

УДК 550.388.2

И.Э. СУЛЕЙМЕНОВ, Т.А. ФОРМЕНКАНОВ

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ФАЗОВЫХ ПОРТРЕТОВ К АНАЛИЗУ ВОЗМУЩЕННОСТИ ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ

Показано, что метод фазовых портретов позволяет дать количественную характеристику возмущенности геомагнитного поля.

Метод фазовых портретов, первоначально развитый в задачах физической химии [1,2], допускает использование для решения широкого круга задач, в частности, с его помощью были проанализированы ряды геофизических [3,4], а также экономических [5] данных.

В настоящей работе установлено, что с помощью этого метода можно дать количественную характеристику степени возмущенности геомагнитного поля. В качестве примера использованы часовые ряды данных, относящиеся ко второму полугодю 1991 г. (геомагнитная обсерватория Института ионосферы).

В соответствии с [1,2] фазовый портрет первого порядка представляет собой зависимость первой производной исследуемой величины от самой этой величины (при построении фазового портрета второго порядка соответственно используется вторая производная). При построении фазовых портретов в работе использовалась численная фильтрация колебаний напряженности геомагнитного поля, обеспечивающая выделение колебаний с периодом не выше 24 ч. т.е. все колебания с периодом больше 1 сут устранились из исследуемого спектра. Фрагмент зависимости

напряженности геомагнитного поля от времени показан на рис. 1. (На шкале времени отложены часовые значения, начальный момент времени соответствует 01.07.1991.) Соответствующий ему фазовый портрет представлен на рис. 2. Видно, что, как и в случаях других периодических или квазипериодических процессов [3–5], фазовый портрет носит характер, близкий к эллипсоидальному.

Полученный фазовый портрет отвечает [3] колебанию, одновременно модулированному по частоте, фазе и амплитуде, причем эллипсоидальные участки фазового портрета допустимо связать с интервалами времени, в которых не происходит скачков фазы. В определенные моменты времени такие фазовые скачки происходят. Для их отыскания можно воспользоваться фазовым портретом второго порядка. Фрагмент фазового портрета второго порядка представлен на рис. 3.

Покажем, что полученный вид фазового портрета, допускающего аппроксимацию линейным трендом, соответствует гармоническому колебанию. Предположим, что на выделенном отрезке времени рассматриваемое колебание приближен-

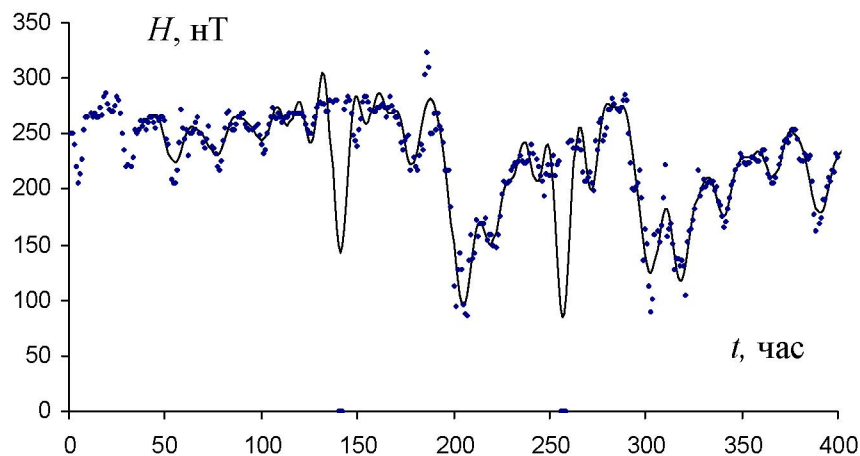


Рис. 1. Фрагмент зависимости напряженности магнитного поля от времени

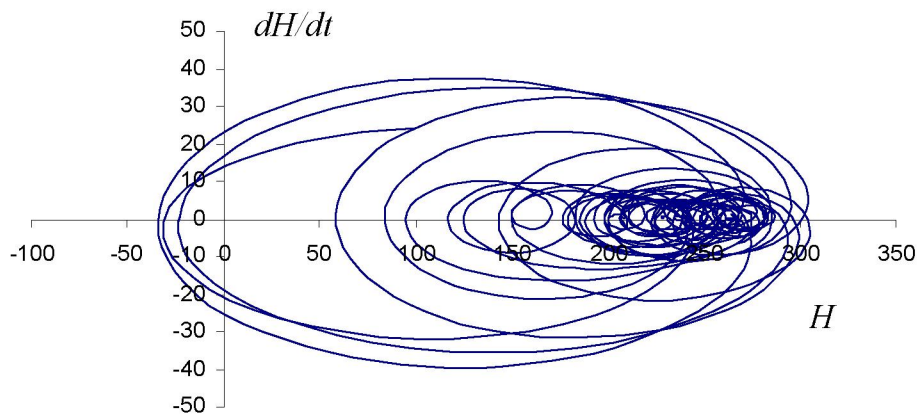


Рис. 2. Фрагмент фазового портрета колебания, представленного на рис.1

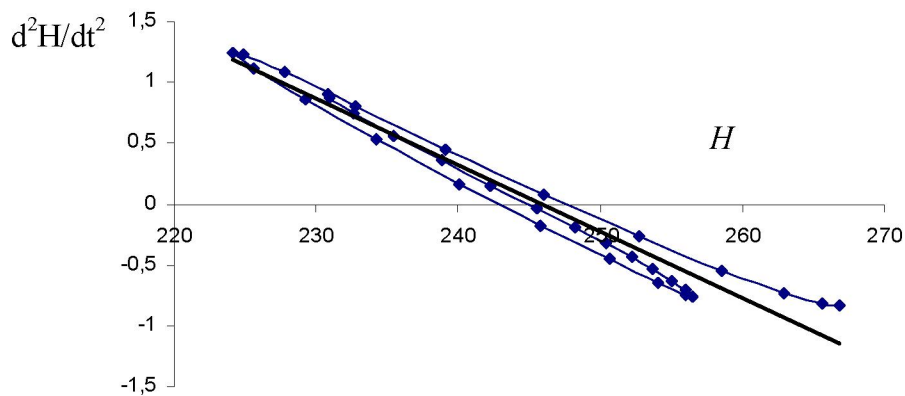


Рис. 3. Фрагмент фазового портрета второго порядка для колебаний напряженности магнитного поля

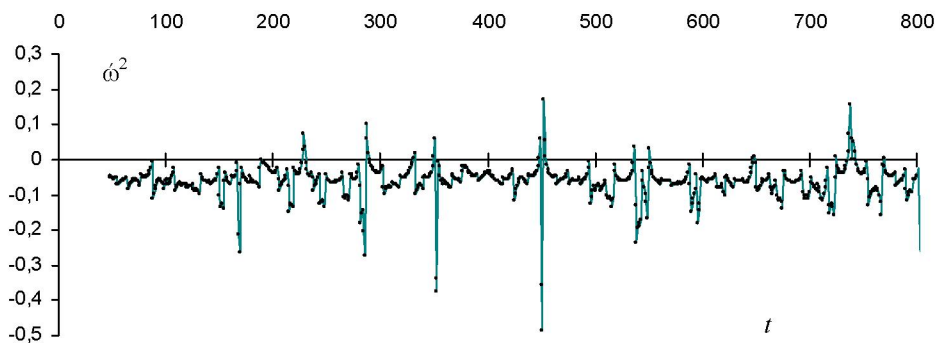


Рис. 4. Зависимость квадрата циклической частоты квазигармонического колебания от времени

но является гармоническим. Тогда оно представимо в виде.

$$A = A_0 \cos(\omega t + \varphi) + B, \quad (1)$$

причем значения амплитуды, частоты и фазы приближенно являются постоянными. Тогда вторая производная функции (1) дается, очевидно, формулой

$$\frac{d^2 A}{dt^2} = (\omega)^2 A_0 \cos(\omega t + \varphi). \quad (2)$$

Исключая из записей (1) и (2) переменную t , получаем, что вторая производная в рассматри-

ваемом случае зависит линейно от значения динамической переменной A :

$$\frac{d^2 A}{dt^2} = f(A) = \omega^2 (A - B), \quad (3)$$

причем тангенс угла наклона этой прямой точно равен квадрату циклической частоты.

Следовательно, при условии, что рассматриваемое колебание является близким к гармоническому, значение тангенса угла наклона должно оставаться близким к постоянному.

На рис.4 представлена зависимость квадрата циклической частоты от времени, полученная на основании экспериментальных данных. Видно, что существуют достаточно продолжительные периоды, в которых указанная величина сохраняет значение, близкое к постоянному. Вместе с тем на рис. 4 отчетливо видны также отдельные пики, отвечающие сбоям в поведении фазы рассматриваемого колебания. Следовательно, подсчитывая число таких скачкообразных переходов, можно получить количественную характеристику степени возмущенности геомагнитного поля за тот или иной отрезок времени.

Работа выполнена в рамках проекта 222 (контракт № 8 от 2 марта 2006 г.) по программе фундаментальных исследований (шифр Ф.0351) по Государственному заказу.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сигитов В., Салина А., Кудайбергенев З., Нуркеева И., Сулейменов Е., Шайхутдинов Колебательно-релаксационные свойства полиамфолитных гидрогелей // Доклады РАН. 1999. Т 369, № 1–3. С. 304.

2. Сулейменов И.Э., Будтова Т.В., Адильбеков С.А., Переладов И.Ю., Бект уров Е.А. Применение метода фазовых портретов к анализу кинетики перераспределения концентрации ионов металлов в системе полиэлектролитный гидрогель+многокомпонентный раствор // Высокомолекулярные соединения. 2004. Т. 46, № 8. 797 с.

3. Сулейменов И.Э., Чечин Л.М., Толмачев Ю.А., Адамов Т.Н., Аушев В.М. Физика дальнего и ближнего космоса. Т.1. Физика и химия атмосферы. Алматы; Санкт-Петербург, 2004. 248 с.

4. Аушев В.М., Сулейменов И.Э., Адильбеков С.А. К существованию точек инверсии колебаний в верхней атмосфере в ночное время суток // Изв. НАН РК. Сер. физ.-мат. 2003. № 4. С. 88-94.

5. Сулейменова К.И., Сулейменов И.Э. Полициклический характер колебаний мировых цен на золото // Комплексное использование минерального сырья. 2002. № 6. С.33-39.

Резюме

Фазалық портреттер әдісі геомагниттік өрістің ұйытқулығына сандық сипаттама беруге мүмкіндік туғызады.

Summary

It is shown that phase portrait method allowing quantitative description of geomagnetic field disturbances.

*Институт ионосферы МОН РК,
г. Алматы*