



(19) **KG (11) 2135 (13) C1**
(51) **G01N 27/90 (2018.01)**
F16D 27/00 (2018.01)

ГОСУДАРСТВЕННАЯ СЛУЖБА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ И
ИННОВАЦИЙ ПРИ ПРАВИТЕЛЬСТВЕ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ к патенту Кыргызской Республики под ответ-
ственность заявителя**

(21) 20180007.1

(22) 29.01.2018

(46) 29.03.2019, Бюл. № 3

(76) Брякин И. В.; Бочкарев И. В. (KG)

(56) Патент RU № 2112935, C1, кл. G01N 17/00, 1998

(54) Способ диагностики электромагнитного механизма

(57) Изобретение относится к измерительной технике и может быть использовано для диагно-
стики электромагнитных механизмов (ЭМ), содержащих управляющий электромагнит и подвиж-
ный якорь.

Задачей изобретения является расширение эксплуатационных возможностей способа диагно-
стики ЭМ путем обеспечения комплексного контроля текущего состояния ЭМ.

Поставленная задача достигается тем, что подвижный элемент диагностируемого ЭМ облу-
чают высокочастотным зондирующим электромагнитным полем, регистрируют с помощью при-
емника излучения переизлученное электромагнитное поле от подвижного элемента, причем в ка-
честве источника зондирующего поля и приемника переизлученного поля используют обмотку
электромагнита диагностируемого ЭМ, зондирующее электромагнитное поле формируют путем
наложения через разделительный конденсатор генераторной цепи дополнительного высокочастот-
ного низковольтного напряжения на низкочастотное высоковольтное рабочее напряжение пита-
ния обмотки электромагнита диагностируемого ЭМ, регистрируют напряжение на обмотке
диагностируемого ЭМ через разделительный конденсатор измерительной цепи, диагностический
параметр определяют путем алгоритмической обработки результатов измерения величины при-
ращения напряжения на обмотке диагностируемого ЭМ, вызванного воздействием на нее переиз-
лученного электромагнитного поля, а техническое состояние диагностируемого ЭМ определяют
по абсолютной величине диагностического параметра.

При этом высокочастотное зондирующее электромагнитное поле возбуждают на резонансной
частоте последовательного колебательного контура, образованного индуктивностью обмотки
электромагнита диагностируемого ЭМ и емкостью разделительного электрического конденсатора
генераторной цепи. Развязку между источником рабочего напряжения и источником дополни-
тельного напряжения обеспечивают посредством низкочастотного фильтра, содержащего электри-
ческие дроссели, и высокочастотных фильтров в виде разделительных электрических конденса-
торов генераторной и измерительной цепей.

1 н. п. ф., 2 з. п. ф., 1 фиг.

Изобретение относится к измерительной технике и может быть использовано для диагно-
стики электромагнитных механизмов (ЭМ), содержащих управляющий электромагнит и подвиж-
ный якорь, таких, как электромагнитные муфты и тормоза, электромагнитные клапаны, электро-
магнитные коммутационные аппараты и т. п.

Известен способ контроля хода якоря электромагнитного коммутационного аппарата, за-
ключающийся в том, что на обмотку подают переменное напряжение, меньшее, чем напряжение
срабатывания, измеряют ток в обмотке, прижимают якорь к магнитопроводу управляющего элек-
тромагнита и снова измеряют ток в обмотке. Затем по формуле вычисляют величины воздушных
зазоров между якорем и магнитопроводом при отпущенном и прижатом состояниях якоря, по раз-

ности этих зазоров определяют ход якоря механизма (А. с. SU № 1554044, А1, кл. Н01Н 49/00, 30.03.90).

Данный способ контроля имеет низкую точность и ограниченные функциональные возможности. Низкая точность определяется тем, что результаты расчета зависят от электромагнитных свойств магнитопровода управляющего электромагнита, которые имеют большой разброс. Ограниченные функциональные возможности объясняются тем, что осуществляется только контроль общего хода якоря.

Известен способ измерения механических перемещений в электромагнитных реле, согласно которому на обмотку управляющего электромагнита подают напряжение постоянного тока, снимают кривую переходного процесса тока при срабатывании и одновременно фиксируют моменты замыканий и размыканий контактов, а результаты измерения обрабатывают путем расчетов на электронно-вычислительном устройстве по соответствующим формулам (Патент RU № 2074439, С1, кл. Н01Н 49/00, В61Л 23/16, 27.02.1997).

Недостатком данного устройства является ограниченная область его применения вследствие невозможности использования для диагностики ЭМ, питающихся выпрямленным пульсирующим напряжением.

Известен способ диагностики ЭМ, в котором контроль положения якоря осуществляют путем обработки кривой нарастания тока в обмотке управляющего электромагнита после подачи на нее питающего напряжения и фиксации факта срабатывания механизма при наличии характерного провала в этой кривой при движении якоря, вызванного наведением противоЭДС (Патент RU № 2115151, С1, кл. G05В 23/02, G06G 7/52, G01R 35/00, G01R 29/08, 10.07.1998).

Контроль за состоянием осуществляют путем выделения переменной составляющей тока обмотки и преобразования ее в прямоугольные импульсы. При движении якоря, т. е. при срабатывании механизма, величина времени между импульсами определяется временем движения якоря и превышает длительность интервалов между импульсами в питающем напряжении. Полученные таким образом сигналы обрабатывают и формируют контрольные прямоугольные импульсы, количество которых не зависит от наличия пульсаций в питающем напряжении, а определяется только состоянием механизма.

Недостатком этого способа диагностики ЭМ является его низкая информативность, поскольку контроль осуществляется по факту движения якоря, т. е. только в переходных режимах работы, что не позволяет оценить текущее состояние механизма в установившемся режиме работы.

Наиболее близким к заявляемому является способ диагностики технического состояния механизма в процессе его эксплуатации, заключающийся в том, что диагностируемый ЭМ облучают зондирующим электромагнитным полем посредством внешнего источника излучения, регистрируют с помощью внешнего приемника излучения, пространственно разнесенного относительно внешнего источника излучения, переизлученное электромагнитное поле, вызванное воздействием зондирующего электромагнитного поля на подвижный элемент диагностируемого ЭМ, и определяют техническое состояние диагностируемого ЭМ путем сравнения значения полученного диагностического параметра с его эталонным значением (Патент RU № 2112935, С1, кл. G01Н 17/00, 10.06.1998).

Данный способ диагностики технического состояния ЭМ является радиоволновым и основан на том, что вращающиеся или движущиеся элементы механизма при облучении их электромагнитными колебаниями вызывают их модуляцию, что приводит к появлению в спектре отраженного сигнала нерегулярных составляющих, несущих информацию о кинематических и конструктивных характеристиках этих элементов. Анализируя этот спектр отраженного сигнала, который и является диагностическим параметром, и, сравнивая его с эталонными значениями, определяют техническое состояние механизма.

Недостатком этого радиоволнового способа диагностики на «отражение» является ограниченность функциональных возможностей, поскольку он ориентирован на получение информации только о состоянии поверхности или поверхностного слоя какого-либо элемента подвижного узла исследуемого ЭМ, и не может обеспечить контроль текущего эксплуатационного состояния ЭМ, зависящего от взаимного пространственного расположения его функциональных элементов.

Задачей изобретения является расширение эксплуатационных возможностей способа диагностики ЭМ путем обеспечения комплексного контроля текущего состояния ЭМ.

Поставленная задача решается тем, что в способе диагностики ЭМ, заключающемся в том, что подвижный элемент диагностируемого ЭМ облучают высокочастотным зондирующим элек-

тромагнитным полем посредством источника излучения, регистрируют с помощью приемника излучения переизлученное электромагнитное поле, вызванное воздействием зондирующего электромагнитного поля на подвижный элемент диагностируемого ЭМ, и определяют техническое состояние диагностируемого ЭМ с использованием диагностического параметра, согласно изобретению, в качестве источника излучения зондирующего электромагнитного поля и приемника переизлученного электромагнитного поля используют обмотку электромагнита диагностируемого ЭМ, зондирующее электромагнитное поле формируют путем наложения через разделительный конденсатор генераторной цепи дополнительного высокочастотного низковольтного напряжения на рабочее низкочастотное высоковольтное напряжение питания обмотки электромагнита диагностируемого ЭМ, регистрируют напряжение на обмотке диагностируемого ЭМ через разделительный конденсатор измерительной цепи, определяют диагностический параметр путем алгоритмической обработки результатов измерения величины приращения напряжения на обмотке диагностируемого ЭМ, вызванного соответствующим изменением ее полного сопротивления при воздействии на нее переизлученного электромагнитного поля вихревых токов подвижного элемента диагностируемого ЭМ, определяют техническое состояние диагностируемого ЭМ по абсолютной величине диагностического параметра.

При этом высокочастотное зондирующее электромагнитное поле возбуждают на резонансной частоте последовательного колебательного контура, образованного индуктивностью обмотки электромагнита диагностируемого ЭМ и емкостью разделительного электрического конденсатора генераторной цепи, причем необходимый уровень развязки между источником рабочего высоковольтного низкочастотного напряжения и источником дополнительного низковольтного высокочастотного напряжения обеспечивают посредством низкочастотного фильтра, содержащего электрические дроссели, и высокочастотных фильтров в виде разделительных электрических конденсаторов генераторной и измерительной цепей.

Предложенный способ диагностики ЭМ основан на эффекте вихревых токов. Фактически управляющий электромагнит ЭМ, состоящий из магнитопровода и обмотки, представляют собой вихретоковый накладной параметрический преобразователь с ферромагнитным сердечником полуброневого типа, а подвижный элемент (якорь) - объект контроля. При этом, согласно предложенному способу, обмотка управляющего электромагнита совмещает в себе функции источника и приемника электромагнитного излучения.

На фигуре показана структурная блок-схема устройства, реализующего предложенный способ диагностики ЭМ. На фигуре обозначено:

1 - управляющий электромагнит диагностируемого ЭМ, содержащий обмотку с индуктивностью L_1 и активным сопротивлением r_1 ;

2 - подвижный элемент (якорь) диагностируемого ЭМ;

3 - НЧ-фильтр, состоящий из электрических дросселей;

4 - генератор ВЧ низковольтного напряжения;

5 - измерительно-вычислительное устройство;

C_1 и C_2 - разделительные электрические конденсаторы соответственно генераторной и измерительной электрических цепей, выполняющие функции ВЧ-фильтров;

$\dot{U}_n$ - НЧ высоковольтное рабочее напряжение питания ЭМ;

$\dot{E}_1$ - ВЧ низковольтное выходное напряжение генератора 4;

$\dot{I}_1$ - ток ВЧ через электрическую обмотку электромагнита диагностируемого ЭМ;

$\dot{U}_1$ - ВЧ низковольтное напряжение на электрической обмотке управляющего электромагнита диагностируемого ЭМ.

При подаче ВЧ-напряжения $\dot{E}_1$ генератора 4 на обмотку управляющего электромагнита 1 через разделительный электрический конденсатор C_1 , который дополнительно выполняет функции элемента делителя напряжения, в окружающем пространстве возбуждается зондирующее электромагнитное поле, которое в якоре 2 будет индуцировать вихревые токи. Переизлученное электромагнитное поле этих вихревых токов, направленное по закону Ленца противоположно зондирующему электромагнитному полю, воздействует на обмотку управляющего электромагнита 1, наводя в ней соответствующую ВЧ ЭДС, определяемую потокоцеплением. Указанная ЭДС, параметры которой функционально связаны с пространственным расположением якоря 2 относительно магнитопровода управляющего электромагнита 1 и с физико-технологическими ха-

раактеристиками якоря 2, вызывает изменение ВЧ-напряжения $\dot{U}_1$ на зажимах обмотки управляющего электромагнита 1.

ВЧ-напряжение $\dot{U}_1$ через разделительный электрический конденсатор C_2 измерительной цепи поступает на измерительно-вычислительное устройство 5, которое регистрирует параметры этого ВЧ-напряжения и алгоритмически определяет значения диагностического параметра.

Необходимый уровень «развязки» между источником высоковольтного НЧ-напряжения и источником низковольтного ВЧ-напряжения обеспечивается за счет использования НЧ-фильтра 3, содержащего электрические дроссели, которые подавляют высокие частоты, и ВЧ-фильтра в виде разделительного электрического конденсатора C_1 генераторной цепи, являющегося элементом последовательного колебательного контура.

ВЧ-фильтр в виде разделительного электрического конденсатора C_2 измерительной цепи измерительно-вычислительного устройства 5 позволяет выделить ВЧ-напряжение $\dot{U}_1$, несущее информацию о диагностическом параметре, обеспечивая при этом соответствующую развязку от ВЧ-напряжения $\dot{E}_1$, питающего ЭМ.

Для повышения эффективности измерений зондирующее электромагнитное поле возбуждают на резонансной частоте последовательного колебательного контура, образованного индуктивностью L_1 обмотки ЭМ и разделительным электрическим конденсатором C_1 , дополнительно выполняющим функции элемента делителя напряжения.

При настройке данного электрического контура в указанный резонансный режим обеспечивается увеличение точности измерения диагностического параметра в Q_1 раз, где $Q_1 = \omega L_1 / r_1$ - добротность электрического колебательного контура.

Интенсивность наводимых в якорь 2 вихревых токов зависит от взаимного положения якоря 2 и магнитопровода управляющего электромагнита 1, а также от текущих физических параметров якоря 2, а именно, от его удельной электрической проводимости σ_0 , от магнитной проницаемости μ_0 , от состояния поверхности, от наличия и размеров дефектов, от ориентации относительно оси управляющего электромагнита 1. Величины σ_0 и μ_0 , в свою очередь, определяются многими факторами, например, химическим составом и структурным состоянием материала якоря, его температурой, наличием механических напряжений в нем и т. д.

Это позволяет применить данный способ для комплексной диагностики ЭМ, в частности, для контроля величины рабочего зазора между якорем 2 и магнитопроводом управляющего электромагнита 1 ЭМ, например, между полумуфтами дисковой фрикционной муфты.

Обоснование предлагаемого способа диагностики текущих параметров ЭМ по величине ЭДС, наведенной в его обмотке электромагнитным полем вихревых токов якоря 2, заключается в следующем.

При отсутствии якоря 2 коэффициент взаимной индукции M_1 между обмоткой управляющего электромагнита 1 и якорем 2 равен нулю. Напряжение на выходном контуре E_1 генератора 4 ВЧ-напряжения при условии, что внутреннее его активное сопротивление $r_1=0$, определится выражением:

$$\dot{E}_1 = \dot{I}_1 \left[r_1 + j \left(\omega L_1 - \frac{1}{\omega C_1} \right) \right].$$

Напряжение на индуктивности L_1 обмотки управляющего электромагнита 1 в этом случае:

$$\dot{U}_L = \dot{I}_1 (r_1 + j \omega L_1) \quad (1)$$

Если в пространственной рабочей зоне управляющего электромагнита 1 появляется якорь 2, имеющий условную индуктивность L_0 и сопротивление r_0 , то магнитный поток в пространстве, обусловленный контурным током $\dot{I}_1$ обмотки управляющего электромагнита 1, вызывает появление в электрическом контуре $L_0 r_0$ тока $\dot{I}_0$. Контур $L_1 r_1$ под влиянием замкнутого эквивалентного контура $L_0 r_0$ расстраивается, что в итоге приводит к изменению ВЧ-напряжения $\dot{U}_1$.

Иными словами, при появлении якоря 2, между контуром $L_1 C_1$ и самим якорем 2 появится соответствующая взаимосвязь, согласно которой аналитическое выражение для подобным образом взаимосвязанных контуров запишется в виде:

$$\begin{cases} \dot{E}_1 = \dot{I}_1^* \left[r_1 + j \left(\omega L_1 - \frac{1}{\omega C_1} \right) \right] + j \omega M_1 \dot{I}_0; \\ j \omega M_1 \dot{I}_1^* + (r_0 + j \omega L_0) \dot{I}_0 = 0. \end{cases} \quad (2)$$

Так как $r_1=0$, то ЭДС генератора 4 в обоих случаях будет неизменной, а во втором – изменится ток контура, т. е. станет равным $\dot{I}_1^*$.

Подставляя $\dot{I}_0$ из второго уравнения системы (2) в первое уравнение, определим:

$$\dot{E}_1 = \dot{I}_1^* \left[\left(r_1 + \frac{\omega^2 M_1^2}{Z_0^2} r_0 \right) + j \left(\omega L_1 - \frac{\omega^2 M_1^2}{Z_0^2} \omega L_0 - \frac{1}{\omega C_1} \right) \right],$$

где $Z_0 = \sqrt{r_0^2 + \omega^2 L_0^2}$.

Из полученного выражения видно, что в результате взаимодействия контуров $L_1 C_1$ и $L_0 r_0$ активное r_1 и реактивное x_L сопротивления контура $L_1 C_1$ изменились на величины:

$$\Delta r_1 = \frac{\omega^2 M_1^2}{Z_0^2} r_0; \quad \Delta x_L = -j \frac{\omega^2 M_1^2}{Z_0^2} \omega L_0 \quad (3)$$

Рассмотрим приращения напряжения на обмотке управляющего электромагнита 1. В соответствии с (1) и (3) напряжение на обмотке с индуктивностью L_1 при наличии якоря будет равно:

$$\dot{U}_L^* = \dot{I}_1^* \left[\left(r_1 + \frac{\omega^2 M_1^2}{Z_0^2} r_0 \right) + j \left(\omega L_1 - \frac{\omega^2 M_1^2}{Z_0^2} \omega L_0 \right) \right].$$

В этом случае приращение напряжения определится из соотношения $\Delta \dot{U}_L = \dot{U}_L^* - \dot{U}_L$, т. е.:

$$\Delta \dot{U}_L^* = \dot{I}_1^* \left[\left(r_1 + \frac{\omega^2 M_1^2}{Z_0^2} r_0 \right) + j \left(\omega L_1 - \frac{\omega^2 M_1^2}{Z_0^2} \omega L_0 \right) \right] - \dot{I}_1 (r_1 + j \omega L_1) \quad (4)$$

С учетом того, что $\dot{I}_1 = \frac{\dot{E}_1}{r_1}$, а $\dot{I}_1^* = \frac{\dot{E}_1}{\dot{Z}_1}$, где:

$$\dot{Z}_1 = \left(r_1 + \frac{\omega^2 M_1^2}{Z_0^2} r_0 \right) + j \left(\omega L_1 - \frac{\omega^2 M_1^2}{Z_0^2} \omega L_0 - \frac{1}{\omega C_1} \right)$$

для (4) можем записать:

$$\Delta \dot{U}_L^* = \dot{E}_1 \left[\frac{\left(r_1 + \frac{\omega^2 M_1^2}{Z_0^2} r_0 \right) + j \left(\omega L_1 - \frac{\omega^2 M_1^2}{Z_0^2} \omega L_0 \right)}{\left(r_1 + \frac{\omega^2 M_1^2}{Z_0^2} r_0 \right) + j \left(\omega L_1 - \frac{\omega^2 M_1^2}{Z_0^2} \omega L_0 - \frac{1}{\omega C_1} \right)} - \frac{(r_1 + j \omega L_1)}{r_1} \right] \quad \text{Введя обозначение}$$

$$k^2 = \frac{\omega^2 M_1^2}{Z_0^2}, \text{ будем иметь:}$$

$$\Delta \dot{U}_L^* = \dot{E}_1 \left[\frac{(r_1 + k^2 r_0) + j(\omega L_1 - k^2 \omega L_0)}{(r_1 + k^2 r_0) + j\left(\omega L_1 - k^2 \omega L_0 - \frac{1}{\omega C_1}\right)} - \frac{(r_1 + j\omega L_1)}{r_1} \right] \quad (5)$$

Используя некоторые допущения ($M_1 \ll 1$ и $\omega L_1 - \frac{1}{\omega C_1} = 0$), выражение (5) можно упростить и представить в виде:

$$\Delta \dot{U}_L^* = \dot{E}_1 \left[\frac{(r_1 + k^2 r_0) + j(\omega L_1 - k^2 \omega L_0)}{(r_1 + k^2 r_0) - jk^2 \omega L_0} - \frac{(r_1 + j\omega L_1)}{r_1} \right] \quad (6)$$

С учетом того, что $\frac{\omega L_1}{r_1} = Q_1$ формулу (6) преобразуем к виду:

$$\Delta \dot{U}_L^* = -\dot{E}_1 \frac{r_1}{(r_1 + k^2 r_0)^2} k^2 Q_1 (\omega L_0 + jr_0).$$

Приняв $\frac{r_1}{(r_1 + k^2 r_0)^2} \approx \frac{1}{r_1}$, получим:

$$\Delta \dot{U}_L^* = -\frac{\dot{E}_1}{r_1} k^2 Q_1 (\omega L_0 + jr_0) = \frac{\dot{E}_1}{r_1} k^2 Q_1 (r_0 - j\omega L_0) e^{-j\frac{\pi}{2}}$$

В этом случае модуль данного приращения напряжения можно представить в виде:

$$|\Delta \dot{U}_L^*| = \frac{|\dot{E}_1|}{r_1} \times \frac{\omega^2 M_1^2}{r_0^2 + \omega^2 L_0^2} Q_1 \sqrt{r_0^2 + \omega^2 L_0^2} = \frac{|\dot{E}_1|}{r_1} \times \frac{\omega^2 M_1^2}{Z_0} Q_1 \quad (7)$$

Известно, что M_1 является экспоненциальной функцией зазора h , за величину которого принимают расстояние от торца магнитопровода до поверхности проводящей среды, в нашем случае до поверхности якоря 2 ЭМ (Соболев В. С., Шкарлет Ю. М. Накладные и экранные датчики. - Н.: Наука, 1967. - С. 66). Исходя из этого, можем записать:

$$M_1 = M_0 e^{\frac{3h}{R_{\text{э}}}}, \quad (8)$$

где M_0 - коэффициент взаимной индукции обмотки и ее «зеркального изображения» при нулевом зазоре;

$R_{\text{э}} = a + \frac{b}{2}$ - эквивалентный радиус обмотки;

a - радиус внутреннего сердечника магнитопровода обмотки;

b - толщина обмотки.

С учетом соотношения (8) выражение (7) окончательно можем представить в следующем виде:

$$|\Delta \dot{U}_L^*| = \frac{|\dot{E}_1|}{r_1} \times \frac{\omega^2 M_1^2}{r_0^2 + \omega^2 L_0^2} Q_1 \sqrt{r_0^2 + \omega^2 L_0^2} = \frac{|\dot{E}_1|}{r_1} \times \frac{\omega^2}{Z_0} M_0^2 Q_1 e^{\frac{6h}{R_{\text{э}}}} \quad (9)$$

Согласно полученному выражению (9), величина приращения напряжения на обмотке резонансного контура зависит от пространственного расположения системы связанных контуров $L_1 C_1$ и $L_0 r_0$, определяемого коэффициентом M_1 , рабочей частотой ω , параметров эквивалентного контура якоря $L_0 r_0$, определяемых значениями $Z_0 = \sqrt{r_0^2 + \omega^2 L_0^2}$, а также от параметров

измерительного контура, т.е. контурного тока $\dot{I}_1 = \dot{E}_1 / r_1$ и добротности Q_1 . Следует отметить, в соответствии с выражением (9), чувствительность колебательного контура в резонансном режиме возрастает в Q_1 раз.

Решая полученное уравнение относительно величины зазора h между якорем 2 и магнитопроводом управляющего электромагнита 1 ЭМ, получим:

$$h = \frac{R_2}{6} \times \ln \left(\frac{|\dot{E}_1| \times \omega^2 \times M_0^2 \times Q_1}{|\Delta \dot{U}_L^*| \times r_1 \times Z_0} \right) = \frac{R_2}{6} \times \ln \left(S \times \frac{|\dot{E}_1|}{|\Delta \dot{U}_L^*|} \right) \quad (10)$$

где $S = \frac{\omega^2 \times M_0^2 \times Q_1}{r_1 \times Z_0}$ - коэффициент преобразования управляющего электромагнита в режиме измерительной обмотки.

Таким образом, если подать ВЧ-напряжение $\dot{E}_1$ на колебательный контур $L_1 C_1$, настроенный на резонансную частоту, и при этом регистрировать изменения напряжения на этом контуре посредством измерительно-вычислительного устройства 5, то в соответствии с выражением (10) осуществляется непрерывный контроль величины зазора h между якорем 2 и магнитопроводом управляющего электромагнита 1 ЭМ в процессе его эксплуатации.

Из выражения (9) видно, что ЭДС (или напряжение) обмотки управляющего электромагнита 1 ЭМ несет информацию не только о величине рабочего зазора между магнитопроводом и якорем 2, но и о целом ряде других физических параметров якоря 2. Это обусловлено тем, что напряжение $|\Delta \dot{U}_L^*|$ зависит от сопротивления Z_0 подвижного элемента (якоря), которое, в свою очередь, зависит от его удельной электрической проводимости σ_0 , от магнитной проницаемости μ_0 , от состояния поверхности, от наличия и размеров дефектов. Регистрируемое напряжение зависит и от подобных физических параметров самого управляющего электромагнита 1.

Применяя различные алгоритмические и аппаратные методы разделения информации об отдельных параметрах якоря 2 и управляющего электромагнита 1 фактически можно диагностировать текущее состояние этих функциональных узлов и контролировать рабочие режимы ЭМ в целом.

Высокая степень информационной избыточности разработанного способа диагностики состояния ЭМ позволяет эффективно осуществлять их многопараметровый эксплуатационный контроль.

Предложенный способ диагностики состояния функциональных элементов ЭМ имеет простую схемотехническую реализацию и позволяет эффективно осуществлять оперативный неразрушающий контроль как для ЭМ с переменными, так и с постоянными источниками рабочего напряжения питания в режиме активного функционирования ЭМ.

Формула изобретения

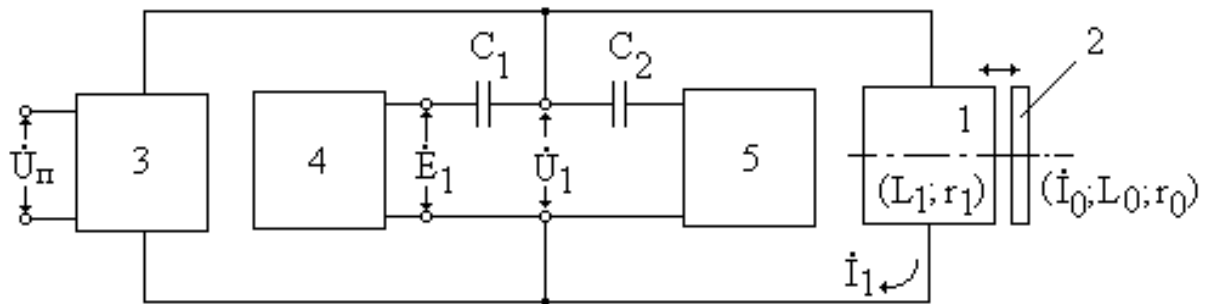
1. Способ диагностики электромагнитного механизма, заключающийся в том, что подвижный элемент диагностируемого электромагнитного механизма облучают высокочастотным зондирующим электромагнитным полем посредством источника излучения, регистрируют с помощью приемника излучения переизлученное электромагнитное поле, вызванное воздействием зондирующего электромагнитного поля на подвижный элемент диагностируемого электромагнитного механизма, и определяют техническое состояние диагностируемого электромагнитного механизма с использованием диагностического параметра, отличающийся тем, что в качестве источника излучения зондирующего электромагнитного поля и приемника переизлученного электромагнитного поля используют обмотку электромагнита диагностируемого электромагнитного механизма, зондирующее электромагнитное поле формируют путем наложения через разделительный конденсатор генераторной цепи дополнительного высокочастотного низковольтного напряжения на рабочее низкочастотное высоковольтное напряжение питания обмотки электромагнита диагностируемого электромагнитного механизма, регистрируют напряжение на обмотке

диагностируемого электромагнитного механизма через разделительный конденсатор измерительной цепи, определяют диагностический параметр путем алгоритмической обработки результатов измерения величины приращения напряжения на обмотке диагностируемого электромагнитного механизма, вызванного соответствующим изменением ее полного сопротивления при воздействии на нее переизлученного электромагнитного поля вихревых токов подвижного элемента диагностируемого электромагнитного механизма, определяют техническое состояние диагностируемого электромагнитного механизма по абсолютной величине диагностического параметра.

2. Способ диагностики по п. 1, отличающийся тем, что высокочастотное зондирующее электромагнитное поле возбуждают на резонансной частоте последовательного колебательного контура, образованного индуктивностью обмотки электромагнита диагностируемого электромагнитного механизма и емкостью разделительного электрического конденсатора генераторной цепи.

3. Способ диагностики по п. 1, отличающийся тем, что обеспечивают необходимый уровень развязки между источником рабочего высоковольтного низкочастотного напряжения и источником дополнительного низковольтного высокочастотного напряжения посредством низкочастотного фильтра, содержащего электрические дроссели, и высокочастотных фильтров в виде разделительных электрических конденсаторов генераторной и измерительной цепей.

Способ диагностики электромагнитного механизма



Фиг. 1

Выпущено отделом подготовки официальных изданий