе взаимосвязанных хаотических генераторов. По вертикали отложена частота $0 \leq \omega \leq \omega_1$, по горизонтали – разность $-2\pi \leq \Delta\varphi \leq 2\pi$. Яркость точек на графиках пропорциональна величине $\rho(\Delta\varphi|\omega)$. Результаты получены численным моделированием на ПЭММ.

базовыми частотами. В парциальных фазовых пространствах им отвечал типичный аттрактор седло-фруксного типа [1]. Основные результаты расчетов приведены на рисунке.

При относительно слабой связи система генерирует хаотические автоколебания, которым отвечает сложный квазиаттрактор, вложенный в шестимерное фазовое пространство системы. Неупорядоченная, хаотическая структура распределения $\rho(\Delta\varphi|\omega)$ отражает эту

сложность (см. рисунок, а). С увеличением связи структура ПРФС постепенно эволюционирует (см. рисунок, б, в) и принимает вид регулярных почти вертикальных полос, следующих через интервалы $\Delta\varphi = \mathcal{T}$ (см. рисунок, г). „Линейчатая“ структура распределения $\rho(\Delta\varphi|\omega)$ отвечает режиму захвата базовых частот, т.е. начальной стадии процесса хаотической синхронизации.

Дальнейшее увеличение связи приводит практически к полной симметризации хаотических колебаний парциальных подсистем, которой отвечает проекция фазовых траекторий на плоскость переменных x_1, x_2 в виде биссектрисы $x_1 = x_2$ [3, 4]. Структура распределения $\rho(\Delta\varphi|\omega)$ в итоге заметно упрощается (см. рисунок, д, е) и представляет собой практически единственную линию $\Delta\varphi = 0$. Разность фазовых спектров равна нулю вне зависимости от частоты. Отметим, что последний результат теоретически может быть получен лишь в пределе $\mathcal{J} \rightarrow \infty$ или нулевой расстройки $\Delta f_{\mathcal{J}} = 0$ по базовым частотам. В экспериментах симметризация колебаний парциальных взаимодействующих систем регистрируется при конечных значениях \mathcal{J} и $\Delta f_{\mathcal{J}} \neq 0$.

Эксперименты, подобные описанным выше, в качестве тестовых были проведены и для случая классического эффекта синхронизации периодических колебаний. Результаты идентичны: в режимах синхронизации ПРФС $\rho(\Delta\varphi|\omega)$ представляет собой распределение типа рисунка, е. Это принципиально важно. С точки зрения введенной новой характеристики ПРФС процессы синхронизации регулярных и хаотических колебаний не различаются!

3. Введенная характеристика степени взаимодействия двух нелинейных подсистем может служить количественным параметром в оценке процесса самоорганизации. Действительно, энтропия слабозадействующих генераторов (см. рисунок, а) существенно превышает энтропию в режиме захвата частоты (см. рисунок, г) и тем более в режиме полной хаотической синхронизации (см. рисунок, е).² Можно считать, что для системы взаимодействующих осцилляторов ПРФС является конструктивным „параметром порядка“, наилучшим способом отражающим степень самоорганизации.

Авторы благодарны профессору Ю.Л. Климонтовичу за интерес к работе и полезные дискуссии.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] А н и щ е н к о В.С. Сложные колебания в простых системах. М.: Наука, 1990. 312 с.
- [2] А ф р а й м о в и ч В.С., В е р и ч е в Н.Н., Р а б и н о в и ч М.И. // Изв. вузов. Радиофизика, 1986. Т. 29, № 9. С. 1050-1060.

² При этом нет необходимости вводить нормировку энтропии на энергию системы.

- [3] Анищенко В.С., Постнов Д.Э. // Письма в ЖТФ. 1988. Т. 14. В. 6. С. 569-573.
- [4] Анищенко В.С., Постнов Д.Э., Сафонова М.А. // Тез. докл. Всес. конф. „Волновые и вибрационные процессы в машиностроении“. Горький, 1989. С. 246-247.
- [5] Климонтович Ю.Л. // Письма в ЖТФ. 1983. Т. 9. В. 23. С. 1412-1416.

Саратовский государственный
университет
им. Н.Г. Чернышевского

Поступило в Редакцию
14 января 1990 г.

Письма в ЖТФ, том 16, вып. 5

12 марта 1990 г.

12

© 1990

НОВЫЙ МЕТОД ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СКЛОННОСТИ КАМЕННЫХ УГЛЕЙ К ВНЕЗАПНЫМ ВЫБРОСАМ

А.Н. Губкин, П.П. Зайцев, В.А. Загоруйко,
Е.М. Панченко, О.И. Прокопало,
Г.Д. Фролков

Предложен и реализован новый способ прогнозирования склонности каменных углей к внезапным выбросам, основанный на регистрации электретоного заряда, возникающего в исследуемых образцах углей после их предварительной поляризации.

В в е д е н и е

При разработке месторождений каменного угля могут внезапно начаться и в течение времени 1 - 20 с произойти выбросы в забой угля массой 10^3 - 10^7 кг, которые приводят к катастрофическим последствиям [1]. Согласно современным представлениям, внезапный выброс каменного угля представляет собой лавинообразное разрушение, обусловленное совместным действием сил горного и газового движений [2]. При этом особая роль отводится разрушающей энергии газа [2]. Однако известны внезапные выбросы угля, когда относительное газовыделение не превышало сорбционной способности угля [3]. Указанное противоречие не позволяет удовлетворительно описать явление внезапного выброса в рамках упруго-механической модели.

Ранее в ходе исследований, направленных на прогнозирование аварий, по данным ЭПР-спектроскопии была установлена корреляция между концентрацией парамагнитных центров в образцах углей