

ности тактовых сигналов. При этом строка разложения первого графика сохраняется в блоке буферной памяти (ББП). Через половину T_c начинается обработка второго графика и одновременно опрос ББП. Сигналы подсвета, получаемые непосредственно в процессе обработки второго графика и СП из ББП, одновременно поступают в телевизионный индикатор, где формируют одну общую строку разложения. Для организации такого режима время обработки второго графика должно полностью соответствовать прямому ходу луча.

В соответствии с изложенными принципами на кафедре "Автоматизированные системы управления" Куйбышевского авиационного института был создан ряд устройств, обеспечивающих отображение от 2 до 8 графиков. Разработанные устройства предназначены для оперативной обработки измерительной информации в системах, требующих минимальной загрузки ЭВМ.

Л и т е р а т у р а

1. Торнхилл, Чик. Графический терминал с растровой разверткой, отличающийся повышенной гибкостью и низкой стоимостью. — Электроника, № 3, т. 47, 1974, с. 23-35.

2. *Blixt S. Stefan, Andezssen Dag Martin „Circutt arrangement for the presentation of waveforms on viewing sceens uttlising raster deflection“ No. 3.686-662. Aug. 22, 1972, United States Patent.*

УДК 681.3

Ю.Н. Секисов

РАСЧЕТ ИНДУКТИВНОСТИ ДЛЯ МОДЕЛИ ИНДУКТИВНОГО
ДАТЧИКА С ПЕРЕМЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ

(г. Куйбышев)

Влияние вихревых токов на параметры индуктивного датчика с ферромагнитным сердечником, выраженное в их зависимости от частоты питающего напряжения, известно. При работе датчика на фиксированной частоте устанавливается квазистационарный режим, при котором распределение вихревых токов и их плотность в сердечнике, а следов-

тельно и параметры датчика, принимаются постоянными.

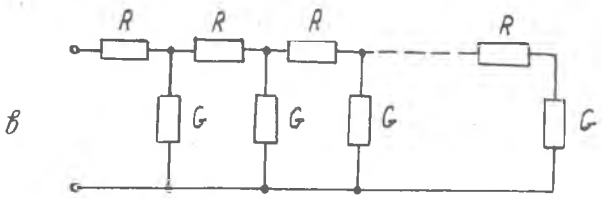
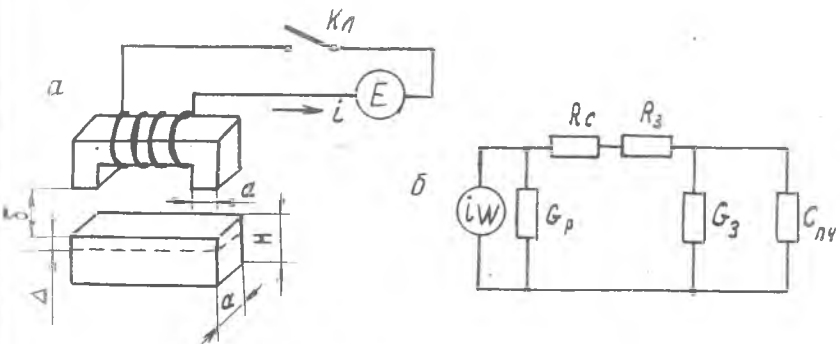
Ряд методов преобразования параметров датчиков в электрически сигналы предусматривает использование в качестве питания одиночных импульсов напряжения или тока [1]. Интенсивность и распределение вихревых токов в материале магнитопровода меняются в течение времени преобразования. Эти изменения оказывают влияние на параметры датчика. Экспериментальные исследования измерительных цепей с импульсным питанием показывают, что индуктивность датчика и чувствительность преобразования изменяются в течение времени преобразования в значительных пределах. Токи и напряжения, рассчитанные для измерительной цепи с постоянными параметрами, отличаются от экспериментальных значений.

Таким образом, расчет измерительных цепей с индуктивными датчиками, использующими импульсное питание, должен вестись с учетом изменяющихся параметров датчика в течение времени преобразования. Нахождение закономерностей изменения параметров индуктивных датчиков при импульсном питании является актуальным.

Для простейшей модели индуктивного датчика предлагается способ определения зависимости индуктивности от времени.

Модель индуктивного датчика представлена на рис. 1, а. Магнитная цепь датчика содержит "П"-образный ферромагнитный сердечник и подвижную часть из ферромагнитного материала с высокой электропроводностью. Электропроводность материала сердечника примем близкой к нулю, и влияние вихревых токов в сердечнике учитывать не будем. Изменение зазора между сердечником и подвижной частью магнитопровода характеризует изменение преобразуемого физического параметра, например давления, перемещения и т.д. Учитывая сложность исследования рассматриваемой модели датчика на основе решения уравнений Максвелла, предлагаем упрощенную модель процессов в магнитопроводе датчика. Будем считать, что в момент подключения катушки к источнику постоянного напряжения E между полюсами сердечника возникает электромагнитная волна, распространяющаяся в направлении подвижной части магнитопровода. Скорость движения волны V в зазоре δ равна скорости света. Скорость волны в материале подвижной части значительно снижается за счет влияния вихревых токов. Примем скорость электромагнитной волны в материале подвижной части магнитопровода постоянной, а ее значение заданным.

Эквивалентная схема магнитной цепи представлена на рис. 1, б.



Р и с. 1. Схема включения датчика и эквивалентные схемы магнитной цепи: а - модель индуктивного датчика; б - эквивалентная схема магнитной цепи датчика; в - эквивалентная схема подвижной части магнитопровода датчика

Индуктивность макета датчика определится выражением

$$L = \frac{\Psi}{I} = W^2 G_{\text{полн}} \quad (1)$$

где Ψ - потокосцепление, I - ток, протекающий по катушке, W - число витков катушки, $G_{\text{полн}}$ - полная магнитная проводимость магнитной цепи.

$$G_{\text{полн}} = G_p + \frac{G_3 + G_{ny}}{(R_c + R_3)(G_3 + G_{ny}) + 1} \quad (2)$$

где $R_3 = \frac{2\delta}{a^2 \mu_0}$, $G_3 = \frac{\delta a \mu_0}{a+b}$ - магнитное сопротивление и проводимость соответственно вертикального и горизонтального участков зазора, a, b - геометрические размеры сердечника, μ_0 - магнитная постоянная, G_p - магнитная проводимость, определяющая поток рассеяния, G_{ny} - магнитная проводимость подвижной части магнитопровода.

Магнитный поток, по мере проникновения электромагнитной волны в материал подвижной части магнитопровода, будет проходить по увеличивающемуся сечению, в результате чего магнитная проводимость подвижной части магнитопровода будет возрастать.

Для определения зависимости индуктивности от времени найдем магнитную проводимость магнитной цепи датчика в дискретные моменты времени $t_i = n \cdot \Delta t$, где $n = 0, 1, 2, \dots$, Δt - заданный интервал времени. Пренебрегая временем распространения электромагнитной волны в зазоре, будем считать, что магнитное поле макета датчика при $t = 0$ содержит лишь две составляющие: поле рассеяния и поле зазора. Электромагнитная волна полностью отражается от поверхности подвижной части магнитопровода и $G_{пч} = 0$. При $t = t_1$ электромагнитная волна проникает в материал подвижной части магнитопровода на величину Δ , при $t = t_2$ - на 2Δ и т.д. Эквивалентная схема подвижной части магнитной цепи представлена на рис. 1, в. Сопротивление вертикального и проводимость горизонтального участков слоя Δ определяется соответственно как

$$R = \frac{2\Delta}{a^2 \mu \mu_0}, \quad (3)$$

$$G = \frac{\Delta a}{a + b} \mu \mu_0, \quad (4)$$

где μ - магнитная проницаемость материала.

Магнитная проводимость подвижной части магнитопровода с учетом одного, двух и трех слоев толщиной Δ находится по выражениям

$$G_{пч1} = G \frac{1}{RG + 1}, \quad (5)$$

$$G_{пч2} = G \frac{RG + 2}{(RG)^2 + 3RG + 1}, \quad (6)$$

$$G_{пч3} = G \frac{(RG)^2 + 4RG + 3}{(RG)^3 + 5(RG)^2 + 6RG + 1}. \quad (7)$$

С учетом (5), (6), (7) проводимость, учитывающая слой N , может быть представлена в виде

$$G_{пчN} = G \frac{A_{1,N}(RG)^{N-1} + A_{2,N}(RG)^{N-2} + \dots + A_{j,N}(RG)^{N-j} + \dots + A_{N,N}}{B_{1,N}(RG)^N + B_{2,N}(RG)^{N-1} + \dots + B_{j,N}(RG)^{N+1-j} + \dots + B_{N+1,N}}, \quad (8)$$

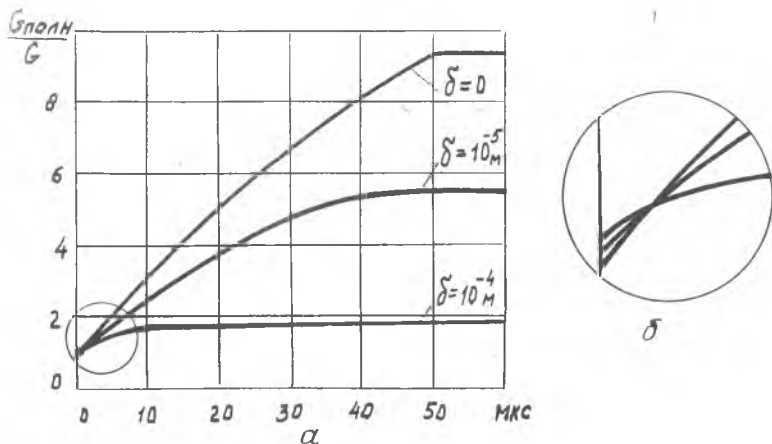
где $A_{j,N}$, $B_{j,N}$ - коэффициенты многочленов, j - номер коэффициента при заданном N .

Коэффициенты $A_{j,N}$, $B_{j,N}$ представляют собой биномиальные коэффициенты, их можно определить как

$$A_{j,N} = C_{2N-j}^{j-1} \frac{(2N-j)!}{(j-1)!(2N+1-2j)!}, \quad (9)$$

$$B_{j,N} = C_{2N+1-j}^{j-1} \frac{(2N+1-j)!}{(j-1)!(2N+2-2j)!} \quad (10)$$

Выражения (1), (2), (8) - (10) позволяют найти зависимость индуктивности макета датчика от времени. На рис.2 приведены результаты расчета $G_{полн}$ в функции времени для макета датчика, имеющего $a = 5 \cdot 10^{-3}$ м, $b = 15 \cdot 10^{-3}$ м, $\Delta = 0,5 \cdot 10^{-3}$ м, $H = 5 \cdot 10^{-3}$ м, $M = 10^3$, $M_0 = 4 \pi \cdot 10^7$ Гн/м, $V = 10^2$ м/с.



Р и с. 2. Зависимость изменения полной магнитной проводимости от времени

Анализ зависимости $L = f(t, \delta)$ показывает, что в начальной области переходного процесса ($t = 0$) полная проводимость (индуктивность датчика) возрастает с увеличением δ . С течением времени чувствительность к зазору изменяет знак на противоположный. Изменения индуктивности и времени переходного процесса значительны и определяются толщиной подвижной части магнитопровода и скоростью распространения электромагнитной волны V . Полученные результаты согласуются с экспериментальными данными.

Таким образом, измерительная цепь с индуктивным датчиком на импульсном питании может рассматриваться как цепь с переменными параметрами. Зависимость $L = f(t)$ дает возможность выполнить аналитический расчет таких цепей. Приведенная методика применима для получения зависимости $L = f(t)$ для датчиков экранного типа.

Л и т е р а т у р а

И. Барсуков Ю.И. и др. Методы преобразования, основанные на тестовых переходных процессах: -В сб.: Автоматизация экспериментальных исследований. Вып.8.-Куйбышев: КуАИ, 1975, с.90-97.

УДК 681.325.088

В.П.Глухов, О.П.Скобелев

УРАВНЕНИЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ГРУППОВЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ЦЕПЕЙ ВРЕМЯ-ИМПУЛЬСНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ДЛЯ ИНДУКТИВНЫХ ДАТЧИКОВ

(г. Куйбышев)

Как известно, подсистемы сбора и преобразования измерительной информации с индуктивных датчиков, построенные на основе групповых преобразователей, реализующих метод постоянной времени, обладают рядом достоинств [1]. Разработано несколько вариантов измерительных преобразователей с индуктивными датчиками [2,3,4]. Основные метрологические характеристики этих устройств определены экспериментально, но отсутствуют какие-либо сведения о теоретическом анализе погрешностей преобразования этой группы устройств. Для того, чтобы теоретически оценить погрешности преобразования, необходимо знать уравнение преобразования.

Статья посвящена определению в аналитическом виде уравнения преобразования и чувствительности групповых время-импульсных преобразователей с индуктивными датчиками.

На рис.1 представлена эквивалентная схема групповой измерительной цепи (ИЦ) с дифференциальными датчиками, где $C_{1,2} = 2n C_1$,