

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное агентство по образованию

Томский политехнический университет

УТВЕРЖДАЮ:

Декан ЭФФ

_____ Евтушенко Г.С.

" ____ " _____ 2005 г.

426

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ
ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ**

Методические указания
к выполнению лабораторной работы № 426
для студентов специальности 190900 -
Информационно-измерительная техника и технологии

ТОМСК 2005 г.

УДК 621.317.39 (075.8)

Исследование электромагнитных измерительных преобразователей.
Методические указания к выполнению лабораторной работы № 426
для студентов специальности 19.09 - Информационно-измерительная
техника и технологии. - Томск: изд. ТПУ. 2005. -11с.

Составители: Б.Б Винокуров
М.С.Кадлубович

Рецензент: В.Ф.Вотяков

Методические указания рассмотрены и рекомендованы к
изданию методическим семинаром кафедры информационно-
измерительной техники 24 декабря 2004 г.

Зав.кафедрой ИИТ,
профессор

Жуков В.К.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 426
ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ
ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

1. УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В РАБОТЕ

- x - перемещение чувствительного элемента измерительного преобразователя, мм;
 δ - размер воздушного зазора магнитопровода для электромагнитных измерительных преобразователей с переменной длиной воздушного зазора, мм;
 I_i - значения токов в той или иной цепях измерительной схемы, А;
 E_2 - вторичная эдс на выходе генераторных ИП, В;
 W_1, W_2 - соответственно количества витков первичной и вторичной обмоток электромагнитных преобразователей;
 R_H - сопротивление нагрузки измерительной схемы, Ом;
 P_H - мощность в нагрузке, Вт;
 R_N - сопротивление образцового резистора, Ом.

2. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

- 2.1. Электрические измерения неэлектрических величин. Под ред. П.В.Новицкого. - 5-е изд. - Л.: Энергия, 1975. -576 с.
2.2. Левшина Е.С., Новицкий П.В. Электрические измерения физических величин. Измерительные преобразователи.- Л.: Энергоатомиздат, 1983. - 296с.

3. ЗАДАНИЕ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

- 3.1. Ознакомиться с основными видами электромагнитных измерительных преобразователей и их классификацией;
3.2. Ознакомиться с целью и программой работы;
3.3. Подготовить устные ответы на поставленные контрольные вопросы.

4. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Ознакомиться с принципом действия и разновидностями электромагнитных измерительных преобразователей. Получить практические навыки исследования свойств и характеристик электромагнитных индуктивных и трансформаторных преобразователей и схем их включения.

5. ПРОГРАММА РАБОТЫ

- 5.1. Исследование индуктивного измерительного преобразователя (ИП) с переменной длиной воздушного зазора
- 5.1.1. Определение функциональной зависимости $I = f(\delta)$ для одинарного (ИП);
- 5.1.2. Определение относительной чувствительности одинарного преобразователя;
- 5.1.3. Определение оптимального значения сопротивления нагрузки мостовой измерительной цепи с включенным дифференциальным индуктивным ИП;
- 5.1.4. Определение функциональной зависимости вида $I_{вых} = f(\delta)$ для мостовой неравновесной схемы включения дифференциального индуктивного ИП;

5.2. Исследование дифференциального трансформаторного ИП. Экспериментальное определение его функции преобразования $E_2 = f(\delta)$.

5.3. Построение графиков, анализ полученных зависимостей, выводы.

6. КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ИЗ ТЕОРИИ

Индуктивные и трансформаторные измерительные преобразователи относятся к электромагнитной группе. Конструктивно могут выполняться по-разному, но имеют общие элементы, такие как магнитопровод, обмотки. На рис.1 схематично показаны индуктивные преобразователи с переменной длиной воздушного зазора. Рабочее перемещение подвижной части этих ИП обычно лежит в пределах $0.01 \div 5$ мм.

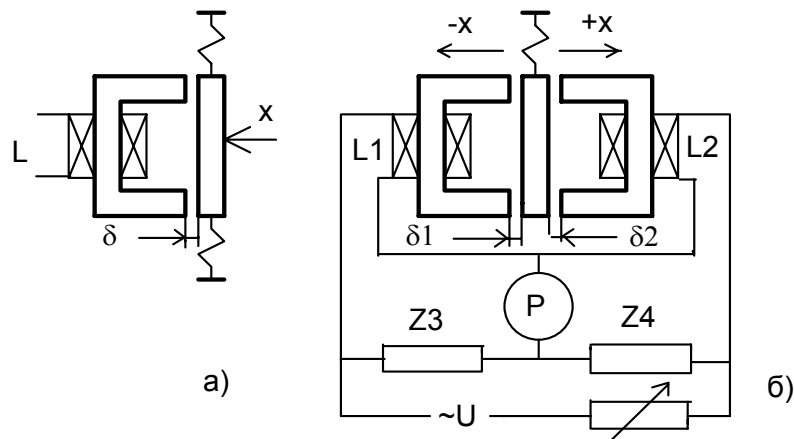
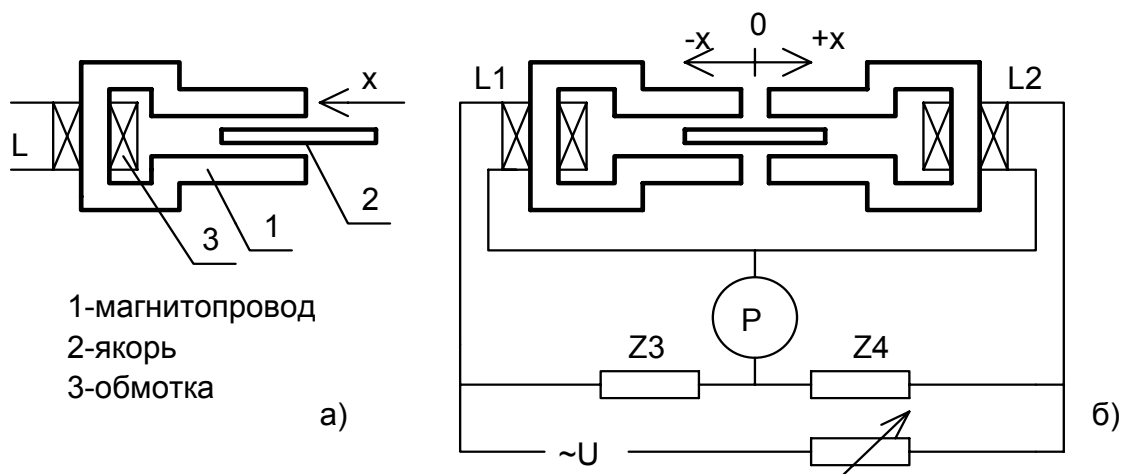


Рис.1

На рис.1а показан так называемый абсолютный индуктивный преобразователь. Естественной входной величиной его является перемещение X , естественной выходной величиной - индуктивность катушки L .

Для улучшения свойств измерительных преобразователей используют дифференциальное включение двух идентичных абсолютных преобразователей или сами преобразователи делают в едином конструктиве в дифференциальном исполнении, как это показано на рис.1б. И в том и в другом случаях применяют мостовую измерительную цепь включения на переменном токе. Дифференциальное включение измерительных преобразователей позволяет увеличить чувствительность, линейность выходной характеристики, уменьшить погрешности от мешающих факторов. На рис.2 показаны индуктивные преобразователи с изменяющейся площадью воздушного зазора.



1-магнитопровод
2-якорь
3-обмотка

Рис. 2

Такие преобразователи позволяют измерять линейные перемещения в пределах 5÷20 мм. Перемещение якоря в зазоре магнитопровода приводит к изменению магнитного сопротивления магнитной цепи, что в свою очередь влияет на изменение индуктивности обмотки (или обмоток). На рис.2б показана схема включения дифференциального преобразователя такого типа.

Для мостовой измерительной цепи переменного тока в упрощенном виде для тока в указательной диагонали моста можно записать так:

$I_p \approx k(Z_1 Z_4 - Z_2 Z_3)$, где $Z_1 \div Z_4$ -полные сопротивления плеч мостовой измерительной цепи. При перемещении якоря в дифференциальном преобразователе полные сопротивления Z_1 и Z_2 имеют приращения с разными знаками, что приводит к удвоению чувствительности по сравнению со случаем использования абсолютного преобразователя.

Имея магнитную цепь, электромагнитные преобразователи могут и не иметь магнитопровода. Такие преобразователи содержат одну или несколько обмоток и перемещающийся внутри них ферромагнитный сердечник, как это показано на рис.3 . По принятой классификации они относятся к преобразователям соленоидального типа.

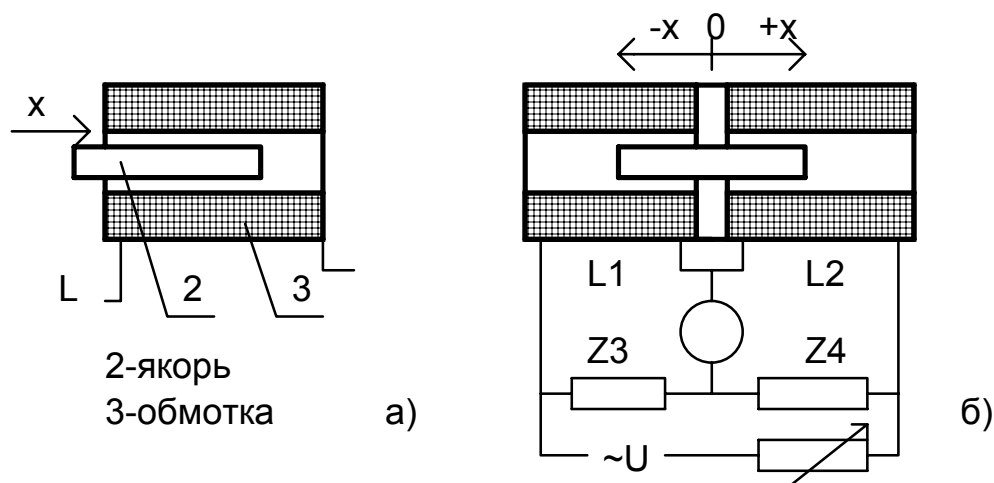


Рис.3

Конструктивно трансформаторные электромагнитные преобразователи во многом похожи на индуктивные преобразователи. Дополнительно они содержат одну или несколько измерительных обмоток, обозначаемых, как правило , в виде W_2 .

На рис.4 показаны некоторые типы трансформаторных преобразователей, которые в практике называют *преобразователями с распределенными параметрами*.

Преобразователь, показанный на рис.4а, предназначен для измерения больших линейных перемещений. Распределенный магнитный поток в зазоре магнитопровода создается протеканием переменного тока I через первичную обмотку W_1 . При перемещении вторичной (измерительной) обмотки в зазоре магнитной цепи, в ней наводится эдс. Причем, при равномерном зазоре магнитопровода, в рабочем диапазоне перемещений $X_{раб}$, зависимость выходной эдс от перемещения X практически линейна.

Преобразователь, показанный на рис.4б, также предназначен для преобразования больших перемещений. Равномерное магнитное поле создается Ш-образным магнитопроводом с разомкнутым центральным сердечником, внутри которого перемещается плоская диэлектрическая пластина с нанесенной на ней

плоской измерительной обмоткой. Сама обмотка W_1 может содержать один или несколько витков. Изменяя профиль измерительной обмотки, можно воспроизводить заданную функцию преобразования измерительного преобразователя.

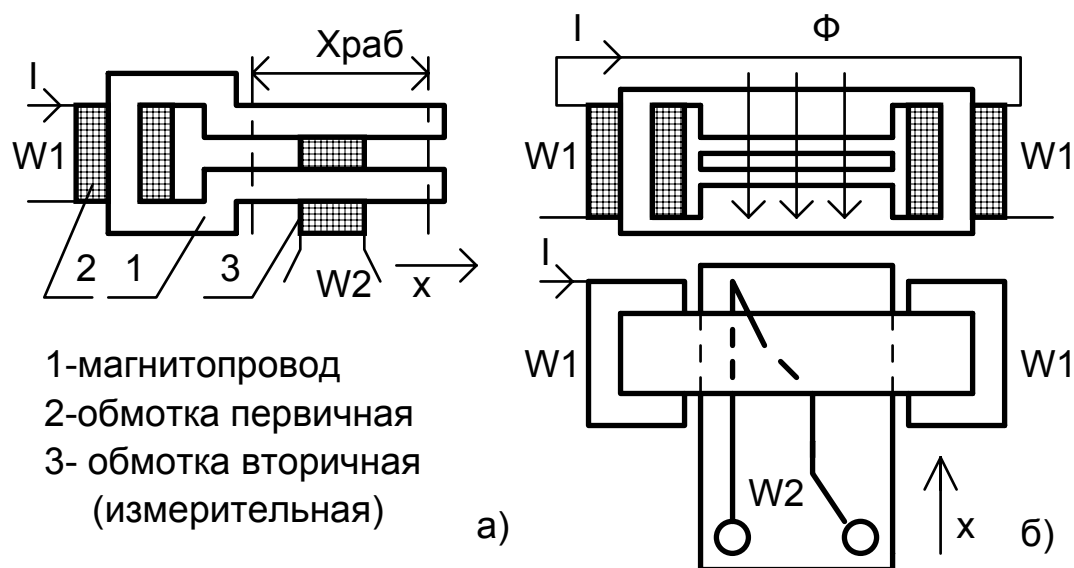


Рис.4

Электромагнитные измерительные преобразователи находят широкое применение в технике измерения линейных и угловых перемещений и, как вторичные преобразователи, для измерения большого числа других неэлектрических величин.

7. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

7.1. Объяснить принцип действия электромагнитных индуктивных (абсолютных и дифференциальных) преобразователей, используемых в лабораторной работе.

7.2. Объяснить принцип действия трансформаторных преобразователей и, в частности, преобразователя, используемого в лабораторной работе.

7.3. В чем преимущества дифференциальных преобразователей перед абсолютными?

7.4. Как влияет сопротивление нагрузки на работу измерительной схемы включения?

7.5. Каким образом можно измерить переменный ток в обмотках индуктивного или трансформаторного преобразователей?

7.6. Раскрыть смысл фраз: "мостовая измерительная схема в равновесном режиме" и "мостовая измерительная схема в неравновесном режиме".

8. ОБЪЕКТЫ ИЗМЕРЕНИЯ И СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ

Основой лабораторной работы является лабораторный макет с смонтированными на нем объектами исследования-электромагнитными индуктивными (B1) и трансформаторным (B2) измерительными преобразователями.

Питание макета осуществляется от сети переменного тока 220В, 50Гц через штепсельную вилку X1 и тумблер S4.

Напряжение, подаваемое на измерительные схемы, регулируется переменным резистором R и контролируется на клеммах 7-8 с помощью встроенного или внешнего вольтметра переменного тока.

Принципиальная схема лабораторного макета приведена на рис.5.

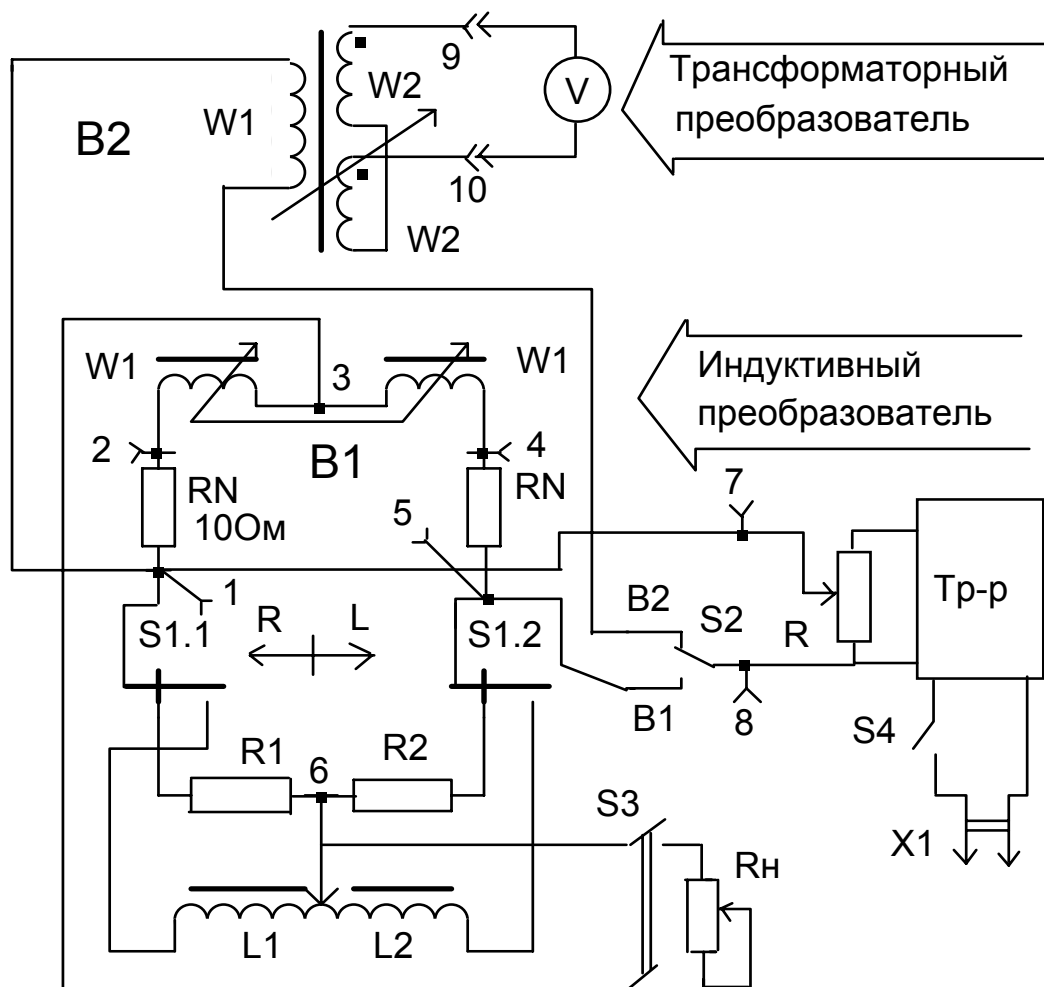


Рис.5

Индуктивный измерительный преобразователь дифференциального типа с двумя идентичными обмотками $W1-W1$ и переменной длиной воздушного зазора включен в первое (клеммы 2-3) и второе (клеммы 3-4) плечи мостовой измерительной цепи. Двумя другими плечами моста могут быть либо резисторы $R1-R2$ (переключатель $S1$ -в положении "R"), либо полуобмотки трансформатора с регулированием соотношения их числа витков (переключатель $S1$ -в положении "L"). На выход моста может подключаться резистор с переменным сопротивлением с целью моделирования нагрузки на измерительную схему (резистор R_n , подключаемый переключателем $S3$).

Подключение напряжения питания к входной диагонали моста производится переключателем $S2$ (положение B1).

Трансформаторный дифференциальный преобразователь состоит из обмотки возбуждения, размещенной на магнитопроводе, и двух измерительных обмоток, включенных дифференциально.

Напряжение питания на обмотку возбуждения трансформаторного преобразователя подается через переключатель $S2$ (положение B2). Выходной сигнал в виде эдс снимается с клемм 9-10.

Перемещение подвижных элементов исследуемых преобразователей В1 и В2 и отсчет этих перемещений осуществляется с помощью микрометра часового типа. Микрометр может перемещаться по салазкам, что дает возможность его использования для исследования обоих типов преобразователей. Отсчет перемещений осуществляется по большой шкале микрометра с ценой деления 0.01 мм/дел. Большая шкала микрометра выполнена подвижной по отношению к корпусу, что позволяет совмещать между собой любое деление шкалы со стрелкой микрометра.

9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

9.1. Исследование индуктивного измерительного преобразователя с переменной длиной воздушного зазора.

9.1.1. Определение зависимости тока в катушке одинарного измерительного преобразователя от длины зазора - $I = f(\delta)$. Для этого подвести микрометр под преобразователь В1 и, вращая винт подачи штока микрометра, ввести его в соприкосновение с подвижной частью измерительного преобразователя. Поворотом большой шкалы микрометра совместить нулевое деление его шкалы со стрелкой. Таким образом будет установлено нулевое показание шкалы, которое соответствует начальному зазору измерительного преобразователя. Тумблер S1 установить в среднее положение, клеммы 1 и 3 перемкнуть проводником, S2-в положении "В1, S3-в положении "откл" и S4-"вкл. Напряжение питания установить равным 5В с помощью резистора Rрег и контролируя его на клеммах 7 и 8 с помощью электронного вольтметра. Изменяя зазор от 0 до 2-х мм через каждые 0.2 мм, измерять ток I_{W1} , поддерживая каждый раз значение приложенного напряжения, равным 5 В. Ток I_{W1} измеряется косвенно через

падение напряжения на образцовом резисторе $R_N=10$ Ом как $I_W = \frac{U_{RN}}{R_N}$.

Данные экспериментов занести в табл.1.

Таблица1

$\delta, \text{мм}$	0	0.2	0.4	0.6	1.8	2.0
$U_{RN}, \text{В}$							
$I_{W1}, \text{А}$							

9.1.2. По результатам измерений п.9.1.1. рассчитать и построить графики зависимости чувствительности от изменения длины зазора :

$$S = \frac{\frac{\Delta Z}{Z_m}}{\frac{\Delta \delta}{\delta_m}}, \quad \text{где } \delta_m \text{ - максимальное перемещение сердечника преобразователя (2 мм);}$$

$$Z_m = \frac{U_{RN}}{I_W} \text{ - полное сопротивление катушки преобразователя при напряжении питания равным 5В и токе } I_W,$$

соответствующему максимальному зазору $\delta_m = 2 \text{ мм}$;

$\Delta \delta$ - пошаговые изменения зазора, равные 0.2 мм;

$\Delta Z_k = Z_{k+1} - Z_k$ - приращения модуля полного сопротивления, соответствующие изменению зазора $\Delta \delta$;

Z_k - модуль полного сопротивления при текущем значении зазора δ_k ;

Z_{k+1} - модуль полного сопротивления при значении зазора δ_{k+1} ;

$\delta_{k+1} = \delta_k + \Delta \delta$.

9.1.3. Определение оптимального значения сопротивления нагрузки мостовой измерительной схемы с включенным дифференциальным преобразователем.

При работе схем с измерительными преобразователями немаловажное значение имеет согласование сопротивления нагрузки с выходным сопротивлением схемы. При правильно подобранной нагрузке в нее будет передаваться максимальная мощность.

При проведении этого эксперимента ключи установить в следующие положения: S4 - "вкл"; S1 - "R"; S3 - "вкл" и начальное сопротивление нагрузки установить равным 500 Ом; напряжение питания установить равным 10В; электронный вольтметр подсоединить к указательной диагонали моста (3-6).

Перемещая винтом подачи подвижный сердечник преобразователя В1, добиться равновесия схемы, признаком чего будет минимальное показание вольтметра. Далее, переместить сердечник преобразователя на 1 мм, что соответствует полному обороту стрелки микрометра. Произойдет разбаланс моста. Для каждого сопротивления нагрузки (500, 300, 200, 100, 80, 60, 50, 40, 30, 20, 10 Ом) зафиксировать значения напряжений на выходе мостовой схемы. По данным этих измерений рассчитать и построить график вида $P_H = f(R_H)$,

где P_H - мощность, передаваемая нагрузке и равная $P_H = \frac{U_H^2}{R_H}$.

Те же эксперименты провести с мостовой схемой с полностью индуктивными плечами (S1 - положение "L"). В данной схеме предусмотрена возможность дополнительного уравнивания путем изменения соотношения плеч L1-L2. Результаты экспериментов занести в табл.2.

Таблица 2

	R _н , Ом	500	300	20	10
U _{i,мВ}	S1-"R"					
U _{i,мВ}	S1-"L"					
U _{i,мВ}	S1-"R"					
U _{i,мВ}	S1-"L"					
R _н (S1 -"R") опт.=						
R _н (S1 - "L") опт.=						

9.1.4.Определение зависимости $I = f(\delta)$ для мостовой неравновесной схемы с дифференциальными преобразователями.

Данный раздел выполнять для мостовой схемы с индуктивными плечами (S1 - "L"). В соответствии с результатами п.9.1.3. установить сопротивление нагрузки равным R_н опт. Известным уже способом уравновесить мостовую схему. Затем, перемещая сердечник преобразователя сначала в одну, потом в другую сторону относительного нулевого (равновесного) положения, через каждые 0.1 мм измерять напряжение на выходе моста. По данным эксперимента построить искомую зависимость $I = f(\delta)$, где $I = \frac{U_{R_n}}{R_{н\text{опт}}}$.

Данные эксперимента внести в табл.3

Таблица 3

δ,мм	0.1	0.2			± 1.0
U _{RN} ,В						
I, мА						

9.2.Исследование дифференциального трансформаторного измерительного преобразователя В2.

9.2.1.Экспериментальное определение функции преобразования $E_2 = f(\delta)$ (S2 - "B2"). Установить напряжение питания преобразователя равным 10 В. Затем электронный вольтметр подключить к измерительной обмотке преобразователя W₂ (9-10). Перемещением подвижного элемента преобразователя добиться минимального выходного сигнала на его дифференциальной обмотке. Это положение следует считать нейтральным (нулевым). Перемещая далее подвижный элемент в одну и в другую сторону на ±2мм через каждые 0.2 мм, производить измерения эдс на выходе преобразователя. Эксперимент повторить при напряжении питания, равным 5 В.

Данные эксперимента занести в табл.4. По` построенным графикам провести анализ и сделать выводы.

Таблица 4

δ,мм				
E ₂ ,мВ					

10. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

- 10.1. Титульный лист с указанием названия университета, названия кафедры, номера и наименования работы, исполнителей и даты выполнения работы.
 - 10.2. Цель работы.
 - 10.3. Программа работы.
 - 10.4. Схемы экспериментальных установок.
 - 10.5. Таблицы. основные соотношения.
 - 10.6. Примеры расчетов.
 - 10.7. Графики зависимостей.
 - 10.8. Выводы по отдельным пунктам работы и общие выводы.
 - 10.9. Таблица приборов, использованных в работе , с указанием названия прибора, его предела измерения, основной приведенной погрешности.
-

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

Методические указания

**Составители: Винокуров Борис Борисович
Кадлубович Марина Самуиловна**

Подписано к печати ____ Формат 60x84/16. Бумага офсетная №1.
Пчать ИСО. Усл.печ.л. __ Уч.-изд.л. __ Тираж ____ экз. Заказ №
ИПФ ТПУ.Лицензия ЛТ№1 от 18.08.94. Типография ТПУ
634004,Томск, пр.Ленина, 30.