

Показано, что эффект ложных связей типичен, когда дисперсия шума лежит в диапазоне от 0.5 до 2 дисперсий чистого сигнала, но может проявляться в отдельных случаях и при уровнях шума порядка 10% от дисперсии чистого сигнала. Показано, что эффект типичен при длине ряда менее, чем 25-30 времен релаксации (имеется в виду большее из двух времен в случае неидентичных осцилляторов). Полученные результаты полезны как критерий необходимости учета измерительного шума и краткости временного ряда на практике при оценке причинности по Грейнджеру. Планируется дальнейшая проверка и обобщение этих результатов путем исследования стохастически возмущаемых нелинейных колебательных систем.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант No 17-02-00307).

1. Smirnov D.A., Mokhov I.I. *Phys. Rev. E*. **92** (2015) 042138.

Вынуждения колебания диссипативного осциллятора при управлении фазой и частотой внешнего воздействия

Крылосова Д.А., Селезнев Е.П., Станкевич Н.В.

СарГУ, Саратов

Многие системы, включая радиофизические, биологические и другие, демонстрируют колебательные процессы, при которых один объект, входящий в систему, воздействует на другой периодическим сигналом, но при изменении условий функционирования, частота воздействия изменяется. Например, в системах передачи информации для обеспечения высокой устойчивости используется, так называемая, фазовая автоподстройка частоты [1-2]. Система сердечно-сосудистой регуляции живых организмов при изменении нагрузки увеличивает или уменьшает частоту сердцебиений [3-4]. При такого рода взаимодействиях зависимость фазы или частоты от динамической переменной может привести к возникновению в системе сложной динамики. Процесс управления в таком случае оказывается очень сложным, его исследование и моделирование наталкивается на целый ряд трудностей. Один из путей в исследовании подобных систем и процессов состоит в рассмотрении более простых объектов, в которых возбуждение колебаний и управление частотой достаточно просто моделируется. В качестве такой системы удобно использовать классическую модель теории колебаний - линейный осциллятор, находящийся под внешним гармоническим воздействием [5].

В рамках данной работы представлено исследование динамики неавтономного осциллятора с управляемой фазой и частотой внешнего воздействия. Исследована структура пространства управляющих параметров. Определена роль параметров. В работе будет детально описан объект исследования: линейный осциллятор с внешним периодическим воздействием, внешнее воздействие которого имеет частоту и фазу, зависящие от динамической переменной, что приводит к появлению нелинейности в системе. Будет рассмотрена подробно динамика осциллятора, фаза которого зависит от динамической переменной, а также представлено исследование осциллятора с частотой, зависящей от динамической переменной. Для указанных моделей проведен анализ устройства плоскостей параметров внешней силы. Исследованы фазовые портреты, сечения Пуанкаре и спектры Фурье. В результате исследования показано, что линейная зависимость фазы и частоты внешнего

сигнала от динамической переменной приводит к возникновению в системе хаотических колебаний, характеризующихся широкополосным спектром.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда, проект 17-12-01008.

1. Best R. Phase-Lock Loops: Design, Simulation and Application. 6th ed. McGraw-Hill, 2007.
2. Шалфеев В.Д., Матросов В.В. Нелинейная динамика систем фазовой синхронизации. Нижний Новгород: Изд-во Нижегородского госуниверситета, 2013.
3. Гайтон А.К., Холл Дж.Э. Медицинская физиология. М.: Логосфера, 2008.
4. Ponomarenko V.I., Prokhorov M.D., Karavaev A.S., Kiselev A.R., Gridnev V.I., Bezruchko B.P. *The European Phys. J. Special Topics* **222** (2013) 2687-2696
5. Рабинович М.И., Трубецков Д.И. Введение в теорию колебаний и волн. М.: Наука, 1984.

Управление характеристиками запрещенных зон в слоистой структуре Метаповерхность - Магнетонный кристалл

Лобанов Н.Д., Матвеев О.В., Морозова М.А.

СарГУ, Саратов

Метаматериалы представляют собой искусственно созданные материалы, обладающие свойствами, не встречающимися в природе. Под такими свойствами понимаются, например, наличие у материала отрицательных значений диэлектрической и магнитной проницаемостей, которые создаются за счет использования периодических структур. Период таких структур меньше длины волны, распространяющейся в метаматериале [1]. Плоскостные (1D или 2D) метаматериалы, называемые метаповерхностями (МП), более просты в изготовлении, для чего могут быть использованы существующие технологии литографии и нанопечати. Исследование влияния метаповерхностей на распространение волн в пленке железо-иттриевого граната (ЖИГ) проводилось в работах [2, 3], в которых показано появление в спектре спиновых волн полос непропускания. В настоящей работе исследуется влияние метаповерхностей на распространение магнитостатических волн в магнетонном кристалле (МК) - периодической ферромагнитной структуре.

МП и МК представляют собой пленки ЖИГ, выращенные на подложке галлий-гадолиниевого граната (ГГГ), с периодической системой канавок разного периода. Период МП меньше периода МК ($L_1 < L_2$), таким образом, для длин волн, соответствующим условиям брэгговского резонанса МК, МП является метаповерхностью. Структура помещена во внешнее магнитное поле, направленное касательно к плоскости структуры, таким образом, в структуре будут распространяться поверхностные магнитостатические волны (ПМСВ).

Наложение МП на МК приводит к образованию в области первого брэгговского резонанса 4 запрещенные зоны (ЗЗ-1, ЗЗ-2, ЗЗ-3, ЗЗ-4 - закрашенные области на рисунке 1). На представленном рисунке можно увидеть, как меняются положение и ширина запрещенных зон в зависимости от K при $L_1/L_2 < 1$. При отсутствии связи МП-МК подобна структуре МК-МК с одинаковыми периодами ($L_1 = L_2$) [4], то есть формируются 2 ЗЗ. При