



Распределенная архитектура современной интегрированной информационной среды с учетом концепции Интернета вещей и требований интероперабельности часто представляется в виде сети или графа, узлами которого являются программные или аппаратно-программные компоненты, способные взаимодействовать между собой путем обмена информацией в виде сообщений и обладающие автономным поведением. Для моделирования такой архитектуры используются предлагаются P2P (peer-to-peer, равный с равным) модели взаимодействия [5, 6]. Среди ключевых свойств P2P сетей отмечается децентрализация (т.е. отсутствие единственного контролирующего органа управления), взаимодействие ресурсов и автономность. P2P сеть формируется и изменяется динамически, она может перестраиваться, сохраняя при этом свои способности по передаче информации в режиме реального времени.

Технологии программирования, позволяющие реализовать управление передачей информации в P2P сети, должны реализовывать принципы сетецентрического управления. Этому требованию соответствуют мультиагентные технологии [7, 8]. С одной стороны, эти технологии позволяют реализовать взаимодействие в открытой среде по аналогии с природными механизмами самоорганизации, но с другой стороны, требуют дополнительных усилий по обеспечению упомянутых выше требований надежности и высокой производительности.

Для решения этих вопросов предлагается дополнить мультиагентную архитектуру программного обеспечения пиринговой сети, реализовав функциональность посреднической деятельности по передаче информации. Для этого необходимо построить программную архитектуру распределенной сети сбора и обработки данных, реализующую автономную посредническую деятельность диагностических устройств. В рамках такого подхода предлагается повысить автономность каждого датчика за счет реализации специализированного программного обеспечения, функциональность которого включает предобработку информации на стороне датчика и реализацию P2P взаимодействия между датчиками в процессе передачи данных. В ходе такого взаимодействия устройства сбора информации реализуют не только свое непосредственное назначение, но и участвуют в передаче информации между сторонними устройствами.

Одно из основных отличий предлагаемой архитектуры заключается в реализации предварительной обработки данных посредством вычислительных возможностей интеллектуальных датчиков. Предлагаемая архитектура позволяет наделить систему сбора и обработки данных функционалом, который определяет возможность начального диагностического анализа на уровне данной системы в реальном масштабе времени.

Преимущества предлагаемого решения включают адаптивность за счет перераспределения соединений узлов сети связи в зависимости от текущей нагрузки, интероперабельность, так как сеть связи конфигурируется и развивается по принципам самоорганизации и новые узлы могут самостоятельно входить в сеть и устойчиво к сбоям: при выходе элемента сети остальные узлы выстраивают новые связи.



### Литература

1. Сарьян, В.К. Прошлое, настоящее и будущее стандартизации Интернета вещей / В.К. Сарьян, Н.А. Сущенко, И.А. Дубнов, Ю.А. Дубнов, С.В. Сахно, А.С. Лутохин // Труды НИИР. – 2014. – № 1. – с. 2 – 7
2. Jara, A.J. Determining human dynamics through the Internet of Things / A.J. Jara, Y. Bocchi, D. Genoud // Proceedings of the 2013 IEEE/WIC/ACM International Conferences on Web Intelligence (WI) and Intelligent Agent Technology (IAT), Atlanta, Georgia, USA, 2013. – pp. 109 – 113
3. Орлов А. Ю., Иващенко А. В. Организация виртуального сообщества в сети Интернет // Информационные технологии №8, 2008 с. 15 – 19
4. Ivaschenko A., Minaev A. Multi-agent solution for a self mediator sensor network // Proceedings of the European Simulation and Modeling Conference 2014 (ESM 2014), FEUP, Porto, Portugal, EUROSIS-ETI. – pp. 209 – 212
5. Ivaschenko, A. Auction model of P2P interaction in multi-agent software / A. Ivaschenko, A. Lednev // Proceedings of the 5th International Conference on Agents and Artificial Intelligence ICAART 2013, Barcelona, Spain. – Volume 1. – p. 431 – 434
6. Иващенко А.В. Интервально-корреляционный анализ ритмичности взаимодействия в интегрированной информационной среде предприятия / Системы управления и информационные технологии, 2010, № 1(39) – с. 32 – 36
7. Городецкий, В.И. Самоорганизация и многоагентные системы. I. Модели многоагентной самоорганизации // Известия РАН. Теория и системы управления. – 2012. – № 2. – с. 92 – 120
8. Ivaschenko A.V., Syusin I.A., Yumashev V.L. Passenger transportation theory based on a multi-agent approach with time based reasoning // American Journal of Control Systems and Information Technology, Vol. 2. – Yelm, WA, USA: Science Book Publishing House, 2013. – pp. 3 – 6

Э.А. Кильметов, А.И. Заико

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МОСТОВЫХ СЕНСОРНЫХ МОДУЛЕЙ НА БАЗЕ AMR-ЭФЕКТА

(Уфимский государственный авиационный технический университет)

### Введение

Магниторезистивные модули на основе АМР эффекта используются для решения различных задач магнитометрии: определения курса объекта по магнитному полю Земли, измерения бесконтактным способом угла поворота и линейного перемещения объекта, скорости объекта, распознавания образа ферромагнитных объектов и работы в составе датчиков тока с гальванической развязкой. Для решения приведенных задач необходимо учитывать не только статические параметры, но и динамические характеристики модуля [2,4].



Динамические характеристики модулей на основе AMR-эффекта не достаточно изучены и является предметом данной статьи.

### Анализ экспериментальных данных и синтез динамических характеристик

Все экспериментальные методы базируются на предположениях о сосредоточенности параметров объекта, стационарности во времени его динамических свойств и линейности их при малых изменениях. Практикой исследования динамики установлено, что большинстве случаев экспериментальные функции удовлетворительно аппроксимируются решениями обыкновенных дифференциальных уравнений невысокого порядка и звеном чистого запаздывания [1].

Таким образом, зная входное воздействие и выходную зависимость, возможно, получить переходную характеристику системы. На вход датчика подается ступенчатая функция  $x(t)$ , выходная зависимость  $h(t)$ , будет представлять из себя решение дифференциального уравнения с простыми вещественными корнями [2]:

$$h(t) \approx c_0 - \sum_{i=1}^n c_i e^{-\alpha_i t},$$

где  $c_0 = h_{\infty} \approx h(T_y)$ ,  $c_i$  и  $\alpha_i$  – вещественные числа, причем корни характеристического уравнения  $\alpha_i$  должны удовлетворять эмпирическому неравенству [1]:

$$\frac{\alpha_i}{\alpha_{i+1}} \leq 0,5 + 0,7; i = 1, 2, \dots, n - 1$$

Для получения передаточной характеристики датчика магнитного поля используем ступенчатое воздействие. К датчику прикладывается внешнее постоянное магнитное поле заданной величины. Подается импульс подмагничивания который выстраивает все домены в одном направлении, что эквивалентно переводу датчика в нулевое состояние. После импульса подмагничивания снимаем осциллограммы выходного сигнала Рис. 1, домены постепенно начинают ориентироваться по направлению внешнего магнитного поля до преимущественной направленности в направлении внешнего поля.

Длительность импульса подмагничивания составляет 2 мкс и пренебрежимо мала по сравнению с длительностью переходного процесса 20мс. Поэтому её влияние в расчетах переходной функции можно не учитывать. Для определения передаточной функции используется метод последовательного приближения. Необходимо решить уравнение второго порядка

$$h(t) = c_0 - c_1 e^{-\alpha_1 t} + c_2 e^{-\alpha_2 t}.$$

Исследования показали, что звено второго порядка адекватно описывает характеристику датчика, повышение порядка не приводит к выявлению новых свойств.

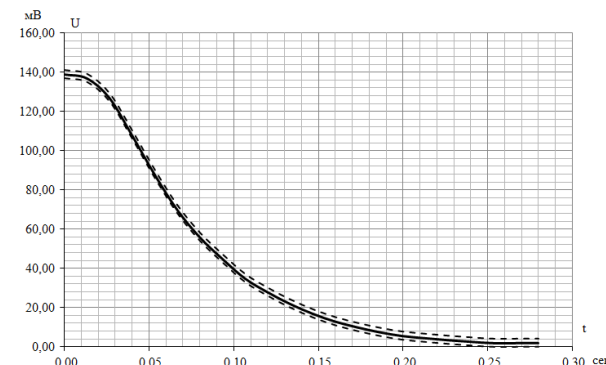


Рис. 1. Осциллограмма выходного сигнала датчика после подачи импульса подмагничивания с разбросом возможных значений

На рисунке 1 представлена осциллограмма выходного сигнала датчика после подачи импульса подмагничивания, с учетом погрешности ее измерения 2% обозначенной пунктиром.

После аппроксимации экспериментальной зависимости получаем дифференциальное уравнение:

$$h(t) = 139 + 93,76e^{-55t} - 232,76e^{-18t} \text{ мВ/мкТл,}$$

Представим полученное выражение на графике Рис. 2.

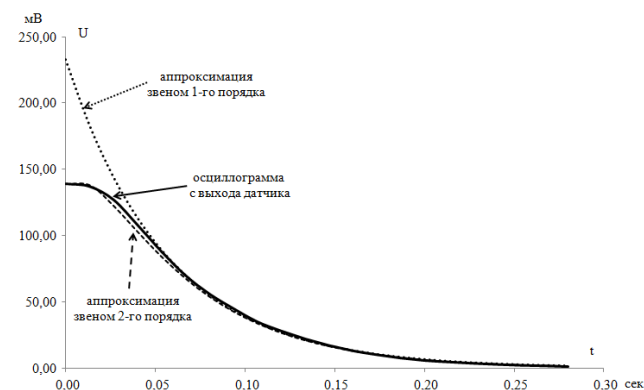


Рис. 2. Передаточная характеристика опытная и аналитическая

Относительная погрешность аналитического уравнения составила 3%.



### Амплитудно-частотный анализ, полученной модели

Из дифференциального уравнения получаем передаточную функцию в операторной форме:

$$W(p) = \frac{139}{(1 + 0,055p)(1 + 0,018p)} \text{ мВ/мкТл}$$

Для оценки динамической характеристики на вход системы подается синусоидальный сигнал, и оцениваются параметры [1]. Произведя расчеты, установили, что выходная зависимость будет иметь вид:

$$Y(t) = \frac{139}{\sqrt{(1 - 0,00099\omega^2)^2 + (0,073\omega)^2}} \cdot 300 \cdot \sin \left[ \omega t - \arctg \frac{0,073\omega}{(1 - 0,00099\omega^2)} \right] \text{ мВ,}$$

Зная выходную зависимость, построим АЧХ (рис.3) и годограф (рис.4).

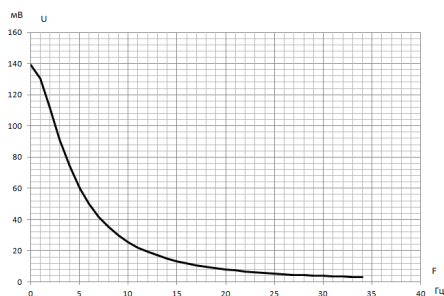


Рис. 3. АЧХ АМР-датчика

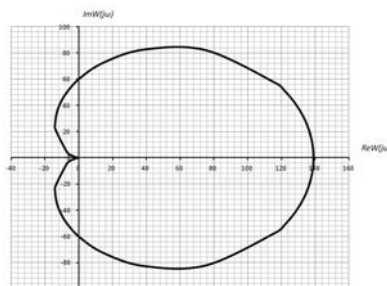


Рис. 4. Годограф АМР-датчик

Проанализировав выходную зависимость получаем максимальную частоту входного сигнала равную 20Гц.

### Вывод

Таким образом, разработанный датчик с примененным в нем способом повышения чувствительности [5] имеет характеристики, рассмотренные в статье. Это позволяет использовать его для измерения изменяющихся во времени магнитных молей в таких системах, как измерение угла поворота, распознавание образа ферромагнитных объектов. Полученные зависимости позволяют прогнозировать отклик датчика на основе АМР-эффекта при изменяющихся входных воздействий.

Полученные экспериментальные данные по сравнению с аналитическими имеют 3% расхождения, что подтверждает их достоверность.



### Литература

1. Балакирев В.С. Экспериментальное определение динамических характеристик промышленных объектов управления. -М.: «Энергия», 1967. -230 с.
2. Теория систем. Стохастические модели: Учеб. пособие А. И. Заико. - М.: Изд-во МАИ, 2005.-196 с.
3. Котенко Г. И. Магниторезисторы. М.: Энергия, 1972. -80 с.
4. Воробьев А.В. Иванова Г.А. Кильметов Э.А. Исследование, моделирование и расчет мостовых сенсорных модулей, построенных на базе АМР-эффекта. Вестник УГАТУ. - № 4(57), Т. 17, - Уфа: УГАТУ, 2013. С. 144-151.
5. Патент на способ РФ №2553740. Способ повышения показателя чувствительности магниторезистивных датчиков Воробьев А. В. (RU), Заико А. И. (RU), Кильметов Э. А. (RU). - 2014111530/28; заявлено 25.03.2014; опубл. 20.06.2015, Бюл. 17.

К.Е. Климентьев

### ВЛИЯНИЕ ДИНАМИКИ СЛУЧАЙНЫХ ГРАФОВ «ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО» ВИДА НА РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭПИДЕМИЙ

(Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва)

**Введение.** На кафедре ИСТ СГАУ силами преподавателей и студентов продолжается разработка инструментальной среды, предназначенной для моделирования распространения саморазмножающихся агентов, таких как компьютерных черви, биологические инфекции, лесные пожары и т.п. На текущем этапе интерес представляет множество графовых моделей среды распространения «эпидемий», которые могут быть реализованы в системе.

**Постановка задачи.** Моделями пространства, в котором развиваются эпидемии мобильных червей (т.е. вредоносных программ, распространяющихся между подвижными устройствами при помощи «близкодействующих» интерфейсов типа BlueTooth или WiFi), обычно являются случайные графы типа Эрдеша-Реньи и так называемые «геометрические» графы. В работе [2] статистические свойства этих графов исследованы с точки зрения практической реализуемости в системе моделирования. В работе [3] показано, что развитие эпидемий SIR-типа в сетях этих двух видов существенно различается (см. рис. 1), но вопрос об адекватности той или иной модели остается открытым.

Вместе с тем, и та и другая модели игнорируют один важный фактор, влияющий на распространение реальных эпидемий, а именно – непостоянство топологии графа. Действительно, в реальности носители мобильных устройств (телефонов, планшетов и т.п.) постоянно перемещаются относительно друг друга, теряя и устанавливая новые связи. Представляется, что адекватной моде-