

УДК004.42

КОМПЬЮТЕРНАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МАГНИТООПТИЧЕСКОГО СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА И МАГНИТНОГО ПОЛЯ

Т.М. ЛЕВИНА, В.Н. ФИЛИППОВ,
Р.Г. ШАРАФИЕВ,
А.А. АЛЬМУХАМЕТОВ,
Э.Р. ГИМАЛЕТДИНОВА

УФИМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НЕФТЯНОЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Для разработки и создания современных магнитооптических средств измерения электрического тока и магнитного поля авторами обращено внимание на то, что методы их метрологического обеспечения не могут быть автоматически заимствованы из традиционной метрологии для дискретных датчиков. Для решения данной проблемы предлагается компьютерная модель, позволяющая смоделировать конструкционные и метрологические основы проектирования магнитооптических средств измерения электрического тока и магнитного поля для контроля искро- и взрывобезопасности непрерывных технологических процессов в нефтегазовой отрасли. Содержательная постановка задачи разработки компьютерной модели выявила, что популярные математические пакеты способны эффективно исследовать большое число задач математического расчета, но никак не все, так как многие задачи технического проектирования средств измерения, как правило, очень индивидуальны.

Ключевые слова: компьютерная модель, проектирование, магнитооптические средства, магнитное поле, электрический ток, программное обеспечение.

ВВЕДЕНИЕ

Безопасное измерение электрического тока и магнитного поля в условиях отвечающих требованиям искро- и взрывобезопасности, а также поддержание работоспособности производственных условиях является сложной технической задачей. Особенно важно решать эту проблему на объектах нефтегазовой отрасли, когда в непрерывном технологическом процессе участвует разнообразное оборудование: ректификационные колонны, накопительные емкости, реакторы, трубопроводы, насосы, компрессоры, пере-

SUBSTANTIVE PROBLEM STATEMENT OF COMPUTER MODELS FOR DESIGN MAGNETO-OPTICAL TOOLS OF MEASURING ELECTRICAL CURRENT AND MAGNETIC FIELD

T.M. LEVINA, V.N. FILIPPOV, R.G.
SHARAFIEV, A.A. ALMUHAMETOV,
E.R. GIMALETDINOVA

To overcome the problem of development and creation of modern measuring devices magneto-electric current and magnetic field in the article the authors drew attention to the fact that the methods of metrological support can not be automatically taken from the traditional foundations of metrology for discrete sensors or the old measuring devices based on them. To solve this problem is offered to build a computer model to simulate structural and metrological principles of design tools for measuring magneto-electric current and magnetic field to control the spark, explosion continuous process oil and gas industry. Informative statement of the problem of development of computer models revealed that the popular mathematical packages are able to effectively investigate a large number of mathematical calculation problems, but not all, as many of the technical design of measuring instruments tasks tend to be very individual.

KEYWORDS: computer model, design, magneto-optical tools, magnetic field, electric current software.

даточные механизмы, неисправности которых могут вызывать искрение, короткое замыкание, нагревание и загорание электропроводов.

На сегодняшний день существует широкая номенклатура средств измерения электрического тока и магнитного поля. Выбор того или иного средства измерения определяется размером измеряемой величины, типом тока (постоянный или переменный), частотой, требуемой точностью измерения, условиями применения (лабораторные, цеховые, полевые и т.п.), влиянием внешних условий (температуры, магнитного поля,

вибраций и т.д.) и др. Это приводит к многомерности и масштабности измерений, увеличению количества данных измерения, противоречию метрологических требований, увеличению издержек на поверку средств измерения и дороговизне [6].

В последнее время прорыв в области измерения сильных постоянных токов связан с применением оптических волокон в качестве чувствительных элементов [5]. Эти новейшие технологии обеспечивают высокую точность, надежность, сопряжение с web-интерфейсом [7, 9], малогабаритность. Принцип построения таких средств измерения основан на использовании магнитооптических эффектов в специфических доменных структурах, перестраиваемых под воздействием внешних полей (тепловых, магнитных и т.д.).

Магнитооптические средства измерения электрического тока и магнитного поля (МОСИЭМ) используют также способы, которыми можно разделить или отфильтровать световые волны в соответствии с их поляризациями.

Поляризация с помощью стеклянной пластинки. Поляризацию света можно получить с помощью оптической поверхности. Когда неполяризованный пучок пересекает оптическую поверхность раздела двух сред под косым углом, происходит частичная поляризация отраженной и преломленной волн.

Поляризация за счет двулучепреломления. Одним из физических явлений, имеющих место в оптически активных веществах, является то, что вещество имеет различные показатели преломления для различных ориентаций поляризации. Это свойство и будет двулучепреломлением.

Поляризация за счет селективного поглощения. Поляризацию можно также получить с помощью дихроичных веществ, т.е. селективного поглощения одной из ортогональных поляризаций неполяризованной световой волны.

Свет, распространяющийся по оптическому волокну, может претерпевать изменение поляризации вследствие различных внешних воздействий, что и используется при создании сенсоров.

Магнитооптический эффект Фарадея (1845 г.) заключается в том, что под воздействием магнитного поля, вектор напряженности которого сонаправлен с направлением света, наблюдается поворот плоскости поляризации света, проходящего через вещество.

Если изготовить кольцо из множества витков оптического волокна и намотать на это кольцо провод, то, пропустив электрический ток, можно получить преобразователь магнитного поля, обладающий высокой чувствительностью. При этом угол вращения плоскости поляризации

$$\varphi = V N_f N I,$$

где I – электрический ток; N_f – число витков кольца

Т.М. ЛЕВИНА, В.Н. ФИЛИППОВ, Р.Г. ШАРАФИЕВ,
А.А. АЛЬМУХАМЕТОВ, Э.Р. ГИМАЛЕТДИНОВА
КОМПЬЮТЕРНАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ
МАГНИТООПТИЧЕСКОГО СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ
ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА И МАГНИТНОГО ПОЛЯ

из оптического волокна; N_i – число пересечений электрического тока с витками волокна [8].

Дальнейшее развитие и создание МОСИЭМ позволяет обратить внимание на то, что методы их метрологического обеспечения не могут быть автоматически заимствованы из традиционной метрологии для дискретных датчиков или средств измерения, созданных на их основе. Поэтому для решения данной проблемы авторами статьи предлагается компьютерная модель, позволяющая смоделировать конструктивные и метрологические основы проектирования МОСИЭМ для контроля искро- и взрывобезопасности непрерывного технологического процесса в нефтегазовой отрасли.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Детальная проработка структуры подобных компьютерных моделей представляет нетривиальную задачу. Разработке компьютерной модели предшествуют эмпирические, вербальные, структурные, математические и алгоритмические построения.

Рассмотрим взаимодействие иерархических уровней проектирования, стадий проектирования и этапов проектирования (рис. 1). Как видно, решение задачи взаимодействия уровней, стадий и этапов проектирования сводится к применению численных методов [3].

ВОЗМОЖНОСТИ СУЩЕСТВУЮЩИХ МАТЕМАТИЧЕСКИХ ПАКЕТОВ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ КОМПЬЮТЕРНОЙ МОДЕЛИ

Рассмотрим популярные математические пакеты (Maple, Matlab, Mathematica и Mathcad). Они относятся к классу инженерных программ автоматизированного проектирования:

- использование как обычного калькулятора;
- построение графиков;
- упрощение выражений в решении задач разной сложности;
- не требуют углубленных знаний программирования, в них используется принцип конструирования модели;
- решение большого спектра различных задач, например анализа и обработки данных, математического моделирования, виртуализации, разработки и анализа алгоритмов и другие.

Стоит заметить, что каждое программное обеспечение имеет свои преимущества и недостатки.

На основе этой таблицы можно сделать вывод, что все описанные программы похожи друг на друга, но и в то же время имеют существенные отличия [4]. Одни работают быстрее, другие медленнее, некоторые требуют углубленного знания математики и программирования, отличаются и функционалы программ.

Сравнение популярных математических пакетов позволило сформулировать систему требований, в



Рис. 1.

Взаимодействие иерархических уровней проектирования, стадий проектирования и этапов проектирования

ТАБЛИЦА 1.

Сравнение популярных математических пакетов

Программное обеспечение	Matlab	Mathcad	Mathematica	Maple
Характеристики				
Скорость	+	-	+	+
Бесплатная	-	-	-	-
Проста в понимании	-	+	-	-
Не нужны углубленные знания математики	-	+	-	-

числе которых: модульность; использование простого объектно-ориентированного языка; автоматическая организация процесса обработки данных и связей с модулями модели; ведение банка данных расчетов и составление отчета о результатах проделанного анализа; диалоговый режим работы пользователя с компьютерной моделью; совместимость с другим программным обеспечением.

ВЫБОР МЕТОДОЛОГИЧЕСКОГО ПОДХОДА

При выборе методологического подхода особое внимание заслуживает объектно-ориентированный подход (ООП), с появлением которого основной единицей конструирования стал объект, объединяющий некую структуру данных с набором необходимых для их обработки методов. Кроме того, с помощью механизма наследования стали доступны возможности строить иерархии классов объектов, развиваю-

щих, конкретизирующих и воплощающих некоторый набор базовых идей, заложенных в корневых классах такой иерархии. Данная парадигма программирования в настоящее время является господствующей [2], рассмотрим ее базовые понятия более подробно (табл. 2).

ВЫБОР ЯЗЫКА ПРОГРАММИРОВАНИЯ

На стадии разработки и утверждения технического задания для проектирования МОСИЭМ. Решение этой задачи можно упростить, если отталкиваться от наличия того или иного транслятора и умения программировать на некотором языке. Если в распоряжении пользователя имеется несколько языков программирования и программных пакетов, то необходимо учитывать большое множество факторов [3].

Рассмотрим возможности современных языков программирования: C++, C#, Java, Delphi.

C++ – компилируемый строго типизированный язык программирования общего назначения. Поддерживает такие парадигмы программирования как: процедурную, обобщенную, функциональную; наибольшее внимание уделено поддержке объектно-ориентированного программирования.

Java – строго типизированный язык программирования. Программы на Java транслируются в байт-код, выполняемый виртуальной машиной Java (JVM) – программой, обрабатывающей байтовый код и передающей инструкции оборудованию как интерпретатор. Достоинством подобного способа выполнения программ является полная независимость байт-кода от операционной системы и оборудования, что позво-

ТАБЛИЦА 2.

Базовые понятия ООП для построения компьютерной модели

№	Название	Характеристика
1	Инкапсуляция	Скрытие деталей реализации классов средствами описания отдельных его элементов соответствующими модификаторами доступа. Таким образом, функциональность объекта, программы группируется в открытый интерфейс, а детали тщательно скрываются внутри, что позволяет отделить основной код от поведения. Инкапсуляция повышает надежность работы программного кода, поскольку гарантирует, что определенные данные не могут быть изменены за пределами содержащего их класса.
2	Наследование	Свойство объектов компьютерной модели, в результате которого объединенные в классы элементы модели получат возможность обращаться к подданным классам. В объектно-ориентированном программировании есть возможность наследовать структуру и поведение класса от другого класса. Связи наследования классов образуют иерархию классов. Множественным наследованием называют определение производного класса сразу от нескольких суперклассов. Наследование – это эффективный способ выделения многократно используемых фрагментов кода.
3	Абстрагирование	Возможность объединять классы по концепции в отдельные группы. Собственно, абстрагирование и есть следствие наследования. Наследование и абстрагирование позволяют описывать структуры данных программы и связи между ними точно так же, как выглядят соответствующие им объекты в рассматриваемой компьютерной модели.
4	Интерфейс	Явное, открытое выделение методов и свойств самого класса. Это свойство поддерживают такие языки программирования, в которых множественное наследование компенсируется тем, что любой объект может иметь один базовый объект и реализовывать любое количество интерфейсов.
5	Полиморфизм	Свойство, которое дает возможность единообразного общения с объектами разных классов через определенный интерфейс. Идеология полиморфизма гласит, что для общения с объектом вам не нужно знать его тип, а нужно знать, какой интерфейс он поддерживает.

ТАБЛИЦА 3.

Сравнение языков программирования

Языки программирования	Delphi	C++	Java	C#
Характеристики				
Объектно-ориентированный язык	+	+	+	+
Библиотеки	+	+	+	+
Сборка мусора	–	–	+	+
Динамическая типизация	–	–	–	+
Вывод типов переменных из инициализатора	–	–	–	+
Обобщенное программирование	+	–	+	+
Параметрический полиморфизм	–	–	+	+
Ручное управление памятью	+	+	–	+
Популярный	–	+	+	+

ляет выполнять Java-приложения на любом устройстве, для которого существует соответствующая виртуальная машина.

Delphi – императивный, структурированный, объектно-ориентированный язык программирования со строгой статической типизацией переменных. Основная область использования – написание прикладное программное обеспечение.

C# - объектно-ориентированный язык программирования. Он относится к семье языков с C-подобным

синтаксисом, из них его синтаксис наиболее близок к C++ и Java. Язык простой и многофункциональный. В нем собраны все достоинства разных языков. Быстродействие приближается к языку Assembler. Язык C# имеет 300 000 библиотек разных функций, которые работают с максимальным быстродействием.

На основе составленной таблицы для проектирования МОСИЭМ был выбран язык программирования C#. Таким образом, мы определили, что популярные математические пакеты

способны эффективно исследовать большое число задач математического расчета, но никак не все, так как многие задачи технического проектирования средств измерения, как правило, очень индивидуальны. Также удалось подобрать язык программирования C#.

ЛИТЕРАТУРА

1. БАШИРОВ М.Г., Чурагулов Д.Г., Филиппов В.Н., НАСЫРОВ Э.М. Программное средство диагностики электродвигателя машинного агрегата методом спектрального анализа высших гармонических составляющих тока и напряжения // Кибернетика и программирование. 2015. № 6. С. 6-20. doi: 10.72-56/2306-4196.2015.6.17625.
2. Бродский Ю.И. Модельный синтез и модельно-ориентированное программирование – технология имитации, ориентированная на распределенные и высокопроизводительные вычисления. М.: Вычислительный центр им. А.А. Дородницына РАН, 2013. 142 с.

3. Вишнекова В., Иванов Е. М., Использование методов теории принятия решений при проектировании программного обеспечения в соответствии с государственным отраслевым стандартом // Вестник компьютерных и информационных технологий. 2013. № 12. С. 50–55.
4. Левина Т.М., Филиппов В.Н., Насырова Р.Т. Построение математической модели информационно-измерительной системы контроля электрического тока и магнитного поля // Кибернетика и программирование. 2016. № 1. С. 292–309. doi: 10.7256/2306-4196.2016.1.17675.
5. Окосси Т. Волоконно-оптические датчики / Т. Окосси, К. Окамото, М. Оцу, Х. Нисихара, К. Кюма, К. Хататэ. Л.: Энергоатомиздат, 1990. 256 с.
6. Ураксеев М.А., Левина Т.М. Применение магнитооптического элемента фарадея в информационно-измерительных системах контроля магнитного поля и электрического тока // Прикаспийский журнал: Управление и высокие технологии. 2008. №2. С. 24–31.
7. Ураксеев М.А., Левина Т.М., Шамаев Ф.Ф., Кулябин А.С. Разработка волоконно-оптических систем для учета, мониторинга и прогнозирования работы высоковольтного оборудования в СУБД с web-интерфейсом // Электротехнические и информационные комплексы и системы. 2015. Т. 11. № 1. С. 97–103.
8. Филиппов В.Н., Насырова Р.Т. Исследование технических характеристик информационно-измерительного прибора на волоконно-оптических элементах // Фундаментальные и прикладные исследования в технических науках в условиях перехода предприятий на импортозамещение: проблемы и пути решения: Сб. трудов Всероссийской научно-технической конференции с международным участием (17-18 декабря 2015). Т. 2. Уфа: Изд-во УГНТУ, 2015. С. 356–358.
9. Filipova A.G., Filippov V.N., Sultanova E.A. Author's Method of Designing Unified User Interface Web-Sites // World Applied Sci. J. 2014. Vol. 29. № 6. P. 758–763. doi: 10.5829/idosi.wasj.2014.29.06.139-25.

Левина Т. М.,
к.т.н., зав. кафедрой общенаучных дисциплин филиала
Уфимского государственного нефтяного технического
университета

✉ e-mail: tattin76@mail.ru

Филиппов В.Н.,
к.т.н., доцент кафедры вычислительной техники и инже-
нерной кибернетики Уфимского государственного нефтяно-
го технического университета

✉ e-mail: VTIK-Ufa@mail.ru

Шарафиев Р.Г.,
д.т.н., профессор кафедры технологии нефтяного аппара-
тостроения Уфимского государственного нефтяного техни-
ческого университета

✉ e-mail: sharafiev47@mail.ru

Альмухаметов А.А.,
к.т.н., доцент кафедры вычислительной техники и инже-
нерной кибернетики Уфимского государственного нефтяно-
го технического университета

✉ e-mail: aza73@mail.ru

✉ 450062, Респ. Башкортостан, г. Уфа, ул. Космонавтов,
д. 1, тел.: +7 (347) 242-03-70