

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**
ЮРГИНСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

УТВЕРЖДАЮ
Зам. директора по УР ЮТИ ТПУ

_____ В.Л. Бибик
« __ » _____ 2014 г.

Исследование характеристик индуктивных датчиков

Методические указания к выполнению лабораторной работы для
студентов, обучающихся по специальности 110304
«Технология обслуживания и ремонта машин и оборудования в АПК»,
очной и заочной форм обучения, направления 110300 «Агроинженерия»

Составители **Е.Г. Григорьева, Р.В. Чернухин**

Издательство
Юргинского технологического института (филиала)
Томского политехнического университета
2014

УДК 629.3.08

ББК 30.82

0-64

Исследование характеристик индуктивных датчиков:
Методические указания к выполнению лабораторной работы по курсу «Автоматика» для студентов, обучающихся по специальности 110304 «Технология обслуживания и ремонта машин и оборудования в АПК», очной и заочной форм обучения, направления 110300 «Агроинженерия» / сост.: Р.В. Чернухин; Юргинский технологический институт. – Юрга: Изд-во Юргинского технологического института (филиала) Томского политехнического университета, 2014. – 12 с.

УДК 629.3.08

ББК 30.82

Методические указания рассмотрены и рекомендованы
к изданию методическим семинаром кафедры
Агроинженерия ЮТИ ТПУ
« ____ » _____ 20__ г.

Зав. кафедрой АИ
кандидат техн. наук,
доцент

_____ *О.Ю. Ретюнский*

Председатель
учебно-методической комиссии

_____ *А.Н. Капустин*

Рецензент

Кандидат технических наук,
доцент кафедры ТМС ЮТИ ТПУ
А.А. Ласуков

© Составление. ФГБОУ ВПО НИ ТПУ Юргинский
технологический институт (филиал), 2014
© Чернухин Р.В., составление, 2014

Цель работы

Освоить методику расчета индуктивности индуктивного датчика и параметров обмотки индуктивного датчика.

1. Общие сведения

Электромагнитные датчики предназначены для преобразования перемещения в электрический сигнал за счет изменения параметров электромагнитной цепи. Эти изменения могут заключаться, например, в увеличении или уменьшении магнитного сопротивления R_L магнитной цепи датчика при перемещении сердечника. Если перемещается не сердечник, а обмотка, то происходит изменение потокосцепления обмотки. Таким образом, изменения в электромагнитной цепи датчика могут быть вызваны как перемещением элемента магнитной цепи (сердечника или якоря), так и перемещением элемента электрической цепи (обмотки). В результате таких перемещений изменяется индуктивность обмотки L или ее взаимоиנדуктивность M с обмоткой возбуждения. Поэтому в технической литературе электромагнитные датчики часто называют *индуктивными*.

Электромагнитные датчики обычно рассматривают как параметрические, поскольку величины L и M зависят от перемещения x : $L=f(x)$, $M=f(x)$. Но электромагнитные датчики с изменяющейся взаимоиנדуктивностью можно отнести и к генераторному типу, поскольку в результате изменяется и ЭДС обмотки, т. е. $E=f(x)$.

Так как ЭДС в выходной обмотке появляется за счет изменения коэффициента взаимоиנדукции с обмоткой возбуждения, то такие электромагнитные датчики называют *трансформаторными*. Ведь обмотку возбуждения можно рассматривать как первичную обмотку трансформатора, а выходную обмотку – как вторичную.

С помощью электромагнитных датчиков можно автоматически измерять механические силы, давление, температуру, свойства магнитных материалов, определять внутренние полости и трещины в деталях (дефектоскопия), толщину немагнитных покрытий на стали, расход жидкостей и газов в трубопроводах и др.

Электромагнитные датчики имеют следующие достоинства: простота и дешевизна конструкции, механическая прочность, высокая надежность за счет возможности съема выходного сигнала без скользящих контактов, возможность питания от промышленной сети

частотой 50 Гц, возможность получения достаточно высокой мощности выходного сигнала, возможность работы как в диапазоне малых (доли мм), так и больших (метры) перемещений.

К недостаткам электромагнитных датчиков следует отнести влияние на выходной сигнал внешних электромагнитных полей и частоты питающего напряжения, а также возможность работы только на переменном токе. Изменение индуктивности и взаимоиנדуктивности может происходить и под влиянием механических напряжений в сердечнике электромагнитного датчика. Такие напряжения приводят к изменению магнитной проницаемости ферромагнитного материала сердечника. Электромагнитные датчики, основанные на таком физическом явлении, называются *магнитоупругими* датчиками.

Электромагнитные датчики (индуктивные, трансформаторные, индукционные, магнитоупругие) получили широкое распространение в системах автоматики.

2. Принцип действия и основы расчета индуктивных датчиков

Простейший индуктивный датчик представляет собой дроссель с переменным воздушным зазором в магнитопроводе. На рис. 1 показаны две наиболее распространенные конструктивные схемы индуктивных датчиков на одном сердечнике. Это одинарные индуктивные датчики. На сердечнике 7 из электротехнической стали размещена обмотка 2, подключаемая к источнику переменного напряжения. Магнитный поток в сердечнике замыкается через якорь 3, который может перемещаться относительно сердечника 1. Якорь 3 механически связан с деталью, перемещение которой необходимо измерить. Эта деталь на рисунке не показана, но перемещение x ее может происходить в вертикальном (рис. 1, *а*) или в горизонтальном направлении (рис. 1, *б*). Перемещение якоря изменяет магнитное сопротивление магнитной цепи, состоящей из сердечника, якоря и воздушного зазора 5. Следовательно, изменится индуктивность обмотки 2. Поскольку эта обмотка включена на переменное напряжение, ток в обмотке 2 будет определяться ее полным сопротивлением, в которое входит и индуктивное сопротивление. С увеличением воздушного зазора магнитное сопротивление увеличивается, а индуктивность, индуктивное и полное сопротивления уменьшаются (рис. 1, *а*).

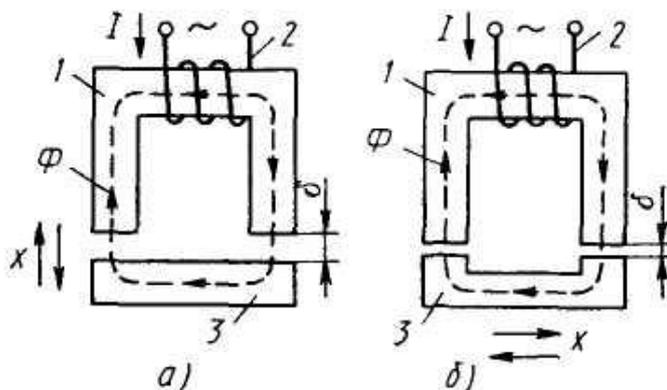


Рис.1. Простые индуктивные датчики

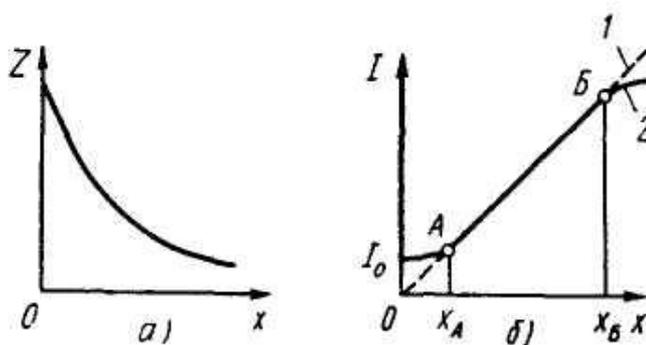


Рис.2. Характеристики индуктивного датчика

Следовательно, ток в обмотке увеличивается (рис. 2, б). Полагая ток I в обмотке за выходной сигнал датчика, а перемещение x – за входной сигнал, имеем выходную статическую характеристику в виде графика $I = f(x)$.

1) последовательность преобразований:

$$F \rightarrow \delta_{\text{в}} \rightarrow R_{\text{м}} \rightarrow L \rightarrow X_L \rightarrow Z \rightarrow I,$$

где F - усилие;

$\delta_{\text{в}}$ - длина воздушного зазора;

$R_{\text{м}}$ - магнитное сопротивление;

L - индуктивность;

X_L - индуктивное сопротивление;

Z - полное сопротивление;

I - ток.

2) индуктивность датчика вычисляется по формуле:

$$L = \frac{\epsilon}{\delta_{\text{в}}} \mu \cdot n^2 \cdot S_{\text{м}} \cdot 10^{-7}, (\text{Гн}) \quad (1)$$

где L - индуктивность датчика,

$\delta_{\text{в}}$ - длина воздушного зазора;

n - число витков;

S_M - площадь поперечного сечения магнитопровода.

Пример расчета

Исходные данные:

$\delta_{в1} = 0,4 \text{ мм} = 0,0004 \text{ м} = 4 * 10^{-4} \text{ м}$; $\delta_{в2} = 0,6 \text{ мм} = 0,0006 \text{ м} = 6 * 10^{-4} \text{ м}$;
 $\delta_{в3} = 0,8 \text{ мм} = 0,0008 \text{ м} = 8 * 10^{-4} \text{ м}$; $S_M = 40 \text{ мм}^2 = 0,00004 \text{ м}^2 = 4 * 10^{-5} \text{ м}^2$;
 $n = 16000$ витков.

Решение:

$$L_1 = (2/0,0004) * 3,14 * 16000^2 * 0,00004 * 10^{-7} = 16,1 \text{ (Гн)}$$

$$L_2 = (2/0,0006) * 3,14 * 16000^2 * 0,00004 * 10^{-7} = 10,7 \text{ (Гн)}$$

$$L_3 = (2/0,0008) * 3,14 * 16000^2 * 0,00004 * 10^{-7} = 8 \text{ (Гн)}$$

Построить график $L = f(\delta_{в})$

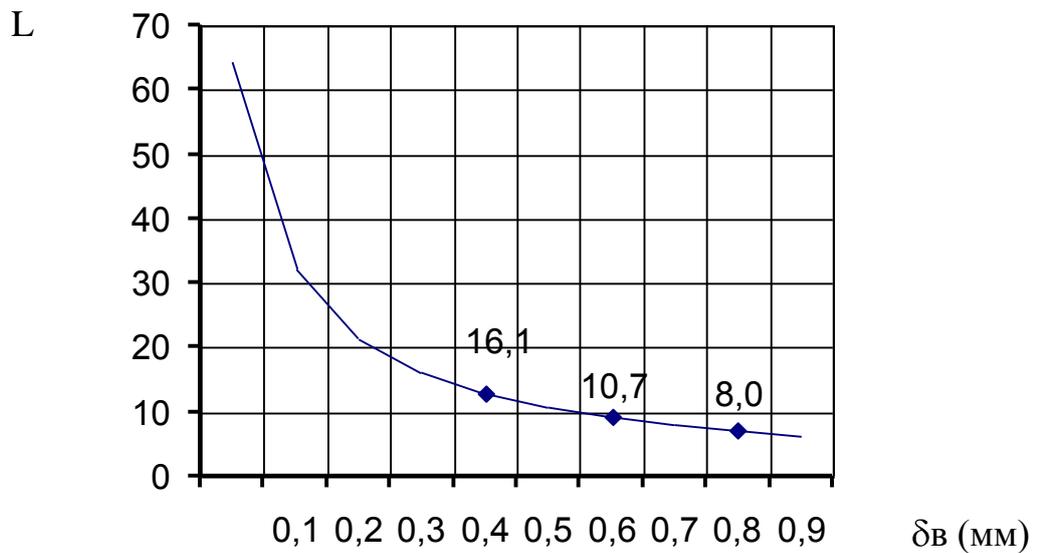


Рис.3. График зависимости индуктивности датчиков от воздушного зазора

3. Задание 1. Определить индуктивность датчика в зависимости от длины воздушного зазора.

Исходные данные для расчета взять из таблицы 1, согласно варианту.

Таблица 1

№ варианта	$\delta_{в1},$ (мм)	$\delta_{в2},$ (мм)	$\delta_{в3},$ (мм)	$S_{м},$ (мм ²)	n
1	0,3	0,5	0,7	40	16000
2	0,4	0,6	0,8	50	16000
3	0,3	0,5	0,7	60	15500
4	0,4	0,6	0,8	30	16500
5	0,5	0,7	0,9	30	16500

Результаты расчета свести в таблицу 2.

Таблица 2

L_1 (Гн)	L_2 (Гн)	L_3 (Гн)

Построить график $L = f(\delta_{в})$

4. Методика определения параметров обмотки индуктивного датчика

1. Угловая частота переменного тока определяется по формуле:

$$\omega = 2\pi f \text{ (1/сек)}, \quad (2)$$

где f – частота.

2. Индуктивность датчика:

$$L = U_{\sim} / (I_{\sim} \cdot \omega) \text{ (Гн)}, \quad (3)$$

где U_{\sim} – переменное напряжение,

I_{\sim} – переменный ток,

ω – угловая частота.

3. Число витков:

$$n = \sqrt{\frac{L\delta_b \cdot 10^7}{2\pi S_M}} \text{ (ВИТКОВ)}, \quad (4)$$

где S_M – площадь поперечного сечения магнитопровода,
 δ_b – длина воздушного зазора.

4. Диаметр провода:

$$d = \sqrt{4 \cdot I \sim / (\pi \cdot \Delta_{\text{доп}})} \text{ (мм)} \quad (5)$$

где $\Delta_{\text{доп}}$ – допустимая плотность тока

Пример расчета

Исходные данные:

$S_M = 200 \text{ мм}^2 = 2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$, $\delta_b = 2 \text{ мм} = 2 \cdot 10^{-2} \text{ м}$, $I = 10 \text{ мА} = 0,01 \text{ А}$,
 $\Delta_{\text{доп}} = 3 \text{ А/мм}$, $U = 220 \text{ В}$, $f = 400 \text{ Гц}$

Решение:

1. $\omega = 2 \cdot 3,14 \cdot 400 = 2512 \text{ (1/сек)}$

2. $L = 220 / 0,01 \cdot 2512 = 8,75 \text{ (Гн)}$

3. $n = \sqrt{\frac{8,75 \cdot 0,2 \cdot 10^{-2} \cdot 10^7}{2 \cdot 3,14 \cdot 2 \cdot 10^{-4}}} = 11800 \text{ (ВИТКОВ)}$

4. $d = \sqrt{4 \cdot 0,01 / (3,14 \cdot 3)} = 0,065 \text{ (мм)}$

5. Задание 2. Определить параметры обмотки датчика.

Исходные данные для расчета взять из таблицы 1, согласно варианту.

Таблица 1

№ варианта	S_M (мм ²)	δ_B (мм)	I (мА)	$\Delta_{\text{доп}}$ (А/мм)	U (В)	f (Гц)
1	500	3	10	4	220	400
2	300	3	10	3.5	220	400
3	400	3	20	3.5	220	400
4	550	9	15	3.5	220	400
5	550	7	25	4	220	400

Результаты расчета свести в таблицу 2

Таблица 2

W (1/сек)	L (Гн)	n (ВИТКОВ)	d (мм)

6. Контрольные вопросы и задания

1. Какие типы индуктивных датчиков существуют?
2. Укажите реверсивен или нереверсивен одинарный индуктивный датчик?
3. Объясните цепь преобразований в индуктивном датчике.
4. Как можно получить дифференциальный индуктивный датчик?
5. Укажите достоинства и недостатки индуктивных датчиков.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Келим Ю. М. Типовые элементы систем автоматического управления. Учебное пособие для студентов учреждений среднего профессионального образования. – М.: ФОРУМ: ИНФРА–М, 2002. – 384 с.: ил. – (Серия «Профессиональное образование»).
2. В.В. Литвиненко, А.П. Майструк. Автомобильные датчики, реле и переключатели. Краткий справочник. – М.: ЗАО «КЖИ «За рулем», 2004. – 176 с.: ил.: табл.
3. Соснин Д. А. Автотроника. Электрооборудование и системы бортовой автоматики современных легковых автомобилей: Учебное пособие. М.: СОЛОН–Р, 2001, 272 с.

Образец титульного листа

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**
ЮРГИНСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Кафедра
«Агроинженерии»

АВТОМАТИКА

Лабораторная работа

Тема

Выполнил студент гр. 10400:

Иванов И. И.

Проверил преподаватель:

Петров П. П.

Юрга 2014

Учебное издание

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ИНДУКТИВНЫХ ДАТЧИКОВ

Методические указания к выполнению лабораторной работы ПО КУРСУ
«Автоматика» для студентов, обучающихся по специальности 110304
«Технология обслуживания и ремонта машин и оборудования в АПК»,
очной и заочной форм обучения, направления 110300 «Агроинженерия»

Составитель

ЧЕРНУХИН Роман Владимирович

**Отпечатано в Издательстве ЮТИ ТПУ в полном соответствии
с качеством предоставленного оригинал-макета**

Подписано к печати
Формат 60x84/23 Бумага офсетная.
Плоская печать. Усл. печ. л. . Уч-изд. л.
Тираж 15 экз. Заказ Цена свободная.
ИПЛ ЮТИ ТПУ. Ризограф ЮТИ ТПУ.
652050, г. Юрга, ул. Московская, 17.