

7. Вилоп Л.Э. Анализ измерительной схемы с двухтактным интегрированием для индуктивных первичных преобразователей //Автоматизация экспериментальных исследований: Межвуз. сб. - Куйбышев, 1976, - С. 108-113.

8. А.с. 849486 СССР, МКИ Н03к 17/00. Коммутатор /Л.Э.Вилоп, О.П.Скобелев. Заявлено 02.10.79; Опубл. 23.07.81. Бюл. № 27.

9. А.с. 1162028 СССР, МКИ Н03к 17/00. Коммутатор /Л.Э.Вилоп, О.П.Скобелев. Заявлено 07.12.83; Опубл. 15.06.85. Бюл. № 22.

10. Вилоп Л.Э. Влияние входного сопротивления интегратора на характеристики интегрирующего преобразователя //Автоматизация научных исследований: Межвуз. сб. - Куйбышев: КуАИ, 1984. - С. 109-116.

УДК 621.317

Ю.Н.Секисов, А.А.Хритин

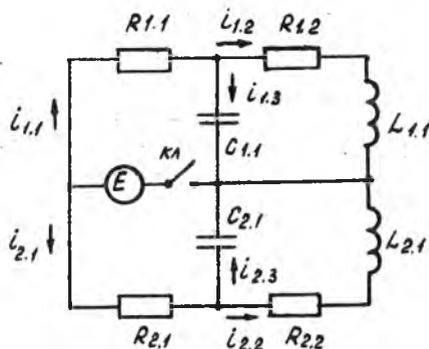
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРЕДЕЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ  
МЕТОДА ПЕРВОЙ ПРОИЗВОДНОЙ ДЛЯ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ  
ПАРАМЕТРОВ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ВИХРЕТОКОВЫХ ДАТЧИКОВ  
(г. Куйбышев)

Стремление уменьшить габариты и вес индуктивного датчика и исключить из его электромагнитной системы ферромагнитные материалы ведет к существенному снижению величины индуктивности датчика. К основному фактору, ограничивающему минимальное значение индуктивности, следует отнести снижение точности преобразования за счет возрастающего влияния неинформативных и паразитных параметров измерительной цепи (ИЦ) преобразователя и параметров датчика в электрический сигнал. Кроме того, при использовании импульсных методов преобразования параметров датчика в электрический сигнал возникает трудности практической реализации ИЦ с малым значением индуктивности датчика и, следовательно, малым временем преобразования.

В статье представлены результаты анализа ИЦ, реализующей метод первой производной (МПП) /1/, с датчиками, индуктивность которых снижена до значений 10...20 мкГн. ИЦ содержит дифференциальный датчик, входное сопротивление блока, выполняющего операцию дифференцирования тока катушек датчика, линию связи "датчик - блок дифференци-

рования" и источник постоянного напряжения, подключаемый к датчику с помощью ключевого элемента.

Эквивалентная схема ИЦ (рис. I) содержит индуктивности катушек датчика  $L_{11}$ ,  $L_{21}$ ; емкости линии  $C_{11}$ ,  $C_{21}$ ; сопротивления  $R_{12}$ ,  $R_{22}$ , учитывающие омические сопротивления катушки датчика и линии при T-образной схеме замещения; сопротивления  $R_{11}$ ,  $R_{22}$ , учитывающие входное сопротивление блока дифференцирования и омическое сопротивление линии; источник постоянного напряжения  $E$  с бесконечно малым внутренним сопротивлением и идеальный ключевой элемент  $K_1$ .



Р и с. I. Эквивалентная схема ИЦ

В работе [2] показано, что индуктивность линии снижает чувствительность ИЦ. Степень снижения чувствительности определяется соотношением

$$S_n = S \frac{L_g}{L_n + L_g}, \quad (I)$$

где  $L_g$ ,  $L_n$  - соответственно индуктивности датчика и линии;  
 $S$ ,  $S_n$  - соответственно чувствительности ИЦ без линии и с линией.

Если допустить снижение чувствительности за счет подключения линии на 10%, то длина линии из провода МТШВ-Э 0,25 при 10...20 мкГн не должна превышать 1...2 м.

В случае большего удаления преобразующей аппаратуры от датчика необходимо использовать специальные линии с малой величиной погонной индуктивности. При последующем анализе индуктивность линии не учитывается.

Плечи дифференциальной ИЦ эквивалентной схемы (рис. I) независимы, поэтому ток на входе дифференцирующих устройств при замыкании  $K_1$  найдем для одного плеча из следующей системы дифференциальных уравнений, представленных в операторной форме:

$$i_1 R_1 + \frac{i_3}{pC_1} = E, \quad (2)$$

$$i_1 R_1 + i_2 (R_1 + L_1 p) = E,$$

$$i_1 = i_2 + i_3,$$

где  $p$  - оператор.

Решая систему (2) относительно  $i_1$ , получим

$$i_1(p) = \frac{E}{R_1} \frac{p^2 a_2 p + a_3}{p^2 + a_1 p + d}, \quad (3)$$

где

$$a_1 = \frac{R_2}{L_1} + \frac{1}{R_1 C_1},$$

$$d = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \frac{1}{L_1 C_1}, \quad a_2 = \frac{R_2}{L_1},$$

$$a_3 = \frac{1}{L_1 C_1}.$$

Оригинал (3) имеет следующий вид:

$$i_1(t) = \frac{E}{R_1} \left( \frac{a_3}{d} + A_1 e^{\alpha t} + A_2 e^{\beta t} \right), \quad (4)$$

$$\text{где } A_1 = \frac{d(2\delta - a_1 + 2a_2) - a_3(2\delta + a_1)}{4\delta d},$$

$$A_2 = \frac{d(2\delta + a_1 - 2a_2) - a_3(2\delta - a_1)}{4\delta d},$$

$$\alpha = \frac{2\delta - a_1}{2}, \quad \beta = -\frac{2\delta + a_1}{2}, \quad \delta = \sqrt{\frac{a^2}{4} - d}.$$

Найдем производную тока  $i_1$ :

$$\frac{di_1}{dt} = \frac{E}{R_1} (\alpha A_1 e^{\alpha t} + \beta A_2 e^{\beta t}). \quad (5)$$

Выходной сигнал дифференциальной ИЦ  $y$  является разностью производных токов  $i'_{11}$  и  $i'_{21}$ :

$$y = i'_{11} - i'_{21}. \quad (6)$$

Чувствительность ИЦ к приращению параметров цепи изменяется во времени. Для случая, когда индуктивность датчика значительна (сотни микрогенри), зависимости

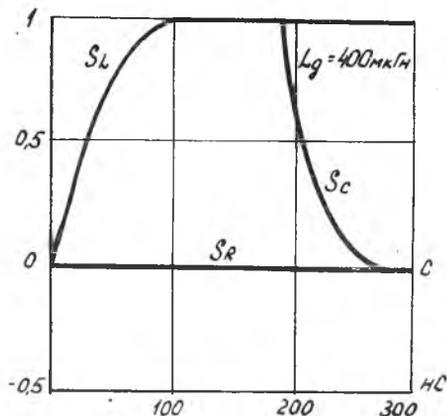
$$S_L = \frac{dy}{dL} \Big| \frac{dy}{dL} \max, \quad S_C = \frac{dy}{dC} \Big| \frac{dy}{dL} \max, \quad S_R = \frac{dy}{dR} \Big| \frac{dy}{dL} \max$$

представлены на рис. 2.

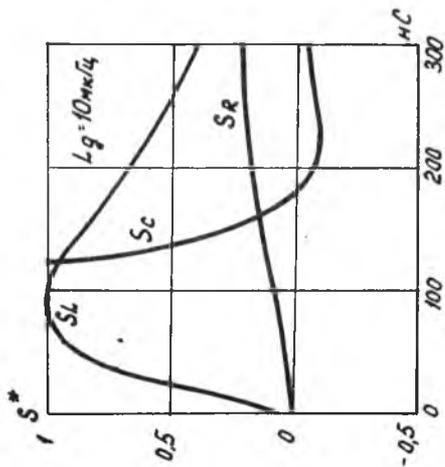
Видно, что чувствительность к индуктивности  $S_L$  за время 150 нс возрастает до максимального значения и в области 150...300 нс остается практически неизменной. Чувствительность к емкости  $S_C$  быстро уменьшается и в области 300 нс практически равна нулю. Чувствительность к изменению активного сопротивления  $S_R$  медленно возрастает, оставаясь в области 0...300 нс близкой к нулю.

Является очевидным, что за результат преобразования следует взять выходной сигнал  $U_{пр}$  в той области переходного процесса, где чувствительность  $S_C$  достигает практически нулевого значения. Момент фиксации  $U_{пр}$  может меняться в этом случае в широких пределах (300...500 нс), так как  $S_L \approx const$ , а  $S_R$  мала.

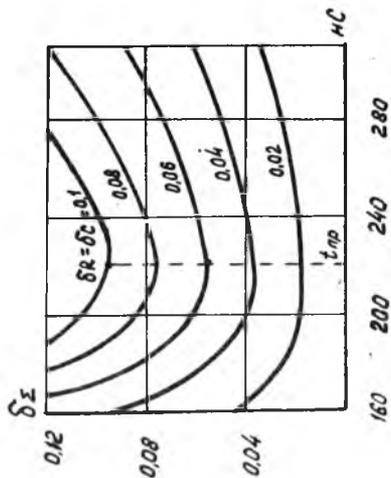
Уменьшение величины основного информативного параметра датчика - индуктивности ведет к значительному росту  $S_R$  и резкому уменьшению  $S_L$  после достижения максимума (рис. 3). Погрешность преобразования, вызванная изменениями емкости и сопротивления на величину  $\delta C = \frac{\Delta C}{C}$ ,  $\delta R = \frac{\Delta R}{R}$  имеет ярко выраженный минимум при изменении времени (рис. 4). За результат преобразования в этом случае следует взять значение  $U_{пр}$ , соответствующее моменту времени  $t_{пр}$ , при котором результирующая погрешность от измерения неинформативных параметров  $\delta_c = \gamma \delta_R$ ,  $\delta_c / \gamma \delta_R = \delta_c = 0$  минимальна. Время преобразования  $t_{пр}$  остается неизменным для конкретного датчика.



Р и с. 2. Зависимость чувствительности ИЦ от времени при  $L_g = 400$  мкГн

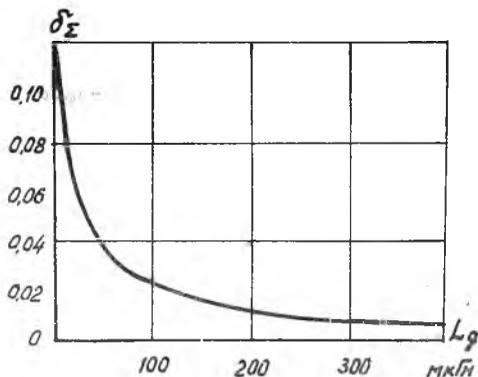


Р и с. 3. Зависимость чувствительности ИЦ от времени при  $Lg = 10 \text{ мк/ц}$



Р и с. 4. Зависимость погрешности преобразования от времени

На рис. 5 представлена зависимость результирующей погрешности  $\delta_{\Sigma}$  от величины индуктивности датчика при  $\delta_C = \delta_R = 0,1$ ;  $C = 2000$  пФ,  $R_1 = R_2 = 10$  Ом. При заданной погрешности с помощью рис. 5 могут быть найдены параметры измерительной цепи и минимальное допустимое значение индуктивности датчика.



Р и с. 5. Зависимость результирующей погрешности от величины индуктивности датчика

Учитывая невозможность получения зависимости  $\delta_{\Sigma}$ ,  $t_{np}$  в аналитическом виде,

для предлагаемого варианта метода преобразования разработаны программы, дающие возможность рассчитать характеристики ИЦ на ЭВМ или определить величину параметров ИЦ, отвечающих заданным условиям.

Таким образом, ИЦ с индуктивностью датчика 10...20 мкГн характеризуется следующими особенностями:

имеет повышенную чувствительность к изменению неинформативных параметров;

при  $t = t_{np}$  ИЦ обеспечивает минимальную погрешность от изменения неинформативных параметров. Это время мало и составляет 150...250 нс;

чувствительность к информативному параметру при  $t = t_{np}$  снижается незначительно (10...20%);

чувствительность преобразования  $S_L$  зависит от соотношения индуктивности датчика и линии.

При удалении датчика от преобразователя на расстояние более 1...2 м необходимо применить специальные линии. Сокращение времени преобразования положительно сказывается на работе датчиков экранного типа, так как уменьшается глубина проникновения электромагнитной волны в материал экранов и, следовательно, можно уменьшить их толщину, снизится влияние электропроводности материала экрана на результат преобразования.

Приведенные результаты открывают возможность построения конструкций высокотемпературных датчиков. Катушка индуктивности таких

датчиков содержит I...5 витков, что существенно упрощает технологию выполнения изоляции провода катушки.

#### Библиографический список

1. Скобелев О.П. Методы преобразования информации на основе тестовых переходных процессов. Измерение, контроль, автоматизация. - М.: ЦНИИТЭИприборостроение, 1980, н I-2 (23-24), с. II-I7.

2. Секисов Ю.Н., Скобелев О.П. Мостовая измерительная цепь для индуктивных датчиков в импульсном режиме. Сборник автоматизации экспериментальных исследований. - Куйбышев, 1979. - Вып. IO. - С. III-II7.

УДК 621.397.131

Т.Э. Арнольд

ПОДГОТОВКА ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА  
С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ СИСТЕМ ИЗМЕРЕНИЯ  
В РЕАЛЬНОМ МАСШТАБЕ ВРЕМЕНИ  
СО СТАНДАРТНЫМ РАЗЛОЖЕНИЕМ ИЗОБРАЖЕНИЯ  
(г. Москва)

Основными компонентами телевизионной системы измерения в реальном масштабе времени являются одна или несколько телевизионных передающих камер и блок обработки видеoinформации, представляющий собой функционально законченный алгоритмизированный модуль, осуществляющий синхронно со сканированием изображения определение искомым, заложенных на стадии проектирования характеристик исследуемых объектов. В зависимости от назначения измерительной системы алгоритмизированный модуль на аппаратном уровне реализует те или иные алгоритмы, основанные на априорно известных свойствах изображений объектов и задающие в условиях неполных данных совокупность возможных выводов (производимых на основе вычислительных и логических операций) о текущей видеoinформации с учетом предшествующей /I/.

С точки зрения удобства применения оптимальна структура телевизионного комплекса, содержащего не только измерительную, но и ре-