

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОДХОДОВ К ОБРАБОТКЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ В ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ ВЛАГОМЕРАХ

Дьяченко Ю. Ю., к.т.н.

Восточноукраинский национальный университет имени Владимира Даля  
Украина, 91034, Луганск, кв. Молодежный, 20а, ВНУ, кафедра электромеханики  
тел. (0642) 41-80-02, E-mail: dyach@snu.edu.ua.

*Розглянуто сучасні тенденції в обробці вимірювальної інформації. Запропоновано принципи побудови високочастотних вологомірів зернистих матеріалів.*

*Рассмотрены современные тенденции в обработке измерительной информации. Предложены принципы построения высокочастотных влагомеров зернистых материалов.*

*Многие вещи нам не понятны не потому, что наши понятия слабы, но потому, что сии вещи не входят в круг наших понятий.  
Козьма Прутков*

### ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ В ОБЩЕМ ВИДЕ

Обработка измерительной информации, в частности в приборах контроля влажности высокочастотным (ВЧ) методом, опирается на модель объекта контроля, в данном случае – на модель влажного материала. Каким путем может быть получена такая модель?

Модель – это представление объекта в символьной форме.

**Анализ достижений и публикаций по проблеме.** Господствующее в настоящее время структурно-детерминистское математическое моделирование начало формироваться на протяжении XIV-го – XVII веков: от У.Оккама, предложившего в XIV в. принцип минимализма гипотез – «Бритву Оккама» до труда Р.Декарта «Рассуждение о методе...» [1] (XVII в), в котором он предложил метод научного исследования, состоящий из четырех правил:

1. Тщательно подбирать основоположения и аксиомы.
2. Разделять объект исследования на более простые компоненты.
3. Исследовать последние от простейших к сложным, везде устанавливая порядок.
4. Исследование должно быть максимально полным и широким.

Основой созданного в XVIII в. классического естествознания стал математический язык дифференциального и интегрального исчисления. С тех пор при познании природы сводится к получению однозначной, математически описываемой, структурно адекватной картины явления и созданию техники, которая действовала бы алгоритмично, по наперед заданным правилам: от механических андроидов средневековья (хотя первые андроиды существовали уже в начале нашей эры) до шахматного суперкомпьютера Deep Blue, обыгравшего чемпиона мира среди людей. **Структурно-детерминистское** математическое моделирование описывает (конструирует) модель, структурно адекватную объекту (предмету, процессу, явлению и пр.) средствами математики и логики.

До середины XX века объекты, к которым применялся метод, были достаточно простыми. Методы статистики и теории вероятностей за счет упрощений позволяли описывать и достаточно сложные объекты.

Однако, после качественного скачка в технике в 40-60-х годах XX века, (создание ЭВМ, использование атомной энергии, выход в космос, телевидение, реактивная авиация) наступила стагнация.

**Связь проблемы с важными научными и практическими задачами.** С переходом к постиндустриальной стадии развития изменения стали происходить в средствах вычислений. Во второй половине

XX века быстрыми темпами (количественно) стали развиваться компьютеры, появилась Всемирная Сеть, и были созданы предпосылки для развития доступно (на ПК) вычислительного моделирования процессов и явлений и управления ими (в том числе с помощью нечеткой логики) на основе созданных моделей.

С другой стороны, появилась необходимость описывать сложные нелинейные неустойчивые открытые системы и процессы в них. Были созданы теории, описывающие поведение хаотических систем, в частности, теория протекания.

Глобальность изменений во взглядах на мир и на его описание математическими моделями характеризует следующий исторический факт. В 60-х годах XX века сэр Джон Лайтхилл, президент Международной ассоциации математических исследований, посчитал своим долгом принести извинения просвещенному сообществу за то, что 300 лет математики вводили человечество в заблуждение, так как концепция абсолютного детерминизма оказалась далеко не безусловной [2].

Как следствие стала развиваться **функционально-хаотическая парадигма**, делающая упор на структурно неадекватном объекту моделированию с целью получения, описания и воспроизведения экспериментальных данных. В этом случае объект рассматривается как "черный ящик". Описание сложных объектов сводится к отбрасыванию несущественных входов и выходов и подбору зависимостей, описывающих взаимосвязь оставшихся. В итоге начал изменяться подход к получению научных результатов: все большее число статей посвящено методике, инструментам и результатам численного моделирования, аналитические формулы появляются все реже (да и то зачастую в виде аппроксимаций). "Сумма знаний, накопленных человечеством" стала слишком большой для одного человека и знание стало заменяться верой (не только в религиозном смысле – многие теории выходят за рамки понимания неспециалиста). Сложность технических, социальных, экономических процессов перерастает возможности человека, и он начинает терять непосредственный контроль за созданным им миром. Управление переходит в руки кибернетических функционально-эмпирических систем.

Очевидно, что два обозначенных подхода ортогональны, и невозможно сказать, какой из них "лучше" или "хуже" в общем случае. Наоборот, они дополняют друг друга. Обоснованность их применения зависит от характера решаемой задачи.

### ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Рассмотрим приложение рассмотренных типов моделирования к задачам **определения влажности зернистых материалов (ЗМ) ВЧ методом.**

**Выделение нерешенных ранее частей общей проблемы.** ВЧ контроль влажности предусматривает

воздействие на контролируемый материал, размещенный в специальном датчике, ВЧ электромагнитным полем и анализ поведения материала в этом поле.

Основной сложностью при конструировании ВЧ влагомеров является аналитическое установление связи электрических свойств ЗМ, геометрии его частиц, химического состава, плотности и влажности. В настоящее время такие зависимости получены для частиц в форме сфер [3] и эллипсоидов вращения [4]. Однако, частотно - влажностные характеристики рассчитываются с учетом ряда допущений, в частности, о форме силовых линий поля в частицах и межчастичном пространстве. Для повышения точности и расширения круга измеряемых материалов необходимо рассмотрение возможных путей обработки экспериментальным путем получаемой информации (в случае ВЧ-влажнометрии это сигнал, несущий информацию о проводимости ЗМ на определенной частоте).

#### ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ ИССЛЕДОВАНИЯ

В соответствии с рассмотренными парадигмами можно указать *два способа интерпретации экспериментальных данных*:

**1. Структурный:** полученная экспериментальным путем информация преобразуется по некоторым формулам неэмпирического происхождения. Данный подход базируется на математическом моделировании, в соответствии с которым, реальной структуре ставится в соответствие идеализированная, построенная средствами логики и математики. Компьютерной моделью в данном случае является условный образ объекта или некоторой системы объектов (или процессов) и отображающий структуру и взаимосвязи между элементами объекта. В данном случае примером является аналитический (исходя из уравнений поля) расчет электрических свойств материала, по которым, в свою очередь определяется влажность материала.

**2. Функциональный,** когда информация, полученная от измерительного преобразователя преобразуется в результат измерения по алгоритмам и правилам, полученным в результате анализа экспериментальных данных, полученных априорно, до данного опыта. Базируется на имитационном моделировании, при котором модель исследуемого объекта имитирует некоторые задаваемые свойства объекта. Компьютерной моделью в данном случае является программа (совокупность программ, программный комплекс) позволяющий с помощью последовательности вычислений и графического отображения их результатов, воспроизводить (имитировать) процессы функционирования объекта (системы объектов) при условии воздействия на объект различных, как правило, случайных, факторов. При этом иногда не требуется декомпозиция объекта и расчет его структурных составляющих. Как пример можно привести экспериментальным путем полученные градуировочные характеристики и обученные нейронные сети.

Достоинством первого подхода можно назвать возможность допытного расчета свойств материалов, в то время как во втором случае необходимы экспериментальные исследования, прежде чем можно будет приступить к измерениям. Однако второй подход позволяет обойтись без трудоемких, и, иногда неоправданно сложных, расчетов свойств гетерогенной среды.

В настоящее время при конструировании ВЧ влагомеров целесообразно *использование обоих подходов*: поддающиеся формализации задачи решаются построением логико-математических моделей; задачи, формализация которых требует слишком больших затрат, описываются эмпирически.

До сих пор при нахождении электрических свойств объема ЗМ предполагались упорядоченная [3] или квазихаотическая (комбинация упорядоченных) [4] упаковки. Большую адекватность при нахождении эффективной электропроводности неупорядоченной системы с значительной неоднородностью электропроводности можно получить, применяя *теорию протекания* [6, с.150-159]. Поэтому для расчета электрических свойств макрообъема ЗМ, в котором частицы уложены хаотично, целесообразно применение теории протекания и модели Шкловского – де Жена для расчета электрических свойств упаковки с хаотически распределенными в пространстве узлами. Перспективно построение математической модели дробленого, молотого угля частицами сферической формы разного диаметра, так как частицы угля значительно отличаются друг от друга по величине. При решении этой задачи возможно использование частного случая теории протекания: вычисления проводимости случайной сетки сопротивлений с очень большим разбросом величин.

Связь между электрическими свойствами объема ЗМ (которые получены в результате измерения) и материала частицы ЗМ благодаря *теории электромагнитного инварианта Б.И. Невзлина* [5] получена в виде аналитических формул. Мы имеем возможность получить величины активной и реактивной проводимости частицы и межчастичного пространства по величинам емкости и сопротивления объема ЗМ на двух частотах электрического поля.

Расчет удельных электрических параметров материала частицы ЗМ по электрическим свойствам частицы требует расчета электрического поля в частице, находящейся в ЗМ. В общем виде эта задача пока не решена и требует расчета *уравнения Лапласа*.

Функция влажности объема ЗМ от удельных электрических параметров материала частицы ЗМ зависит от ряда параметров (свойства материала, примеси) и в общем виде плохо формализуема – поэтому ее целесообразно искать с помощью тренированной *нейронной сети*.

#### ВЫВОДЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Таким образом, для решения задачи определения влажности ЗМ ВЧ методом необходимо использование как структурного, так и функционального подходов: поддающиеся формализации задачи решаются построением логико-математических моделей; задачи, формализация которых требует слишком больших затрат, описываются эмпирически.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Декарт Р. Рассуждение о методе, чтобы верно направлять свой разум и отыскивать истину в науках // <http://lib.km.ru/page.asp?id=3412&p=1>.
- [2] Чуличков А. Теория катастроф и развитие мира // Наука и жизнь. – 2001. – № 6. – С. 28-35.
- [3] Дубров Н.С., Кричевский Е.С., Невзлин Б.И. Многопараметрические влагомеры для сыпучих материалов. – М.: Машиностроение, 1980. – 144 с.
- [4] Дьяченко Ю.Ю. Электрический двухпараметровый метод и реализующее его устройство для контроля влажности зернистых материалов: Автореф. дис... канд. техн. наук: 05.11.13. – Харьков, 2002. – 18 с. // <http://www.nbuv.gov.ua/ard/2002/02dyvzm.zip>.
- [5] Невзлин Б.И. Выявление и применение электромагнитного инварианта математической модели контролируемой среды с активно-реактивными компонентами // Вестник Восточноукраинского государственного университета. – № 2. – 1997. – С. 155-161.
- [6] Шкловский Б.И., Эфрос А.Л. Электронные свойства легированных полупроводников. – М.: Наука, 1979. – 416 с.

Поступила 20.07.2003