

Министерство образования Российской Федерации

Томский политехнический университет

УТВЕРЖДАЮ:
Декан ЭФФ

_____ Евтушенко Г.С.

" ____ " _____ 2003г.

408-Vi

ИССЛЕДОВАНИЕ ГАЛЬВАНОМАГНИТНЫХ
ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ХОЛЛА

Методические указания по подготовке и выполнению
лабораторной работы № 425-Vi (Virtual)
по курсу «Методы и средства измерений»
для студентов специальности
19.09.-Информационно-измерительная техника и технологии

Томск – 2003 г.

УДК 621.317.39 (075.8)

Исследование тензометрических измерительных преобразователей.
Методические указания к выполнению лабораторной работы № 425-Vi
для студентов специальности 19.09 - "Информационно-измерительная
техника и технологии" всех форм обучения. - Томск: изд. ТПУ. 2003.-18 с..

Составитель Б.Б.Винокуров

Рецензент доцент, к.т.н., В.Ф. Вотяков

Методические указания рассмотрены и рекомендованы к изданию
методическим семинаром кафедры информационно-измерительной
техники 6 февраля 2003 г.

Зав. кафедрой ИИТ, профессор

_____ Жуков В.К.

© Томский политехнический университет

© Винокуров Б.Б.

Лабораторная работа № 408-vi
ИССЛЕДОВАНИЕ ГАЛЬВАНОМАГНИТНЫХ
ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ХОЛЛА

Методические указания по подготовке и выполнению
лабораторной работы № 408-V (Virtual) по курсу «Методы и средства
измерений»

**УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ
В МЕТОДИЧЕСКИХ УКАЗАНИЯХ:**

B – магнитная индукция, Тл;

E_h – э. д. с. Холла, В;

R_h – постоянная Холла, $\frac{M^3}{(A \cdot c)}$;

I_y – управляющий ток преобразователя, А;

d – толщина пластины преобразователя, м;

S_{BI} – гальваномагнитная чувствительность, $\frac{B}{(A \cdot Tл)}$;

S_B – чувствительность к магнитной индукции, $\frac{B}{Tл}$;

S_I – чувствительность к току, $\frac{B}{A}$.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Электрические измерения физических величин: (Измерительные преобразователи). Учебное пособие для вузов/ Е.С.Левшина, П.В.Новицкий. - Л.: Энергоатомиздат, 1983.- 320 с.

2. Электрические измерения: Учебник для вузов/ Под ред. А.В.Фремке и Е.М. . Пущина.- Л.: Энергия, Ленингр. отд-ние, 1980.-- 392 с. 3*. Электрические измерения (средства и методы измерений). Учебное пособие для вузов / Под ред.Е.Г.Щрамкова.- М.: Высшая школа, 1972 - 520 с.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

- Изучить эффекты, лежащие в основе работы преобразователей Холла;
- Изучить основные метрологические характеристики преобразователей Холла, режимы включения, режимы питания;
- Изучить методы определения основных характеристик и параметров преобразователей Холла;
- Ознакомиться с целью работы.
- Ознакомиться с программой виртуальной лабораторной работы.

ИССЛЕДОВАНИЕ ГАЛЬВАНОМАГНИТНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ХОЛЛА

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ:

- 1.1. Ознакомиться с основными метрологическими характеристиками и параметрами, режимами включения и режимами питания преобразователей Холла.
- 1.2. Получить практические навыки определения основных характеристик и параметров преобразователей Холла при помощи виртуального моделирования.

2. ПРОГРАММА РАБОТЫ

- 2.1. Изучить виртуальную лабораторную установку и входящие в ее состав объекты измерения и измерительные приборы.
- 2.2. Определить характеристику направленности преобразователя Холла.
- 2.3. Определить характеристики преобразователя вида $E_h = f(B)$ при $I_y = const$ и $E_h = f(I_y)$ при $B = const$ для различных режимов питания ($I_y \approx uI_y =$) и ($B = uB \approx$) и для различных режимов включения (прямое и обратное) исследуемого преобразователя Холла.
- 2.4. Определить зависимость основных характеристик преобразования от частоты управляющего тока.
- 2.5. Обработать результаты измерений и представить их в отчете о выполненной работе.

3. ОБЪЕКТЫ И СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

3.1. Преобразователь Холла для исследования выбирается преподавателем (см. приложение 1). Пластина преобразователя расположена на плоской площадке, выполненной на оси из

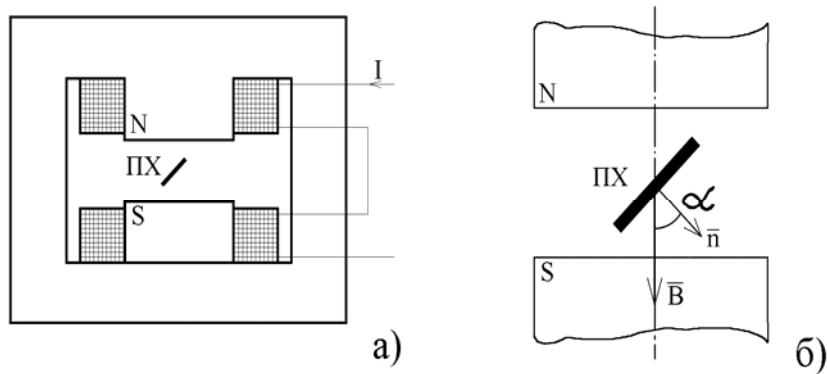


Рис.1

немагнитного материала. Вместе они размещены в зазоре электромагнита так, что при повороте оси изменяется взаимная ориентация преобразователя относительно направления магнитного поля. Отсчётный лимб показывает угол между нормалью к плоскости пластины и направлением поля (рис.1,б).

3.2. Полезадающая система смоделирована в виде электромагнита (рис.1,а) с плоско - параллельным зазором, обеспечивающим однородное магнитное поле в месте виртуального расположения преобразователя Холла. Для определения значения магнитной индукции в зазоре электромагнита через ток I в его обмотках можно воспользоваться выражением $B(\text{Тл})=0,071 \cdot I(\text{А})$ или градуировочным графиком, представленным на рис.2.

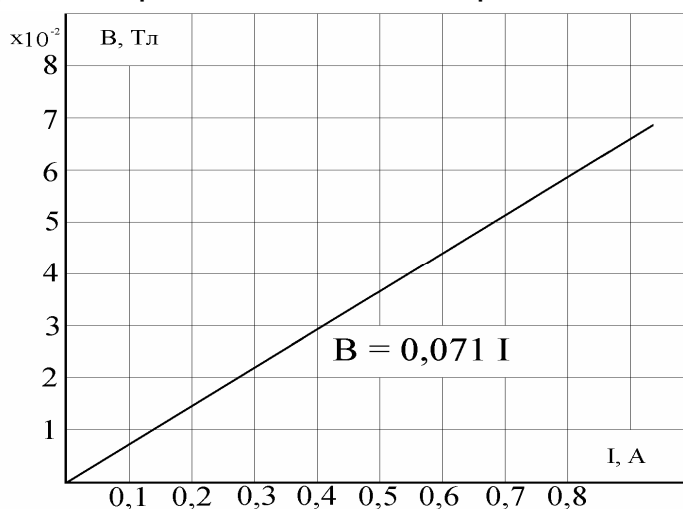


Рис. 2.

Сам электромагнит и находящийся в его зазоре преобразователь Холла входят в состав лабораторного макета.

3.3. Рабочее поле лабораторной работы состоит из четырёх частей (рис.3).

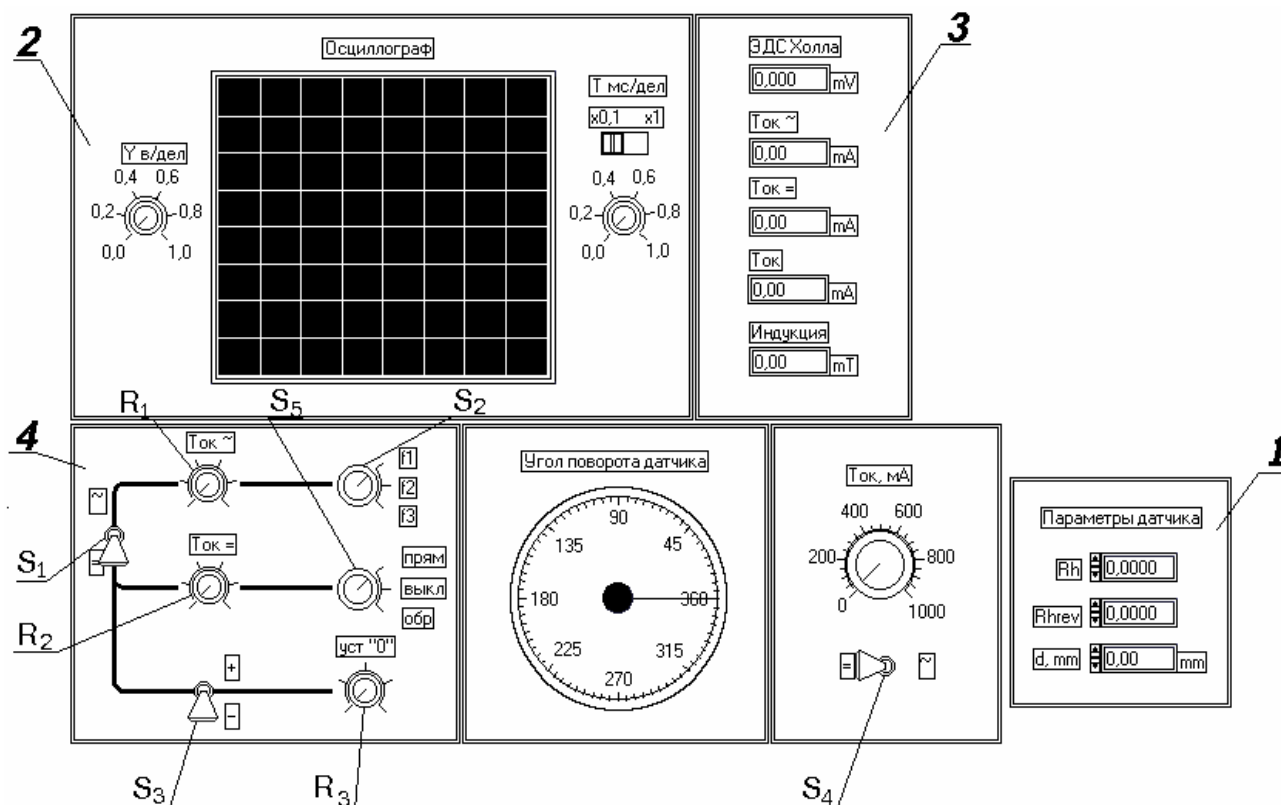


Рис. 3

В первой части находятся окна, в которых вводятся исходные параметры датчиков Холла. Вторая часть экрана – это осциллографический индикатор. Третья часть – блок индикаторов, в него входят: вольтметр; амперметр, который показывает численное значение, питающего датчик Холла, переменного тока; амперметр, который показывает численное значение, питающего датчик Холла, постоянного тока; амперметр

показывает численное значение тока, питающего электромагнит; индикатор значения индукции. Лабораторный макет находится в четвёртой части экрана. и состоит из следующих блоков: полезадающая система вместе с преобразователем Холла (в центре) блок питания преобразователя Холла (слева) и блок питания электромагнита (справа).

Блок питания преобразователя позволяет:

- обеспечивать питание его постоянным и переменным управляющим током;
- изменять значения того или другого в пределах допустимых значений от 0 до 10 мА (ручки "Ток I" и "Ток 1_");
- производить компенсацию начальной э.д.с. Холла (ручка "Уст.О);
- осуществлять питание переменным током при различных частотах (в данном устройстве $f_1 = 50\text{Гц}$, $f_2 = 1000\text{Гц}$, $f_3 = 10000\text{Гц}$);
- исследовать преобразователь при прямом и обратном режимах его включения (ручка "режим").

Блок питания электромагнита позволяет:

- питать его постоянным (I_{\sim}) или переменным (I_{\sim}) током;
- плавно регулировать токи в пределах от 0 до 1 А (регулятор "ток").

Функциональная схема макета представлена на рис.4.

4. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ.

4.1. Преобразователи Холла, основаны на эффекте Холла, заключающемся в возникновении поперечной разности потенциалов (э.д.с. Холла) на боковых гранях пластины. Преобразователь Холла представляет собой четырехполюсник, обычно выполняемый в виде тонкой пластины или пленки из полупроводникового материала (рис.5,а). Токовые электроды 1 и 2 выполняются по всей ширине поперечных граней, что обеспечивает равномерное распределение управляющего тока I_y по сечению преобразователя. Потенциальные (Холловские) электроды 3 и 4 расположены в центральной части продольных граней. В магнитном поле под действием сил Лоренса носители заряда изменяют свою траекторию, вследствие чего на одной из граней концентрация зарядов одного знака увеличивается, в то время как на противоположной грани уменьшается. Возникающая при этом разность потенциалов (э.д.с. Холла) определяется выражением

$$E_h = R_h \cdot I_y \cdot B \cdot \cos \alpha \cdot \frac{1}{d}$$

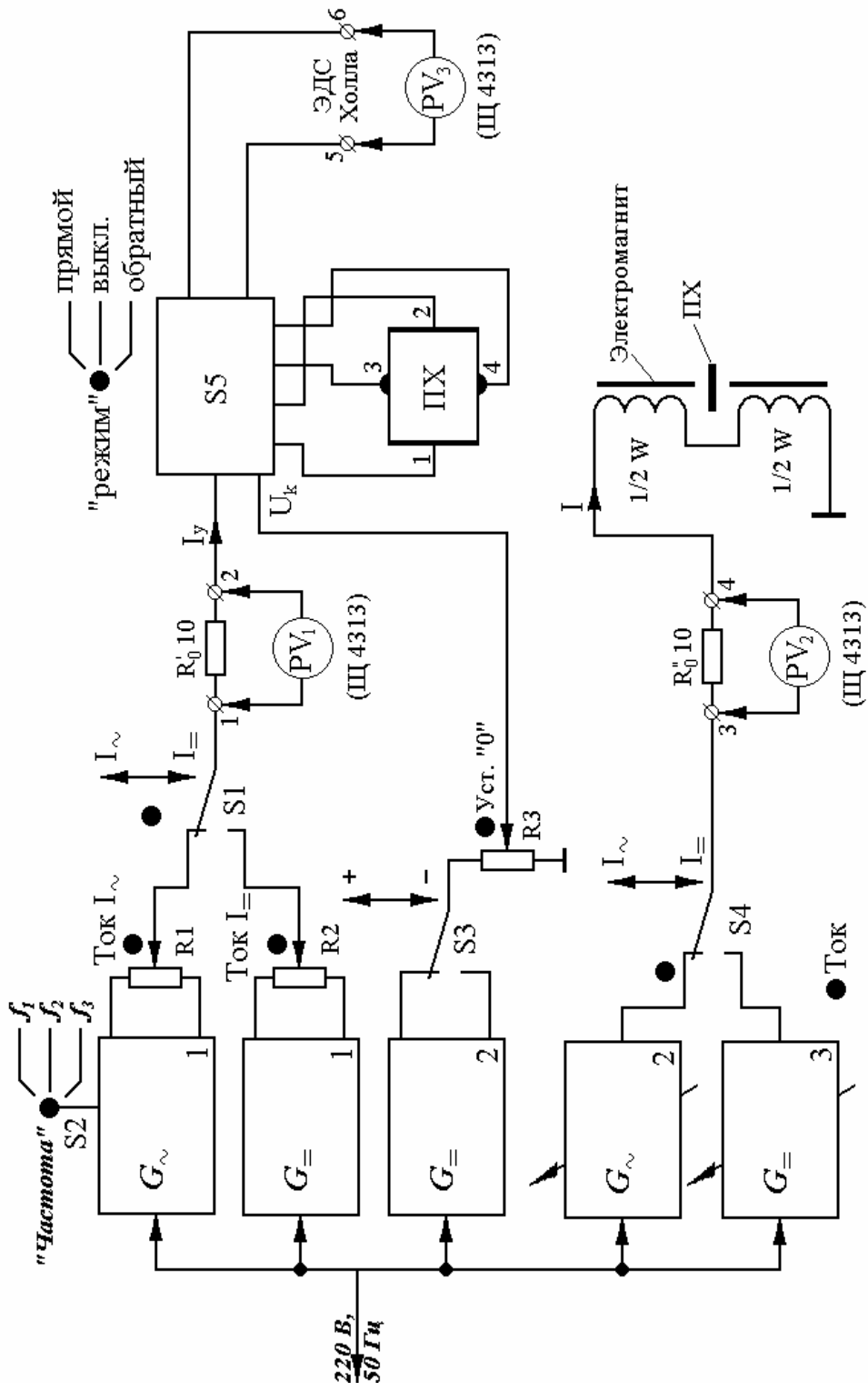


Рис. 4

где R_h - постоянная Холла, зависящая от свойств материала преобразователя;

I_y - значение управляющего тока;

B - значение магнитной индукции;

d - толщина пластины преобразователя;

α - угол между векторами магнитной индукции и магнитной оси преобразователя, совпадающей с нормалью к плоскости преобразователя (рис.1,6).

4.2. Материалы, используемые в конструкциях преобразователей, преимущественно полупроводниковые. Особенно сильно эффект Холла проявляется в германии и кремнии.

Кристаллические преобразователи Холла выполняются в виде тонких пластинок ($d = 0,01 - 0,2 \text{ мм}$), которые вырезаются из монокристаллов и шлифовкой доводятся до нужной толщины. Выводы укрепляются на боковых гранях путем пайки или сварки. Пластины наклеиваются на подложки из диэлектрического материала.

Хорошими метрологическими характеристиками отличаются пленочные преобразователи Холла из тонких поликристаллических пленок $JnSb$ и $JnAs$ на стеклянных подложках.

4.3. Режимы питания преобразователей Холла. Выходная величина преобразователя - E_h пропорциональна произведению ($I \cdot B$). Род э.д.с. Холла будет определяться родом величин, - I и B . Так при постоянных во времени управляющем токе и индукции э.д.с. Холла тоже будет постоянной. Если же хотя бы одна из величин I или B будет постоянной, а другая переменной, э.д.с. Холла будет переменной величиной. В случае равенства частот переменных величин I и B

$$E_h = \frac{R_h}{d} \cdot I \cdot B \cdot \cos \varphi + \frac{R_h}{d} \cdot I \cdot B \cdot \cos(2\omega + \varphi)$$

где φ - сдвиг по фазе между управляющим током и магнитной индукцией.

Если ток имеет частоту ω , а индукция - Ω , причем $\omega \gg \Omega$, то выходной сигнал имеет спектр вида $(\omega \pm \Omega)$.

4.4. Основные метрологические характеристики и параметры преобразователей Холла:

- входное сопротивление $R_{\text{вх}}$ - сопротивление между токовыми (1-2) электродами;

- выходное сопротивление $R_{\text{вых}}$ - сопротивление между холловскими электродами;

- гальваномагнитная чувствительность (при $\alpha = 0$)

$$S_{BI} = E_h / B_I ; \quad (4.2)$$

- чувствительность к магнитной индукции

$$S_B = E_h / B \text{ при } I_{y \text{ ном.}} = \text{const} ; \quad (4.3)$$

- чувствительность к току

$$S_I = E_h / I_y \quad (4.4)$$

- характеристика направленности

$$E_h = f(\alpha) \text{ вытекающая из } E_h = k \cdot \cos \alpha \quad (4.5)$$

$U_{\text{ост}}$ - остаточное напряжение, которое возникает между холловскими электродами при прохождении через преобразователь тока при отсутствии магнитного поля. Причина остаточного напряжения – расположение холловских электродов в неэквипотенциальных точках пластин. Для исключения остаточных напряжений используют различные схемы коррекции [1]. На рис.5,б показана одна из них, где используется добавочное компенсирующее напряжение U_k , и применена в лабораторном макете.

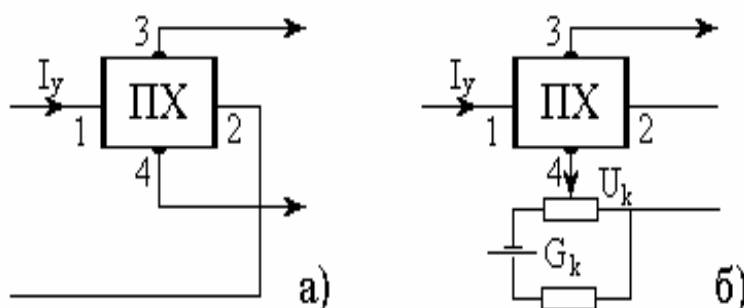


Рис.5

4.5. Режимы включения преобразователя.

Преобразователи Холла являются обращенными преобразователями. Это их свойство в ряде случаев имеет практическое значение. В зависимости от схемы различают прямое (рис.6,а) и обратное (рис.6,б) включения преобразователя, когда токовые и холловские электроды взаимозамещаются.

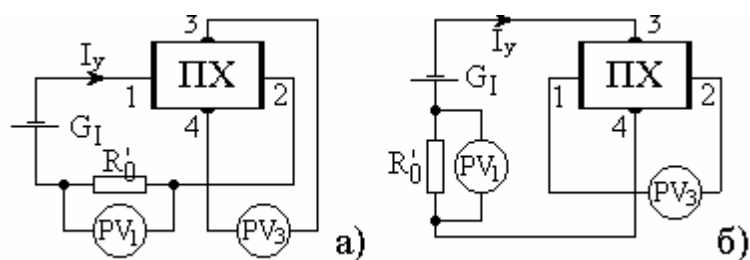


Рис.6

4.6. Частотные свойства гальваномагнитных преобразователей.

Возникновение э.д.с. Холла является малоинерционным процессом, а сами преобразователи – малоинерционными приборами. Их граничная частота определяется в основном наличием межэлектродных емкостей, имеющих значения единиц пикофарад. Таким образом, преобразователи Холла могут быть использованы для измерения магнитной индукция переменных полей очень высокой частоты – до десятков и даже сотен мегагерц.

4.7. Преобразователи Холла в силу своих свойств находят широкое применение в электрических измерениях (аналоговые перемножители, модуляторы постоянных токов и напряжений, измерители токов, напряжений, мощности) и в неэлектрических измерениях (преимущественно разнообразные, датчики положения). Основное назначение - определение параметров однородных и неоднородных магнитных полей и характеристик магнитных материалов

4.8 Вопросы для самопроверки.

4.8.1. В чем сущность эффекта Холла?

4.8.2. В чем смысл термина - "характеристика направленности преобразователя Холла"?

4.8.3. Наличие характеристики направленности - это хорошо или плохо?

4.8.4. Каковы режимы питания преобразователей Холла?

4.8.5. Назвать основные метрологические характеристики преобразователей Холла.

4.8.6. Чем определяется номинальное значение тока через преобразователь?

4.8.7. Что значит обратный режим использования преобразователя Холла?

4.8.8. Каковы на Ваш взгляд внешние воздействия, влияющие на работу преобразователя Холла?

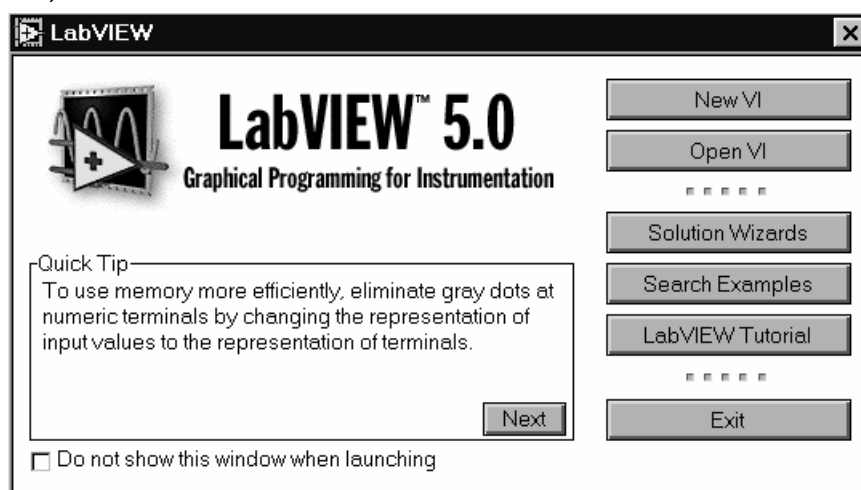
4.8.9. Что такое остаточное напряжение, каковы способы его устранения?

4.8.10. Приведите примеры практического использования преобразователей Холла.


5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ПРОГРАММЫ РАБОТЫ

Для того, чтобы подготовить лабораторную работу к выполнению, следует:

1. Включить компьютер;
2. Загрузить программу **LabVIEW** :
 - Загрузить программу нажатием левой клавиши мыши на ярлыке **LabVIEW**, который находится на рабочем столе Windows,
 - Программа выведет запрос на регистрацию, **ничего не вводя в предложенные окна нажать клавишу ОК, затем ещё один раз нажать клавишу ОК.**
 - При появлении окна, указанного на рисунке, нажать на клавишу Open VI,



- Загрузить файл 408-V.VI,

5.1. Запустить программу в действие. Для этого надо: навести курсор мыши  на значок , надавить на левую клавишу мыши.

5.2. Перед началом выполнения очередного пункта программы коммутационные и регулирующие элементы на панели лабораторного макета установить в исходные положения, определяемые из табл.2.

5.3. Компенсацию начального напряжения (S_3 " \pm "), R_3 – ("Уст.0") проводить только для режимов питания преобразователя Холла постоянным управляющим током ($S_1 \rightarrow$ " I_- ") при отсутствии поля в зазоре электромагнита. Установка нуля проводится для каждого значения I_y отдельно и заключается в выборе полярности коммутирующего напряжения ($S_3 \rightarrow$ " $+$ " или " $-$ ") и его регулировки ручкой "Уст. 0".

Таблица 2

R_1	R_2	R_3	S_1	S_2	лимб	S_4	S_5	ток	Пункт программы
0	0	0	«=»	X	0	«=»	Прям.	0	5.3
0	0	0	«=»	X	0	«=»	Прям.	0	5.4.1
0	0	0	«=»	X	0	«=»	Обр.	0	5.4.2
0	0	0	«=»	X	0	«=»	Прям.	0	5.4.3
0	0	0	«=»	X	0	«=»	Обр.	0	5.4.4
0	0	0	«=»	X	0	« »	Прям.	0	5.5
0	0	0	« \approx »	f_1	0	« »	Прям.	0	5.6.1
0	0	0	« \approx »	f_1	0	«=»	Прям.	0	5.6.2
0	0	0	« \approx »	f_1	0	« \approx »	Прям.	0	5.7

5.4. Определить характеристику направленности преобразователя Холла, для чего:

- установить ручки в исходное положение (табл.2);
- установить значение постоянного управляющего тока - 10 мА.;
- установить ток питания электромагнита - 0,5 А;
- пользуясь угломерным устройством для различных значений угла α измерить значения э.д.с. Холла; данные внести в табл.3.

Таблица 3

	0	10^0	20^0	360^0
E_{hi}				
E_{hi}/E_{h_0}					

- рассчитать и построить в полярных координатах характеристику направленности преобразователя Холла как зависимость $E_{hi}/E_{h_0} = f(\alpha)$ где E_{hi} и E_{h_0} соответствующие значения э.д.с. при текущих значениях α и $\alpha = 0$.

- Сделать вывод.

5.5. Определить и исследовать характеристики преобразователя Холла в режиме питания постоянным управляющим током и постоянным магнитным полем.

5.5.1. Определить характеристики вида $E_h = f(I_{y\approx})$ при $B_{\pm} = const$ для прямого включения преобразователя, для чего:

- установить ручки в исходное положение (табл.2);
- установить текущее значение управляющего тока;
- провести установку нуля выходного сигнала преобразователя;
- установить значение тока электромагнита 0,5 А;
- показания приборов внести в табл.4.

Аналогично повторить действия для тока электромагнита 1 А.

Таблица 4

I_y, mA	1	2	10	Режим Включения
$E_h(B_{\pm} = 0,035Tл)$					Прямое
$E_h(B_{\pm} = 0,071Tл)$					
$S_{BI}(B_{\pm} = 0,071Tл)$					
$S_I(B_{\pm} = 0,071Tл)$					
$E_h(B_{\pm} = 0,035Tл)$					Обратное
$E_h(B_{\pm} = 0,071Tл)$					
$S_{BI}(B_{\pm} = 0,071Tл)$					
$S_I(B_{\pm} = 0,071Tл)$					

5.5.2. Определить характеристики вида $E_h = f(I_{\pm})$ при $B_{\pm} = const$ для обратного включения преобразователя Холла для чего:

- установить ручки в исходное положение (табл.2);
- осуществить дальнейшие действия в соответствии с п.5.3.1, а данные внести в табл.4.

Для обоих режимов рассчитать гальваномагнитные чувствительности S_{BI} и чувствительности к току S_I формулам (4.2) и (4.4). Полученные зависимости построить на одном графике, сравнить их между собой и сделать выводы.

5.5.3. Определить характеристики вида $E_h = f(B_{\pm})$ при $I_{y\pm} = const$ для прямого включения преобразователя Холла, для чего:

- установить ручки в исходное положение (табл.2);
- установить значение $I_{y\pm} = 5 \text{ мА}$;
- провести установку нуля выходного сигнала преобразователя;
- задаваясь значениями тока электромагнита, указанными в табл.5,

определить значения выходного сигнала;

- аналогичные действия осуществить для значения $I_{y\pm} = 10 \text{ мА}$;
- данные внести в табл.5.

Таблица 5.

I, A	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	Режим Включения
$B, Tл$											
$E_h(I_y = 5 \text{ мА})$											Прямое
$E_h(I_y = 10 \text{ мА})$											
$S_{\sigma}, B/Tл$											
$E_h(I_y = 5 \text{ мА})$											Обратное
$E_h(I_y = 10 \text{ мА})$											
$S_{\sigma}, B/Tл$											

5.5.4. Определить характеристики вида $E_h = f(B_-)$ при $I_{y=} = const$ для обратного включения преобразователя Холла, для чего:

- установить ручки в исходное положение (табл.2);
- осуществить дальнейшие действия в соответствии с п.5.3.3, а данные внести в табл.5.

Для обоих режимов рассчитать чувствительности по индукции по формуле (4.3).

Полученные зависимости построить на одном графике, сравнить их и сделать выводы, в отношении линейности характеристик и значений и постоянства чувствительностей.

5.6. Определить и исследовать характеристики преобразователя Холла в режиме питания постоянным управляющим током и переменным магнитным полем, для чего:

- установить ручки в исходное положение (табл.2);
- установить род работы приборов в соответствии с табл.1;
- установить значение управляющего тока $I_{y=} = 5mA$;
- провести установку нуля выходного сигнала преобразователя;
- задаваясь значениями переменного тока в цепи электромагнита в соответствии с табл.6 определить значения выходного сигнала.

Аналогичные действия осуществить для значения $I_{y=} = 10mA$,

Данные внести в табл.6.

Рассчитать чувствительности по индукции S_g по формуле (4.3).

Полученные зависимости построить на одном графике, сравнить с ранее полученными в п.5.3.3. и сделать выводы.

5.7. Определить и исследовать характеристики преобразователя Холла в режиме питания переменным управляющим током и постоянным магнитным полем.

5.7.1. Определить характеристики вида $E_h = f(I_{y\approx})$ при $B_- = const$ для чего:

- установить ручки в исходное положение (табл.2);
- установить род работы приборов в соответствии с табл.1;

Таблица 6

I_{\approx}, A	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
$B_{\approx}, Tл$										
$E_h(I_{y-} = 5mA)$										
$E_h(I_{y-} = 10mA)$										
$S_{B_{\approx}}(I_y = 10mA)$										

- установить значение тока электромагнита 0,5 А;
- устанавливая ряд значений управляющего тока (см.табл.7), измерять значения выходного сигнала.

Аналогично измерить значения выходного сигнала при токе электромагнита 1 А. Все данные внести в табл.7.

Таблица 7

$I_{\approx}, mA(f = f_1)$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$E_{h_1}, (B_{\approx} = 0,035Tл)$										
$E_{h_1}, (B_{\approx} = 0,071Tл)$										

Полученные зависимости построить на одном графике и сравнить их с аналогичными зависимостями, полученными в п.5.3.1.

Сделать выводы.

Дополнительно с помощью осциллографа можно наблюдать форму выходного сигнала преобразователя, а полученные изображения зарисовать

5.7.2. Определить характеристики вида $E_h = f(B_{\approx})$ при $I_{y_{\approx}} = const$ и $f = const$ для чего:

- установить ручки в исходное положение (табл.2);
- для заданной частоты управляющего тока f_1 установить значение последнего равным 10 мА;

- задаваясь значениями тока электромагнита, указанными в табл. 8, определить значения выходного сигнала преобразователя.

Аналогичные действия осуществить для режимов $I_y = 10\text{мА}$, $f = f_2$ и $I_y = 10\text{мА}$, $f = f_3$. Данные внести в табл.8.

Таблица 8

I, А	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
В, Тл										
Eh, $I_y = 10\text{мА}$, $f = f_1$										
Eh, $I_y = 10\text{мА}$, $f = f_2$										
Eh, $I_y = 10\text{мА}$, $f = f_3$										
S_B , $f = f_1$										
S_B , $f = f_2$										
S_B , $f = f_3$										


Полученные зависимости построить на одном графике, сравнить их между собой и с аналогичными зависимостями, полученными в п.п. 5.3.3 и 5.4, сделать выводы.

5.8. Получить и пронаблюдать осциллограммы выходного сигнала преобразователя Холла в режиме питания переменным управляющим током и переменным магнитным полем, для чего:

- установить ручки в исходное положение (табл.2);
- для ряда сочетаний частоты управляющего тока и значений индукции в зазоре электромагнита при номинальном управляющем токе $I = 10$ мА наблюдать и по возможности зарисовать полученные осциллограммы выходных напряжений. Проанализировать их и сделать выводы.

5.9. Сделать общие выводы по работе.

5.10. Вывести все регуляторы начальное положение

5.11. Остановить выполнение программы  нажатием кнопки

6. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

- Титульный лист с указанием названия института, названия кафедры, номер и наименование работы, исполнители, дата выполнения работы.

- Цель работы.
- Программа работы.
- Схема лабораторной установки.
- Таблицы экспериментальных данных, основные соотношения.
- Примеры расчетов.
- Графики зависимостей в соответствии с программой.
- Выводы по отдельным пунктам работы и общие выводы.

ИССЛЕДОВАНИЕ ГАЛЬВАНОМАГНИТНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ХОЛЛА

Методические указания по подготовке и выполнению лабораторной работы № 408-Vi (Virtual) по курсу «Методы и средства измерений» для студентов специальности 19.09. - Информационно-измерительная техника и технологии

Составитель: Б.Б.Винокуров

Рецензент: В.Ф.Вотяков

Подписано к печати _____ Формат 60x84/16. Бумага офсетная №1.
Печать HISO . Усл. печ. л. ___ Уч. –изд. л. _____ Тираж _____ экз. Заказ № ___
ИПФ ТПУ. Лицензия №1 от 18.08.94. Типография ТПУ
634050, Томск, пр. Ленина, 30