

Для получения объективной информации о виде огнезащитного состава предлагается использование ручных спектрометров, которые предназначены для накопления спектра, его количественной обработки и анализа. Для получения анализируемого спектра используется определенный вид излучения (рентгеновское, лазерное, искровое), а его регистрация происходит путем флуоресценции. Как правило, в ходе исследования измеряются интенсивность излучения, его длина, волна, частота, но могут быть определены и другие параметры. Приборы работают в широком диапазоне длин волн.

Фурье-спектрометры - универсальные приборы, позволяют решать разнообразные задачи в области неразрушающего контроля качества материалов, покрытий, анализа химического состава препаратов, контроля экологической обстановки, выявления отклонений качества окружающей среды и др.

Рассмотрен вариант системы организации процесса идентификации огнезащитных покрытий строительных конструкций в Республике Беларусь. Исполнителем процесса идентификации выступают надзорные службы МЧС, представители которых при приемке строительного объекта смогут контролировать, тип и состав нанесенного вещества огнезащиты. В докладе приведены организационно – технические проблемы, возникающие при решении задачи идентификации в такой постановке.

Главная проблема в организации процесса идентификации заключается в том, что каждая проверка сопровождается запросами к производителю образцов продукции, их пересылкой через всю страну, последующим сравнением.

В докладе рассмотрено возможное решение задач, в основе которого заложена идея создания единого реестра огнезащитных средств, допущенных для применения в Республике Беларусь. Реестр должен включать сведения о поставщиках и производимых ими огнезащитных веществах и материалах, обеспечивающих требуемые пределы огнестойкости строительных конструкций. Основные задачи ведения реестра:

– регистрация сведений об огнезащитных материалах, прошедших идентификацию, и их производителях;

– хранение и обеспечение достоверности информации, находящейся в реестре;

– хранение образцов материалов, прошедших идентификацию;

– обеспечение сравнительного анализа идентификационных признаков представляемых материалов с хранящимися в базе данных признаками, в том числе с образцами материалов.

Организация, претендующая на включение производимого ею огнезащитного материала в реестр должна заявиться в уполномоченный центр МЧС и предоставить необходимую техническую документацию, а также контрольный образец огнезащитного состава. В центре МЧС проводятся испытания огнестойкости покрытия из этого материала по стандартной методике и определяются характеристики огнестойкости. Параллельно в центре МЧС методом фурье - спектроскопии производится определение спектрограммы покрытия, которая заносится в реестр и является неотъемлемой характеристикой идентификации данного материала.

Таким образом предложено использовать метод «эталона-свидетеля». Эталон-свидетель обладает теми же свойствами, что и покрытие, нанесенное на строительную конструкцию. Он позволяет контролирующим органам, посредством сличения спектрограмм убедиться в том, что на поверхности строительной конструкции нанесен огнезащитный состав, соответствующий заявленному типу.

При сдаче объекта, МЧС в рамках приемочного контроля с помощью ручного спектрометра по определенной методике проводит измерения состава. Далее проводится сравнение спектрограммы, полученной по результатам измерений фурье-спектрометром на объекте, со спектрограммой, хранящейся в реестре. По итогам идентификации принимается решение о соответствии или не соответствии огнезащитного состава заявленному типу.

УДК 621.317.4; 621.317; 004.942

СНИЖЕНИЕ РАЗМЕРНОСТИ КОНЕЧНОЭЛЕМЕНТНЫХ ЗАДАЧ ПРИ АНАЛИЗЕ МАГНИТНЫХ ЦЕПЕЙ

Скурту И.Т., Брановицкий И.И.

*Государственное научное учреждение «Институт прикладной физики НАН Беларуси»
Минск, Республика Беларусь*

Нелинейность реальных задач неразрушающего контроля и прикладной физики в целом создает значительные сложности при моделировании. Часто сразу несколько нелинейных факторов определяют поведение системы, значи-

тельно замедляя и усложняя сходимость численных методов.

Прямая линеаризация в нелинейных задачах (например, работа с постоянной магнитной проницаемостью) не всегда допустима. Тем не менее,

зачастую целью исследования является изучение поведения части системы. В таких случаях можно понижать размерность задачи с помощью специального нелинейного преобразования, связывающего пространство состояний части системы с пространством состояний системы пониженной размерности. В общем случае понижение размерности конечноэлементной задачи выражается в уменьшении числа степеней свободы (количества переменных в системе уравнений), что может достигаться как непосредственным понижением геометрической размерности (например, переход из 3D в 2D для осесимметричных задач), так и рассмотрением эквивалентной задачи той же размерности, имеющей другую геометрию. Именно геометрия в сочетании со скоростью пространственного изменения (градиента) рассматриваемой величины определяет требования к параметрам сети конечных элементов (их количество задает количество неизвестных в системе уравнений). Численное моделирование в случае задач с известным решением (например, классических либо вошедших в отраслевые справочники) позволяет провести предварительную верификацию ресурсосберегающего метода, а затем распространить его на задачу, размерность для которой нужно снизить. В этом и заключается геометрическая инвариация – сохранение информативных характеристик поведения системы при изменении её геометрии.

В качестве примера рассмотрим задачу обнаружения короткозамкнутого витка малого диаметра на тороидальном магнитопроводе. Специфика задачи – в малом диаметре провода обмотки (порядка 0.1 мм) и большом количестве (до 10000) исправных витков, что делает невозможным выявление такого витка стандартным методом (по току холостого хода). В этом случае требуется точность измерения тока значительно превышает достижимую точность измерения электрических величин в цепях с магнитным сердечником.

Постановкой задачи является определение условий, при которых влияние одного короткозамкнутого витка становится значимым.

Если рассматривать намагничивание тороидального магнитопровода одиночным витком с током (при условии, что по остальным виткам в обмотке ток не протекает), то распределение магнитной индукции по окружности быстро становится однородным уже при проницаемостях порядка 50 – 500 (рисунок 1).

Наибольшая неоднородность наблюдается при единичной проницаемости. Таким образом, необходимо обеспечить снижение проницаемости сердечника, например, за счет введения его в насыщение и/или перемагничивания повышенной частотой. Снижение проницаемости с одной стороны увеличивает неоднородность распределения

индукции по сечению, а с другой стороны снижает отношение сигнал/шум для ЭДС самоиндукции (и тока) КЗ-витка. При этом рост частоты увеличивает соотношение сигнал/шум, а также снижает намагничивающий ток вследствие роста импеданса нагрузки. Также параметры рабочей точки не должны приводить к перегреву изделия.

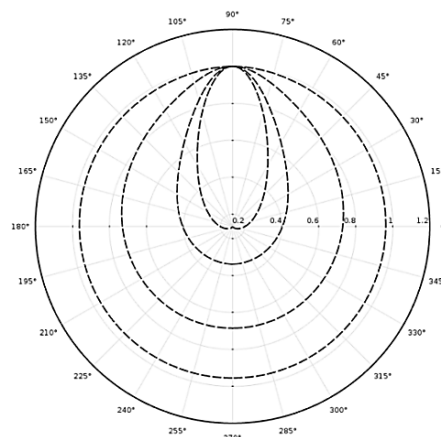


Рисунок 1 – относительное распределение магнитной индукции по средней линии тороидального сердечника при различных проницаемостях: 1, 10, 50, 500. Намагничивание осуществляется единичным витком, облегающим сечение по малому радиусу.

Внутренняя пунктирная линия соответствует единичной проницаемости; внешняя – 500

Для упрощения разработки и отладки оборудования неразрушающего контроля следует определить оптимальный набор информативных параметров. В данной задаче частота и амплитуда сигнала перемагничивания являются параметрами, управление которыми наиболее технологично (с учетом проведения остальных испытаний).

Изменение частоты перемагничивания способно очень сильно влиять на размерность задачи, поскольку накладывает ограничения на максимальный размер конечного элемента (он должен быть в три раза меньше, чем толщина скин-слоя). Применение эквивалентных кривых намагничивания, отражающих поведение материала (зависимость амплитуды средней по сечению магнитной индукции от амплитуды внешнего магнитного поля) на определенных частотах, позволяет моделировать материал с нулевой электропроводностью, устраняя скин-эффект, как фактор нелинейности. Такой подход снижает общую размерность задачи в сотни раз.

Витой магнитопровод, являющийся типовым для рассматриваемой задачи, может иметь до пятидесяти слоев стали, навитых друг на друга. Исключение из рассмотрения межслоевого взаимодействия (рассмотрение одного витка из пятидесяти) мало влияет на точность получения эквивалентной кривой намагничивания, необходимую для оценки поведения этой магнитной цепи.

Типовая конфигурация для получения эквивалентных кривых намагничивания может быть следующей:

- 1) Осесимметричная двухмерная задача;
- 2) Намагничивание производится одиночным током, текущим по оси симметрии задачи (отличия по уровню магнитной индукции от намагничивания тороидальной обмоткой менее 10 %; при этом центрально-симметричное намагничивание намного проще формализуется и позволяет избежать проблем сходимости в случае использования токонесущей поверхности для описания сечения тороидальной обмотки);
- 3) Наблюдение ведется за сечением кольца, выполненного из стали 3408 (холоднокатаная, электротехническая, анизотропная). Габариты кольца: внутренний диаметр 60 мм, толщина 0,3 мм, высота 10 мм;
- 4) В качестве основной кривой намагничивания закладывается квазистатическая характеристика, взятая из [1];
- 5) В качестве результата измерения амплитуды магнитной индукции принимается максимум средней по сечению магнитной индукции за период перемагничивания;
- 6) В качестве результата измерения амплитуды внешнего магнитного поля принимается максимум среднего по линии над верхней гранью сечения магнитного поля за период перемагничивания. Воспроизводится измерительный принцип катушки поля в отсутствии помех; Расстояние от линии до грани – 0.01 мм;
- 7) Намагничивание производится синусоидальным током. При этом магнитный поток в сечении образца несинусоидален.
- 8) Плотность разбиения для частоты 50 Гц составляет порядка 250 вершин/мм² (треугольные элементы).

Полученные численные результаты хорошо согласуются с экспериментальными данными [1] для этого же материала на частоте 50 Гц.

Следующим после верификации шагом может являться уменьшение сечения кольца до размеров

0.3 x 0.3 мм. Это позволяет значительно снизить число конечных элементов в разбиении. Значения расчетной кривой намагничивания (РКН) при этом изменятся в сторону более высоких индукций, однако характер поведения полностью сохранится. Для того, чтобы максимально приблизить значения РКН к экспериментальным следует в свойствах стали повысить электропроводность (на сколько именно – можно узнать за несколько быстрых расчетов). Это приведет к росту уровня вихревых токов и снижению индукции. При этом увеличение числа конечных элементов для корректного воспроизведения градиента индукции будет в разы меньше, чем снижение их числа за счет уменьшения геометрии. Это позволяет рассчитывать кривые намагничивания на других частотах намного быстрее.

Далее для оценки поведения магнитопровода с одним короткозамкнутым витком можно использовать 2D приближение – сечение трубы с короткозамкнутым витком в виде противотока, смещенного от центра к периферии. В этом случае будет перемагничиваться только внутренняя часть кольца, поскольку распространение магнитного поля в этой постановке ограничивается экранирующим воздействием самого сечения (дистанция течения тока совпадает с длиной трубы). В этом случае РКН можно корректировать, вводя линейные множители для всей кривой сразу.

Метод геометрической инвариации позволяет сокращать вычислительные затраты за счет сведения задачи к анализу «минимальной» геометрии путем выбора закладываемых в расчет свойств среды. Находя баланс между эквивалентной электропроводностью и магнитной проницаемостью, можно на три-четыре порядка снизить размер итоговой конечноэлементной задачи.

Литература

1. Молотилов, Б.В. Холоднокатаные электротехнические стали / Б.В. Молотилов, Л.В. Миронов, А.Г. Петренко. – М.: Металлургия, 1989. – 168 с.

УДК 535.241.41.081:004.352

СОЗДАНИЕ СКАНЕРА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ ЕДИНИЦЫ СВЕТОВОГО ПОТОКА ЛЮМЕН Сосновский А.А., Скумс Д.В.

*Республиканское унитарное предприятие «Белорусский государственный институт метрологии»
Минск, Республика Беларусь*

Представлены результаты работы по созданию сканера для поверхности интегрирующего шара. Сканер предназначен для оценки относительной отражающей способности внутренней поверхности интегрирующего шара ISP 2000. Описан принцип работы сканера и технические характеристики.

Введение. В 2015 году в БелГИМ были завершены работы по созданию Национального эталона единицы светового потока источников непрерывного излучения НЭ 28-16. В эталоне была схема первичного воспроизведения единицы светового потока по методу «абсолютной интегрирующей сферы». Данный метод при расчете неопределен-