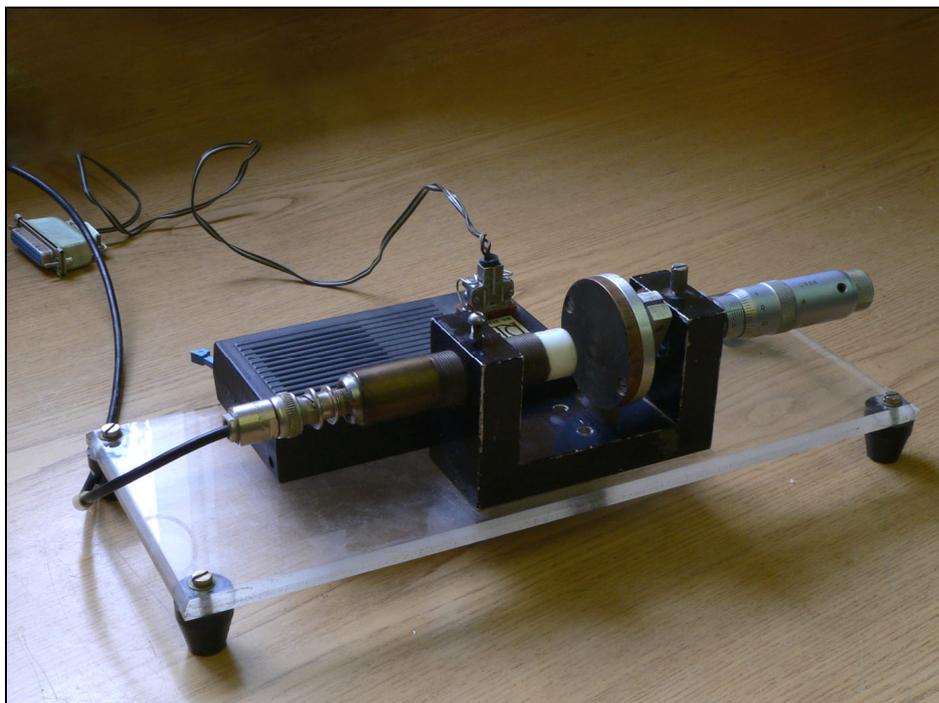


ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА N 6

«Исследование вихретокового датчика накладного типа»

Цель работы: ознакомление с принципом действия преобразователей вихретоковых локационных систем и способами построения на их основе датчиков близости.



1. Теоретическая часть

Работа *вихретокового датчика* основана на взаимодействии внешнего магнитного поля с электромагнитным полем вихревых (замкнутых) токов, наводимых возбуждающей катушкой в любом электропроводящем объекте. Синусоидальный или импульсный ток, действующий в катушке возбуждения датчика, создает электромагнитное поле, которое вызывает вихревые токи в материале объекта. Электромагнитное поле этих токов воздействует на сигнальную катушку, наводя в ней ЭДС. В простейших схемах вихревые токи воздействуют непосредственно на катушку возбуждения. Сила I вихревых токов, возбужденных в изделии, определяется уравнением Максвелла $\operatorname{rot} I = -\frac{1}{\rho} \frac{d\mathbf{B}}{dt}$ и зависит от частоты тока обмотки возбуж-

дения, материала объекта (его удельного электросопротивления ρ и магнитной проницаемости μ), а также расстояний между катушками и объектом. Она максимальна на поверхности объекта в контуре, диаметр которого близок к диаметру катушки возбуждения (рис. 6.1).

В настоящее время выпускают большое количество различных вихретоковых датчиков, размером от долей миллиметра до 0,5 м в диаметре и массой от нескольких граммов до сотен килограммов. В зависимости от взаимного положения катушек датчика и объекта контроля вихретоковые датчики разделяют на три типа: проходные, накладные и комбинированные.

Катушки *проходного* датчика устанавливают с двух сторон объекта (например, катушку возбуждения внутри, а сигнальную снаружи трубы). *Накладной* датчик может содержать как одну, так и две катушки, но

их размещают с одной стороны объекта. Наконец, в *комбинированном* датчике используют несколько катушек, расположенных с двух сторон объекта.

Во всех случаях между катушками возникает взаимовлияние. Так, наводимая в сигнальной катушке ЭДС вызывается не только полем вихревых токов в объекте, но и непосредственно полем катушки возбуждения, а, в свою очередь, ток в сигнальной катушке вызывает противоЭДС в катушке возбуждения. Для уменьшения взаимного влияния катушек часто используют несколько дифференциально включенных сигнальных катушек — так называемые катушки с восьмеркообразной намоткой, а также схемы с коаксиальным и ортогональным расположением катушек. В первом случае ЭДС в каждой половинке восьмерки при отсутствии объекта компенсируются. Во втором случае при коаксиальном расположении катушек выходной сигнал в сигнальной катушке образуется совместным действием потока возбуждения и вихревых токов объекта контроля, что требует устранения постоянной составляющей, обусловленной катушкой возбуждения. При ортогональном же расположении катушек ток в сигнальной катушке наводится только вихревыми токами, однако и уровень выходного сигнала при этом будет ниже, чем в первом и втором случаях.

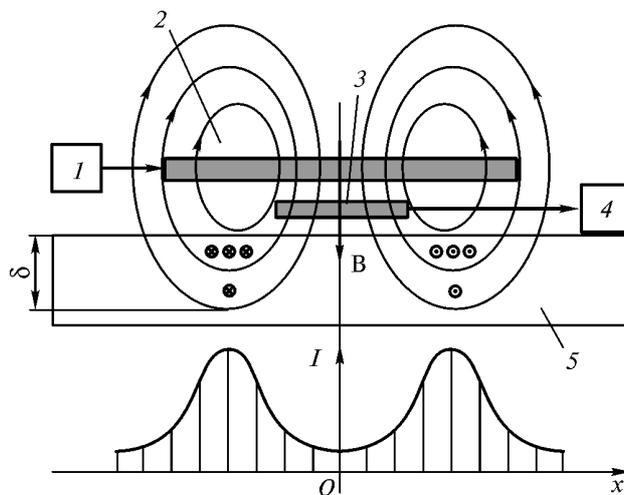


Рис. 6.1. Схема образования и эпюра вихревых токов:

1 — генератор; 2 — катушка возбуждения; 3 — сигнальная катушка; 4 — измеритель; 5 — металлический объект

Расчет вихревых токов достаточно сложен, поэтому в большинстве случаев используют эмпирические зависимости, полученные для разных частных случаев. Например, для вихретокового датчика с накладным преобразователем глубину δ проникновения вихревых токов определяют по приближенной формуле

$$\delta \approx \sqrt{\frac{2\rho}{\omega_b \mu \mu_0}},$$

где $\omega_b = 2\pi f$ — круговая частота тока возбуждения; ρ — удельное электросопротивление материала.

Значение δ глубины проникновения вихревых токов тем ближе к реальному, чем больше диаметр катушки возбуждения. При работе в диапазоне частот 0,1...10 кГц для большинства металлов $\delta \leq 0,5...5$ мм и уменьшается с увеличением частоты.

В дефектоскопии с помощью вихревых токов удастся обнаружить трещины наружного и внутреннего залегания длиной 1...2 мм и глубиной 0,1...0,3 мм, раковины с глубиной залегания до 6 мм, неметаллические включения. Вихретоковые датчики позволяют измерять толщину покрытий в диапазоне 0,001...1,0 мм. Для увеличения глубины проникновения вихревых токов применяют специальные меры. Например, создавая в материале магнитное насыщение (уменьшая его магнитную проницаемость), увеличивают глубину проникновения вихревых токов до 10 мм.

Особенностью вихретоковых датчиков является их *многопараметричность*, так как ЭДС преобразователя зависит от разных характеристик объекта контроля и окружающей среды, неявно влияющих на выходной сигнал. Это обстоятельство определяет как достоинства, так и недостатки таких систем. Существенным недостатком всех многокомпонентных вихретоковых датчиков является высокий коэффициент влияния информационных каналов ($\Lambda_j^i \approx 12...20$ %). Для компенсации интегрального влияния внешних факторов, вызывающих дополнительную погрешность системы, в ее состав включают компенсационную катушку, на которую действуют те же факторы, что и на рабочие катушки, кроме непосредственно измеряемого параметра. Суммируя сигналы с катушек с помощью дифференциального усилителя можно существенно уменьшить дополнительную погрешность.

2. Практическая часть

В практической части необходимо построить функцию преобразования вихретокового датчика.

2.1. Лабораторная установка

Лабораторная установка включает в себя:

1. вихретоковый датчик с чувствительным элементом, закрепленным в струбине,
2. набор испытуемых образцов материала,
3. микрометр,
4. цифровой вольтметр В7-27,
5. источник питания +15 В.

Схема вихретокового датчика представлена на рис.6.2.



Рис. 6.2. Функциональная схема вихретокового датчика

Чувствительным элементом является *катушка индуктивности*, которая включена в LC цепь и образует резонансный контур. Резонансному режиму соответствует минимальное значение индуктивности системы «чувствительный элемент – металлический объект», что соответствует максимальному удалению катушки от поверхности материала.

При приближении катушки к проводящему материалу электромагнитное поле катушки начинает взаимодействовать с электромагнитным полем наведенных в материале вихревых токов, в результате чего, приведенная индуктивность катушки увеличится, параметры контура отстроятся от резонанса и амплитуда на его выходе уменьшится пропорционально изменению расстояния. Пройдя через детекторный фильтр, сигнал принимает вид уровня напряжения, который подается на нелинейный усилитель-нормализатор, выполняющий функцию преобразования в определенных пределах. Далее, нормализованный и усиленный сигнал поступает на следующий каскад или АЦП.

2.2. Порядок выполнения лабораторной работы

1. Закрепить один из испытуемых образцов в струбине напротив чувствительного элемента вихретокового датчика.
2. Подключить вихретоковый датчик к цифровому вольтметру В7-27.
3. Включить вольтметр и источник питания в сеть с напряжением 220 В 50 Гц.
4. Подать на датчик напряжение + 15 В от источника питания.
5. Вращая микрометр и наблюдая изменение напряжения на вольтметре установить нулевое значение отсчета.
6. Увеличивая расстояние до образца наблюдать изменение выходного сигнала преобразователя.

7. Заполнить табл. 6.1 для образцов из стали, меди и алюминия.

Таблица 6.1.

Таблица записи результатов эксперимента

L , мм	$U_{\text{вых}}$, В; сталь	$U_{\text{вых}}$, В; медь	$U_{\text{вых}}$, В; алюминий
0			
0,1			
0,2			
1,5			

8. Построить в одной системе координат графики функций преобразования датчика для трех образцов.
9. Определить чувствительность датчика и погрешность для каждого типа образцов.
10. Сделать выводы и ответить на контрольные вопросы.

3. Контрольные вопросы

1. Принцип действия и область применения вихретокового датчика.
2. Тип датчика в данной работе.
3. Структурная схема построения датчика.
4. Влияние материала контролируемых образцов на показания датчика.