

Список информационных источников

1. Зусман, Георгий Владимирович. Вибродиагностика : учебное пособие / Г. В. Зусман, А. В. Барков; Российское общество по неразрушающему контролю и технической диагностике (РОНКТД); под ред. В. В. Клюева. - Москва: Спектр, 2011. - 215 с.: ил.. - Диагностика безопасности. - ISBN 978-5-904270-58-2

2. ГОСТ Р МЭК 60034-14: Машины электрические вращательного действия - Часть 14: Вибрация машин некоторых видов с высотой оси вала 56 мм и более - Измерения, оценка и предельные уровни вибрации;

3. ТУ16-99 ДТЖИ.526413 Электродвигатели асинхронные типа НВА.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ВНУТРЕННЕГО ДИАМЕТРА ТЕПЛООБМЕНИКОВ

Чжун Ян

Томский политехнический университет, г. Томск

Научный руководитель: Гольдштейн А.Е., д.т.н., профессор кафедры информационно-измерительной техники

Одним из перспективных и основных направлений развития неразрушающего контроля является вихретоковым. Поскольку вихретоковый контроль называют бесконтактным, имеет высокую производительность, простота конструкции вихретоковых преобразователей (ВТП) и т.д.

Для обеспечения надежности при эксплуатации теплообменников в атомной и тепловой станциях, необходимо контролировать в процессе их производства и эксплуатации различные параметры. Наиболее важным из этих контролируемых параметров является внутренний диаметр теплообменника. Отсюда вытекает актуальность разработки системы контроля внутреннего диаметра (СКВД) теплообменников.

Система контроля внутреннего диаметра состоит из генератора, измерительного зонда, схемы амплитудно-фазовой обработки сигналов (САФАС), платы сбора данных (ПСД), персонального компьютера (ПК) и блока питания (БП) (рис. 1) [1].

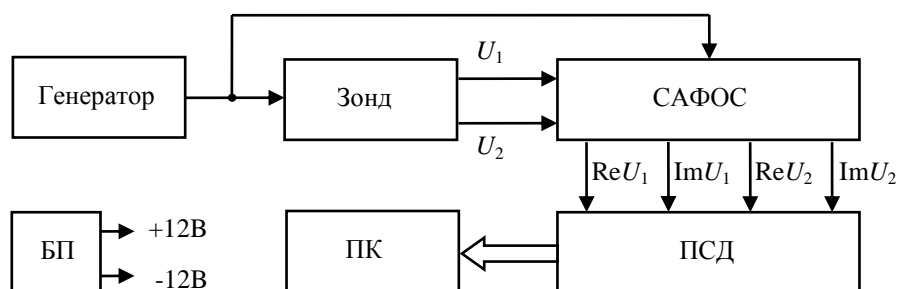


Рис. 1. Структурная схема системы контроля внутреннего диаметра теплообменника.

Для измерения внутреннего диаметра теплообменника используется накладной ВТП (рис. 2), принцип действия которого основан на измерительном преобразовании в полях вихревых токов. Измерительное преобразование в полях вихревых токов основано на возбуждении в электропроводящих объектах переменным магнитным полем вихревых токов и зависимости параметров этих токов от свойств объекта и, в частности, от расстояния (зазора) между поверхностью объекта контроля и ВТП.

По технической сущности данного накладного ВТП системы контроля состоит из двух ВТП. Первый из них содержит обмотку возбуждения 1 и измерительную обмотку 3, а второй – обмотку возбуждения 2 и измерительную обмотку 4, обмотка 5 – компенсационная обмотка.

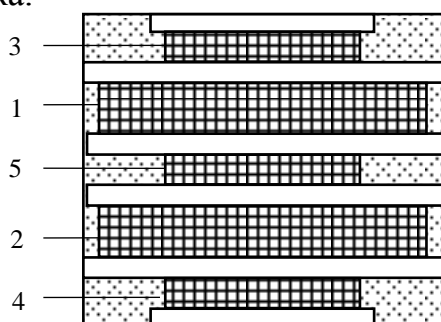


Рис .2. Конструкция накладного вихретокового преобразователя

Суть измерения диаметра заключается в том, что первый ВТП измеряет зазор h_1 между поверхностью трубы и одним торцом преобразователя, а второй ВТП измеряет зазор h_2 между поверхностью трубы и другим торцом преобразователя. В конце суммируются оба зазора и длина НТВТП h_0 для определения внутреннего диаметра трубы. Принцип измерения НТВТП показан на рис. 3.

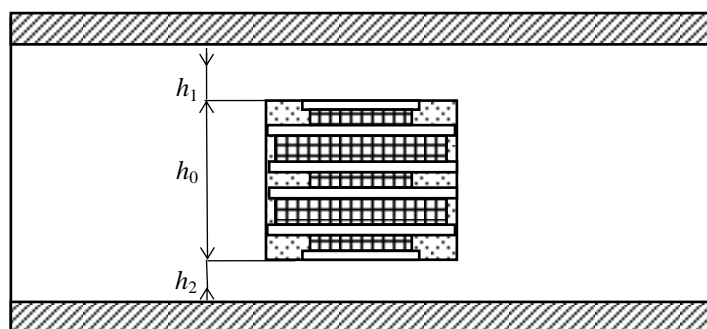


Рис .3. Принцип измерения внутреннего диаметра теплообменника накладным ВТП

При математическом моделировании использован накладной ВТП длиной 18мм и труба с внутренним диаметром 20 мм. Известно, что комплексное вносимое напряжение двухобмоточного ВТП определяется

выражением [2]:

$$\dot{U}_{ВН} = j\mu_0 W_B W_{И} \omega I R \pi \int_0^{\infty} \varphi_{OK} \cdot \exp(-xh^*) \cdot J_1(x \frac{R_B}{R_{И}}) \cdot J_1(x \frac{R_{И}}{R_B}) dx, \quad (1)$$

где $j = \sqrt{-1}$ – мнимая единица; $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м – магнитная постоянная; $w_{И}, w_B$ – количество витков возбуждающей и измерительной обмоток; $\omega = 2\pi f$ – круговая частота; f – частота возбуждающей обмотки; $R = \sqrt{R_B R_{И}}$ – эквивалентный радиус двух обмоток ВТП; $R_B, R_{И}$ – средние радиусы возбуждающей и измерительной обмоток; $h^* = (h_B + h_{И})/R$ – обобщенный параметр, характеризующее расстояние между центрами обмоток ВТП и поверхностью объекта контроля; $h_{И}, h_B$ – расстояния от центра соответствующих обмоток ВТП до внешней поверхности объекта контроля; J_1 – функция Бесселя первого рода первого порядка.

С использованием преобразованного выражения (1), при частоте $f=150$ кГц, $\Phi_{OK}=1$, теоретически рассчитали относительное выходное напряжение накладного ВТП от изменения зазора между накладным ВТП и внутренней поверхностью трубы выражениями [1]:

$$\begin{aligned} U_{ВН1} &= U_{ВН31A} + U_{ВН31B} + U_{ВН32A} + U_{ВН32B} - U_{ВН51A} - U_{ВН51B} - U_{ВН52A} - U_{ВН52B}, \\ U_{ВН2} &= U_{ВН41A} + U_{ВН41B} + U_{ВН42A} + U_{ВН42B} - U_{ВН51A} - U_{ВН51B} - U_{ВН52A} - U_{ВН52B}. \end{aligned} \quad (2)$$

По результатам расчета выражениях (2) можно определить внутренний диаметр трубы с помощью функции:

$$D = h_0 + K \cdot (\ln A_1 + \ln A_2), \quad (3)$$

где K – коэффициент усиления, зависящего от свойства трубы. A_1, A_2 – соответствующие амплитуды относительных выходных напряжений накладного ВТП $U_{ВН1}, U_{ВН2}$.

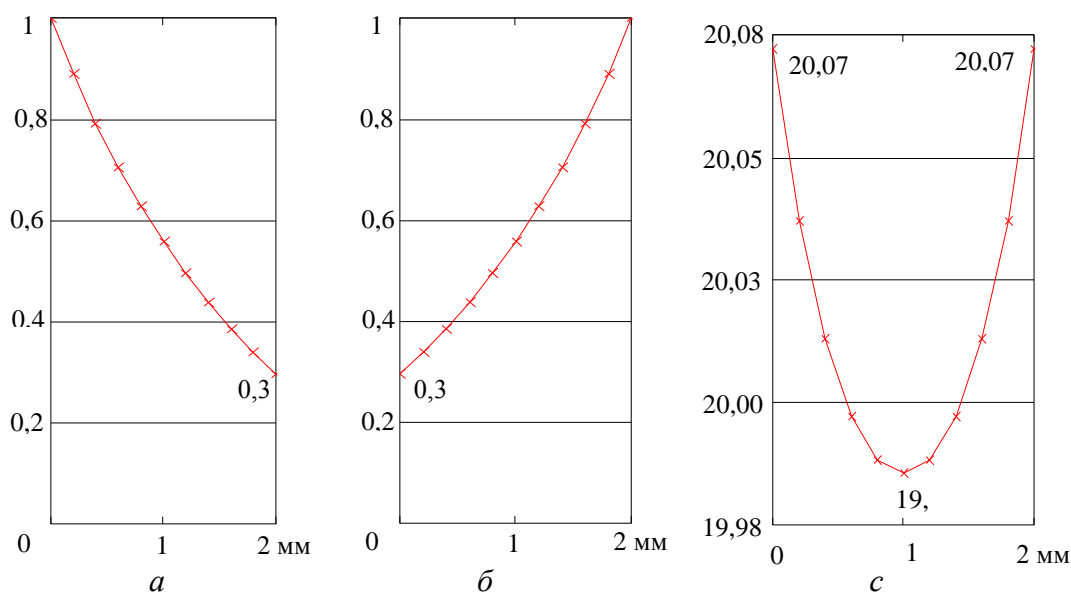


Рис. 4. Расчетные результаты:

a – относительное вносимое напряжение в первой измерительной обмотке от изменения зазора h_1 ; b – относительное вносимое напряжение второй измерительной обмотке от изменения зазора h_2 ; c – расчетный внутренний диаметр трубы от изменения зазора h .

Результаты расчёта на рис. 4а и 4б показаны, что расчетное относительное вносимое напряжение накладного ВТП от изменения зазора на первую измерительную обмотку зеркально на вторую. Это объясняется тем, что обмотки в ВТП расположены симметрично. На графиках также показано, что относительное вносимое напряжение накладного ВТП не пропорционально изменяет от зазора h , а приблизительно, изменяет в экспоненциальном виде. Отсюда вытекает разумность использования логарифмической функции (3) для расчета внутреннего диаметра труб.

На рис. 4с видно, что при изменении зазора до $h_{max}=2$ мм, расчетный внутренний диаметр изменяется от 19,99 мм до 20,077 мм. Тогда максимальная абсолютная погрешность равна 0,077 мм, и максимальная относительная погрешность – 0,39%. С такими результатами можно сказать, что использованные выражения (1), (2) и (3) позволяют с высокой точностью рассчитывать внутренние диаметры трубы.

В эксперименте проводили измерение на трубе из нержавеющей стали внутренним диаметром 21 мм. Результаты эксперимента получены при использовании СКВД и графики внутреннего диаметра трубы построены с помощью MS Excel (рис.5).



Рис.5. Экспериментальным путем измерения внутреннего диаметра трубы 21 мм.

Из рис. 5 видно, что максимальное отклонение от действительного значения составляет 0,22 мм, т.е. максимальная абсолютная погрешность. При этом максимальная относительная погрешность составляет 1,05%. С такими результатами в целом можно сказать, что СКВД работает с высокой точностью и может применяться на практике.

Список информационных источников

1. Гольдштейн А.Е., Булгаков В.Ф. Контроль внутреннего диаметра труб вихретоковым методом. – Дефектоскопия, 2013, № 11, с. 51 – 58.
2. Неразрушающий контроль. Справочник / под ред. В.В. Ключева: в 7 томах. Т 2: в 2-х кн.: Кн. 1: Контроль герметичности. Кн. 2: Вихретоковый контроль. – М.: Машиностроение, 2003. – 688 с.

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ РАЗМАГНИЧИВАНИЯ ПЕРЕМЕННЫМ УБЫВАЮЩИМ МАГНИТНЫМ ПОЛЕМ

Чинь Ван Бак

Томский политехнический университет, г. Томск

*Научный руководитель: Шестаков В.В., старший преподаватель
кафедры физических методов и приборов контроля качества*

Бурильные тубы и инструменты под воздействием различных факторов, в процессе их изготовления, в заводских условиях или при транспортировке, непосредственно в монтажных условиях от посторонних источников электромагнитных полей. Например, величина магнитного поля в стыках труб после проведения внутритрубной дефектоскопии (ВТД) на линейной части магистральных газопроводов достигает 4100 Гс, для сравнения: нормативная величина намагниченности при сварке не должна превышать 20 Гс. В работе Сейдреца М.К. приведены замеры на буровых измерителем магнитной индукции ИМИ-3 намагниченности бурильного инструмента, и они показали, что магнитная индукция бурильного инструмента меняется в широких пределах и зависит от способа бурения и его продолжительности. При турбинном способе бурения максимальная величина магнитной индукции бурильного инструмента достигает 72, при роторном - 140 гаусс. При увеличении времени работы бурильного инструмента магнитная индукция его как при турбинном, так и при роторном способе бурения возрастает.

Намагниченность бурильного инструмента является одной из причин затяжек и прихватов бурильного инструмента вследствие притяжения утяжелителя и образования наростов, уменьшающих зазор и увеличивающих площадь соприкосновения бурильного инструмента со стенками скважины. Также остаточная намагниченность бурового инструмента приводит к ошибкам измерения азимута забойной телесистемой. При работе геофизическим приборам на кабеле