

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ МЕХАНИЧЕСКИХ НАГРУЗОК ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

На основании проведенного обзора существующих принципов построения приборов для вихретокового неразрушающего контроля (НК) электромагнитных и геометрических параметров металлических изделий, которые подвергаются физико-механическому воздействию, можно сделать вывод, что наиболее эффективным будет построение таких устройств с использованием микропроцессорной техники.

Уровень развития микропроцессорных устройств НК все чаще стали связывать с возможностью повышения метрологического качества получаемых с их помощью результатов контроля, а также расширение контролируемых функциональных возможностей с интеллектуализацией этих устройств. При этом понятие интеллектуальности средства непосредственно связано с наличием микропроцессора и программной части. Очевидно, что именно переход к построению микропроцессорных средств НК является главным шагом по формированию предпосылок для создания интеллектуальных устройств контроля и диагностики.

Таким образом, разработанное микропроцессорное средство НК должно обеспечивать выполнение установленной совокупности измерительных операций, для каждой из которых на основе информации о свойствах объекта контроля, условиях контроля, метрологических требованиях и ограничениях может быть выбран соответствующий рациональный алгоритм контроля с варьируемыми в процессе получения результата контроля характеристиками и параметрами, а также автоматизированное развитие программно-алгоритмического обеспечения за счет самообучения.

Если стоит задача контроля электромагнитных параметров цилиндрических изделий в поверхностных слоях или в слоях заданной глубины, то ранее рассмотренный алгоритм работы устройства с рациональным режимом изменения обобщенного параметра x может не выполняться в силу невозможности достигать необходимых значений x на фиксированной (заданной) глубине контроля из-за геометрических параметров контролируемого изделия. Такие задачи возникают при контроле физико-механических свойств цилиндрического изделия при воздействии на него механических, термических, химических и других факторов, которые изменяют его структуру [1-4].

На рис. 1 приведен алгоритм функционирования автоматизированного устройства бесконтактного контроля механических напряжений в цилиндрическом изделии, реализующий переменнo-частотный метод контроля μ_r и ρ образца [1, 5].

Основная идея работы автоматизированного устройства по этому алгоритму состоит в том, что при отсутствии механической нагрузки на цилиндрический образец, когда крутящий момент $M = 0$, после ввода начальных данных (f_n ; d ; d_n ; I_n ; Δf ; Δ) измеряют значения выходного сигнала ВТП с ненагруженным изделием U_n и ϕ_n в рациональном режиме работы с последующим вычислением x_n , μ_n и ρ_n . Затем создают механическое напряжение ($M \neq 0$) в исследуемом изделии и снова измеряют U_i и ϕ_i выходного сигнала ВТП. Вычисляют новое значение x_i и сравнивают его с x_n .

По разностному сигналу $x_i - x_n = \pm \Delta$ регулируют частоту задающего генератора f_i до тех пор, пока значение $x_i \approx x_n$ и фиксируют значение частоты, при котором произошло выравнивание значений x до и после нагружения. В результате получают функциональную зависимость частоты выходного сигнала преобразователя от приложенного механического момента M или механического напряжения σ_m на фиксированном сечении вала. Причем, это сечение можно задавать, фиксируя глубину проникновения δ электромагнитного поля в образец, которая связана с обобщенным параметром x .

Выбор того или иного алгоритма функционирования вихретокового устройства зависит от конкретно поставленной задачи контроля. Рассмотренные алгоритмы легко трансформируются для решения задач однопараметрового контроля, амплитудным, фазовым и переменнo-частотными методами как в рациональном режиме работы ВТП, так и при послойном сканировании структуры цилиндрических образцов, подверженных различным видам физико-механических и термических воздействий.

В последнее время широкое распространение получили портативные вихретоковые приборы для дефектоскопии, толщинометрии и структуроскопии. Благодаря стремительному развитию однокристалльных ЭВМ и усовершенствованию методов вихретокового контроля стало возможным построение таких устройств. Хотя такие устройства и лишены универсальности, но, решая конкретную задачу, они имеют множество преимуществ перед стационарными автоматизированными устройствами, которые рассмотрены ранее [5].

На примере вихретокового автоматизированного устройства контроля механических напряжений в цилиндрических изделиях рассмотрим принцип построения таких приборов. На рис. 2 приведена функциональная схема вихретокового устройства, собранного на базе однокристалльного микропроцессора типа AT90S8535, которое работает по алгоритму, приведенному на рис.1.

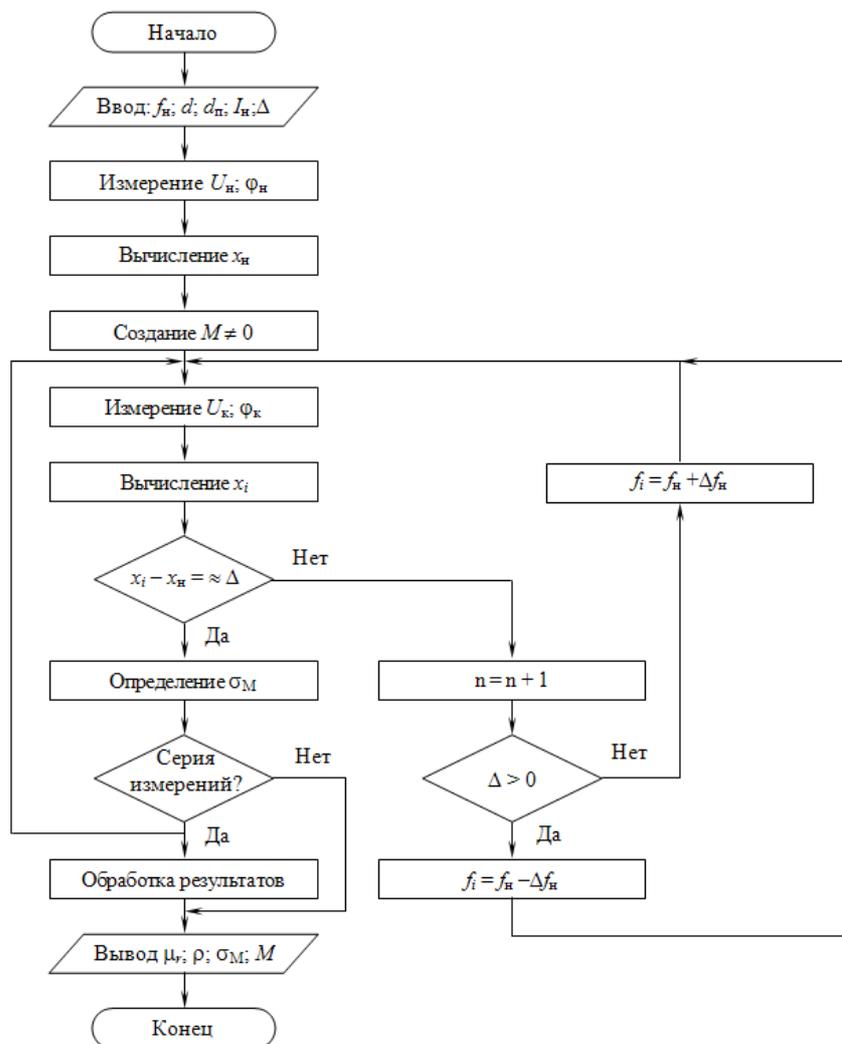


Рис. 1 Алгоритм функционирования устройства при реализации переменного-частотного метода контроля параметров объекта

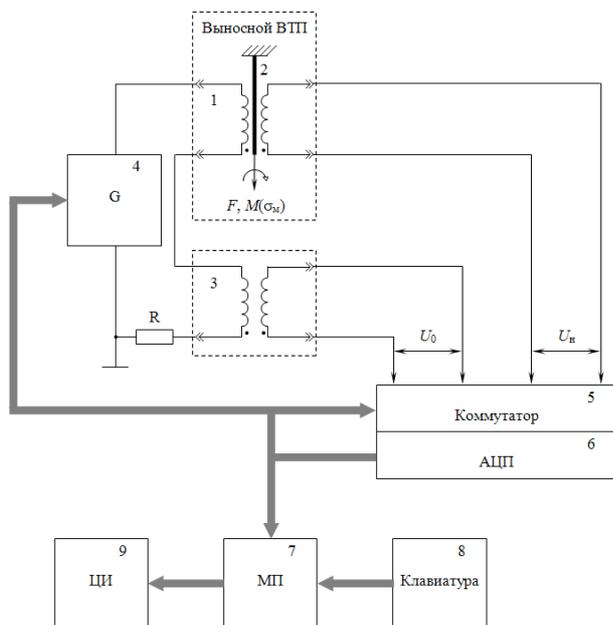


Рис. 2 Функциональная схема вихретокового устройства для контроля механических напряжений

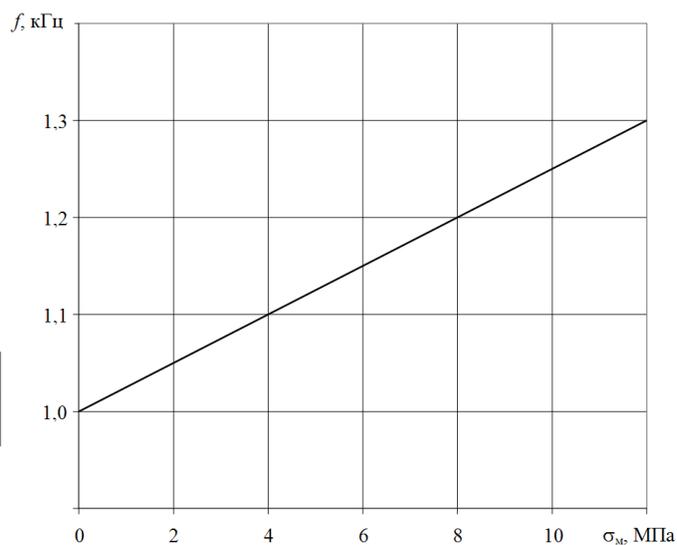


Рис. 3 Зависимость частоты f выходного сигнала от σ_M при $f_0 = 1$ кГц и $x_0 = 2$

Устройство состоит из рабочего трансформаторного преобразователя 1 с исследуемым образцом 2, вспомогательного трансформаторного преобразователя 3, задающего генератора 4, коммутатора сигналов 5, аналого-цифрового преобразователя 6, однокристалльного микропроцессора 7, клавиатуры 8 и цифрового индикатора 9.

С помощью генератора синусоидальных сигналов 4 устанавливаются заданные значения намагничивающего тока I_n и его частота f . С помощью коммутатора 5 выходные аналоговые сигналы с рабочего 1 и вспомогательного 3 вихретоковых преобразователей подключаются к программно-управляемому АЦП 6, где преобразуются и нормируются. С выхода АЦП оцифрованные значения сигналов поступают на однокристалльный микропроцессор 7, где согласно выбранному алгоритму происходит их обработка и выдача результатов контроля на цифровой индикатор 9 или на интерфейс RS-232 для передачи их в информационно-управляющую систему. Однокристалльный микропроцессор поддерживает стабильным по амплитуде и частоте I_n , управляет коммутатором и АЦП, а также выполняет выбранную с помощью клавиатуры 8 программу функционирования.

В устройстве реализуется один из трех основных методов контроля механической деформации: амплитудный, фазовый или переменного-частотный [4, 6].

Реализация переменного-частотного метода состоит в том, что сначала, в отсутствие механической нагрузки на изделия, устанавливают значение частоты поля f_n , соответствующее рациональному режиму работы ВТП. При этом, фиксируют значения U или φ выходного сигнала ВТП. Затем, при каждом фиксированном значении механического нагружения образца, изменяют значение частоты поля до тех пор, пока амплитуда (фаза) выходного сигнала ВТП станет равной прежней U и φ при отсутствии механического напряжения. Для переменного-частотного метода формула для определения σ_m имеет вид:

$$\sigma_m = \pm k_f \left(\frac{f_0}{f_n} - 1 \right), \quad (1)$$

где k_f – размерный коэффициент; f_n и f_0 – частоты намагничивающего тока с нагруженным и ненагруженным образцом.

В ходе проведения экспериментов по определению механического напряжения, возникающего в ферромагнитном цилиндрическом образце с диаметром 0,75 мм, изготовленном из стали марки ст.20, получена графическая зависимость (см. рис. 3) частоты выходного сигнала ВТП от механического напряжения σ_m для случая, когда $f_0 = 1$ кГц и $x_0 = 2$.

Полученная зависимость $f = f(\sigma_m)$ позволяет определить разрешающую способность ВТП. Так, например, в области упругой деформации разрешающая способность ВТП при использовании переменного-частотного методов контроля составляет 25 Гц/МПа соответственно.

Выводы:

Разработаны эффективные алгоритмы функционирования микропроцессорных вихретоковых устройств, реализующие двухпараметровые методы контроля электромагнитных и геометрических параметров ферромагнитных и немагнитных изделий, которые легко трансформируются для решения задач однопараметрового контроля, амплитудным, фазовым и переменного-частотными методами как в рациональном режиме работы ВТП, так и при послойном сканировании структуры цилиндрических образцов, подверженных различным видам физико-механических воздействий.

Разработана функциональная схема автоматизированного комплекса для многопараметрового вихретокового контроля, реализованного с использованием высокоточной измерительной аппаратуры и ПЭВМ, предназначенного для отработки методик и принципов построения портативных специализированных микропроцессорных устройств вихретокового контроля.

ЛИТЕРАТУРА

1. Электромагнитный преобразователь момента, скручивающего вал электропривода / Себко В.П., Горкунов Б.М., Христов Х.И. и др. // Проблемы автоматизированного электропривода: труды междунар. науч.-техн. конф.: тезисы докл. – Алушта, 1994. – С.160.
2. Бида Г.В. Неразрушающий контроль механических свойств стального проката (обзор). Контроль прочностных и пластических свойств / Г.В. Бида // Дефектоскопия. – 2005. – №5. – С.39–53.
3. Горкунов Б.М. Электромагнитные методы для бесконтактного измерения механических величин / Б.М. Горкунов, В.П. Себко, Р.И. Кириченко // Український метрологічний журнал. – 2001. – №3 – С.47–50.
4. Горкунов Б.М. Методы и средства бесконтактного контроля механических напряжений, усилий, веса и деформаций в цилиндрических изделиях / Б.М. Горкунов // Вестник НТУ "ХПИ". – 2002. – №12, т.1 – С. 285-288.
5. Кипенский А.В. Импульсно-цифровые и цифро-импульсные преобразователи: Учеб. пособие. – Харьков, НТУ "ХПИ", 2000. – 132с.
6. Горкунов Б. М. Электромагнитный преобразователь для контроля напряженно-деформированного состояния узлов оборудования электропривода /Б. М. Горкунов, А. В. Кипенский, С.Г. Львов // Електромеханічні і енергозберігаючі системи. Тем. вип. «Проблеми автоматизованого електропривода. Теорія й практика» науково-виробничого журналу – Кременчук: КрНУ, 2012. – Вип. 3/2012 (19). – С.182 –185.