

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
**«Владимирский государственный университет**  
**имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»**  
(ВлГУ)

**Галас В.П.**

**ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ  
ВХОДНЫХ СИГНАЛОВ**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**  
**к выполнению лабораторных работ для студентов**  
**направления 220400 - *Управление в технических системах***

**(Электронный ресурс)**

**Владимир 2012**

УДК 681.32

**Измерительные и функциональные преобразователи входных сигналов.** Методические указания к выполнению лабораторных работ для студентов направления 220400 - Управление в технических системах/ Сост.: В.П. Галас, 2012. 40 с.

Приведены описания лабораторных работ для студентов направления 220400, в которых изучаются измерительные и функциональные преобразователи входных сигналов, используемые в современном оборудовании систем управления. Работы выполнены с использованием учебного лабораторного стенда НТЦ-121.100 НТП «Центр», позволяющего производить необходимые экспериментальные исследования.

Предназначены для бакалавров и магистров направления 220400 - Управление в технических системах

Ил. 29. Табл. 15. Библиогр.: 5 назв.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1 ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТЕНЦИОМЕТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

**Цель работы:** освоение методики определения основных параметров потенциометрических преобразователей.

**Аппаратура:** учебный лабораторный стенд НТЦ – 12.100

### Общие сведения

Потенциометрический измерительный преобразователь (реостатный датчик) представляет собой реостат, в котором перемещение подвижного контакта изменяет введённое в цепь сопротивление. Реостат выполнен в виде каркаса определённой формы, на котором намотана и укреплена обмотка из провода. В качестве материала используют нихром, константан, манганин, платина или сплав серебра с палладием и платины с иридием. В зависимости от конфигурации каркаса реостаты разделяются на линейные, стержневые, кольцевые и многооборотные.

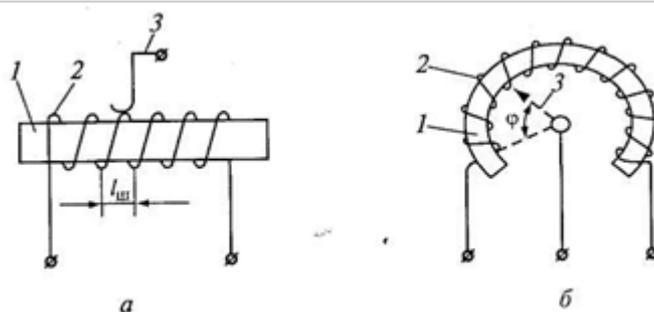


Рис. 1- Потенциометрические датчики: а – линейный, б – угловой, 1 – каркас, 2 – провод, 3 – токосъемный контакт

Сопротивление реостата может изменяться линейно или по некоторому закону в функции перемещения движка. В последнем случае выполняется профильный каркас элемента сопротивления.

Статическая характеристика потенциометрического измерительного преобразователя приведена на рисунке 2-г.

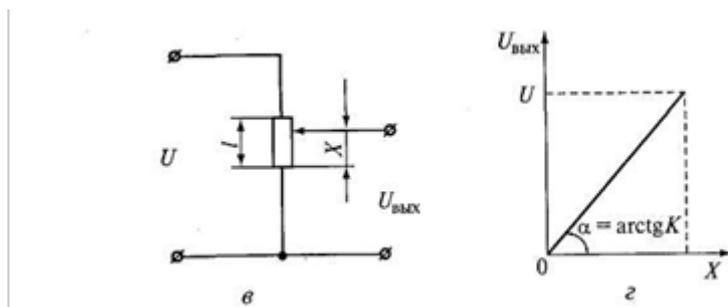


Рис. 2- Потенциометрические датчики: в – схема включения, г - статическая характеристика

Конструктивно потенциометрические измерительные преобразователи выполняют как измерительные преобразователи линейных так и измерительные преобразователи угловых перемещений. Они работают на постоянном и на переменном токе.

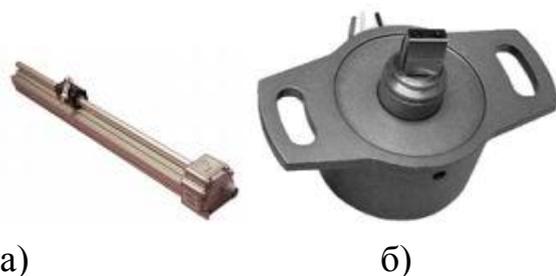


Рис. 3- Конструкция потенциометрических датчиков: а – линейная, б - угловых перемещений

При автоматизации различных технологических процессов потенциометрический измерительный преобразователь выполняет функции преобразования механического перемещения в пропорциональный электрический сигнал.

Простота преобразования различных физических величин в перемещение позволяет использовать потенциометрические измерительные преобразователи в приборах для измерения уровня расхода, давления, силы, веса и т.п., а также в системах для непосредственной передачи угла поворота, в следящих системах, регуляторах, устройствах обработки данных, цифровых индикаторах.

Достоинствами потенциометрического измерительного преобразователя является: простота, возможность получения заданного закона изменения выходной величины за счёт профилирования каркаса, а также то, что они дают на выходе электрический сигнал, пропорциональный измеряемой

величине, который легко преобразуется и передаётся на удалённые индикаторные приборы (дистанционное измерение физических величин).

К недостаткам можно отнести наличие скользящего контакта, необходимости относительно больших перемещений движка и значительных усилий для его перемещения.

### Рабочее задание

1. Измерить сопротивление (полное) потенциметрического преобразователя С1;
2. Снять зависимость  $r_{C1}=f(\varphi)$ ;

В схемах одноактного и мостового потенциметрического преобразователя:

1. Снять статическую характеристику  $U_{вых}=f(\varphi)$  в режиме холостого хода;
2. Снять статическую характеристику  $U_{вых}=f(\varphi)$  при подключении нагрузки.

### Порядок выполнения работы:

1. Измерить сопротивление (полное) потенциметрического преобразователя С1, сопротивление нагрузок Rн1 и Rн2, результаты занести в таблицу 1.

Таблица 1

	Измерено
	R, Ом
С1	
Rн1	
Rн2	

2. Вращая ручку потенциметра С1 снять зависимость  $r_{C1}=f(\varphi)$ , результаты занести в таблицу 2.

Таблица 2

N	Измерено	
	$\varphi, ^\circ$	$r_{C1}, \text{Ом}$
1	0	
2	30	
3	60	
4	90	
...	...	

3. Собрать схему одноактного потенциметрического преобразователя, как показано на рисунке 4.

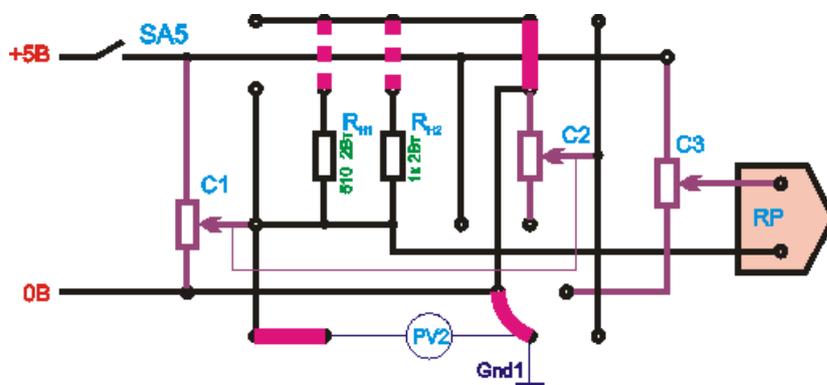


Рисунок 4 – Схема одноактного потенциметрического преобразователя

4. Убедиться, что схема собрана правильно и на панели стенда присутствуют только необходимые для проведения данного опыта переключки, тумблеры SA2, SA3, SA5, SA6, SA7, SA8, SA22, SA23, SA25, SA70 находятся в нижнем положении («Выключено»). Регуляторы R21, R22 установить в крайнее левое положение. Если необходимо использовать измерительные приборы на панели стенда, тумблеры SA10, SA11 установить в положение «Измерение».

5. Включить питание стенда (три автоматических выключателя «Сеть»).

6. Включить переключатель SA5.

7. Плавнo перемещая ручку потенциметра C1, снять статическую характеристику  $U_{\text{вых}}=f(\varphi)$  в режиме холостого хода, данные занести в таблицу 3.

8. Плавнo перемещая ручку потенциметра C1, снять статическую характеристику  $U_{\text{вых}}=f(\varphi)$  при подключении нагрузки  $R_{n1}$ ,  $R_{n2}$ , данные занести в таблицу 3.

Таблица 3

Измерено			
$\varphi, ^\circ$	U <sub>ВЫХ</sub> , В (х.х)	U <sub>ВЫХ</sub> , В (R <sub>H1</sub> )	U <sub>ВЫХ</sub> , В (R <sub>H2</sub> )
0			
30			
60			
90			
...			

9. Выключить переключатель SA5.

10. Выключить питание (три автоматических выключателя «Сеть»).

11. Разобрать схему.

12. Собрать схему мостового потенциметрического преобразователя, как показано на рисунке 5.

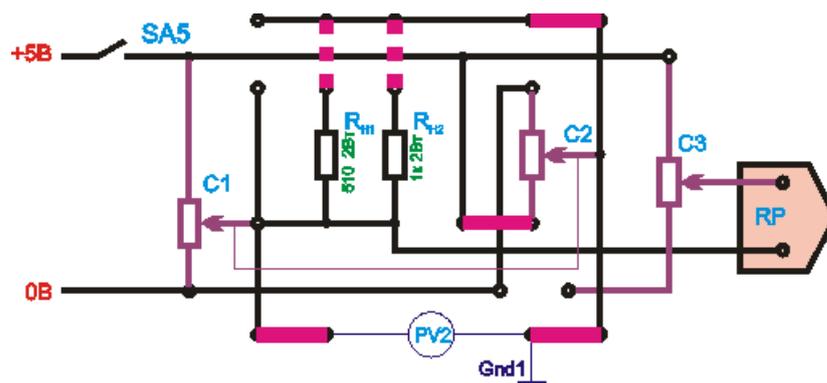


Рисунок 5 – Схема мостового потенциметрического преобразователя

13. Убедиться, что схема собрана правильно и на панели стенда присутствуют только необходимые для проведения данного опыта переключки, тумблеры SA2, SA3, SA5, SA6, SA7, SA8, SA23, SA25, SA70 находятся в нижнем положении («Выключено»). Регуляторы R21, R22 установить в крайнее левое положение. Если необходимо использовать измерительные приборы на панели стенда, тумблеры SA10, SA11 установить в положение «Измерение».

14. Включить питание стенда (три автоматических выключателя «Сеть»).

15. Включить переключатель SA5.

16. Установить ручку потенциметров C1, C2 в среднее положение, при этом добившись установки нуля напряжения. Данное положение ручки считать исходным (0).

17. Плавно поворачивая ручку потенциометра С1, С2, снять статические характеристики  $U_{\text{вых}}=f(\varphi)$  в режиме холостого хода, данные занести в таблицу 4.

18. Плавно поворачивая ручку потенциометра С1, С2, снять статические характеристики  $U_{\text{вых}}=f(\varphi)$  при подключении нагрузки  $R_{н1}$ ,  $R_{н2}$ , данные занести в таблицу 4.

Таблица 4

Измерено						
$\varphi, ^\circ$	$U_{\text{вых}}, В$ (х.х)		$U_{\text{вых}}, В$ ( $R_{н1}$ )		$U_{\text{вых}}, В$ ( $R_{н2}$ )	
	направление		направление		направление	
	прав.	лев.	прав.	лев.	прав.	лев.
0						
30						
60						
90						
...						

19. Выключить переключатель SA5.

20. Выключить питание (три автоматических выключателя «Сеть»).

21. Разобрать схему.

### ***Вопросы для самопроверки***

1. Какие материалы применяют для выполнения обмоток потенциометрических измерительных преобразователей, какими характеристиками они должны обладать?
2. С какой целью выполняют профильный каркас элемента сопротивления?
3. В чем заключаются преимущества многооборотных измерительных преобразователей?
4. Как по характеристике потенциометрических измерительных преобразователей определить их коэффициент усиления  $K$ ?
5. В каких приборах используют потенциометрические измерительные преобразователи?
6. Что относят к основным достоинствам потенциометрических измерительных преобразователей?
7. Что относят к основным недостаткам потенциометрических измерительных преобразователей?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2 ИССЛЕДОВАНИЕ ИНДУКТИВНЫХ И ИНДУКЦИОННЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

**Цель работы:** освоение методики определения и исследование основных характеристик индуктивных и индукционных датчиков.

**Аппаратура:** учебный лабораторный стенд НТЦ – 12.100

### Общие сведения

Принцип действия индуктивных преобразователей основан на изменении индуктивности системы под воздействием входной величины (перемещения, усилия). Индуктивность электромагнитной системы  $L$  определяется отношением числа потокосцеплений  $\sum \Phi_i \omega_i$  к вызвавшему их току  $I$ :

$$L = 1/I (\sum \Phi_i \omega_i), \quad (7)$$

где:  $\Phi$  – магнитный поток, Вб;

$\omega$  – число витков;

$i$  – номер обмотки.

*Индуктивные преобразователи* представляют собой катушку индуктивности, полное сопротивление которой может меняться при взаимном относительном перемещении. Входной величиной индуктивного преобразователя является перемещение, выходной – индуктивность.  $L = f(X)$  – функция преобразования индуктивного преобразователя. Индуктивные датчики делятся:

- а) на датчики с переменным числом витков  $\omega$ ;
- б) датчики с магнитной проницаемостью, изменяемой с помощью деформаций (магнитоупругие датчики);
- в) датчики с переменным сопротивлением воздушного зазора  $R_\delta$ ;
- г) датчики с сопротивлением магнитопровода, изменяемым с помощью подмагничивания постоянным магнитным потоком;
- д) датчики с реактивным магнитным сопротивлением, изменяемым с помощью перемещения экрана или короткозамкнутого витка.

Индуктивный преобразователь (рис. 1) основан на изменении индуктивности обмотки 1 электромагнитного дросселя в зависимости от воздушного зазора  $\delta$  между сердечником 2 и якорем 3. Здесь входным воздействи-

ем является перемещение якоря 3, а выходной величиной – индуктивность  $L$ , или выходное сопротивление  $x = \omega \cdot L$ :

$$L = W^2 / (R_M + R_{MB}) = W^2 / (R_M + 2\delta / \mu_0 \cdot S_B), \quad (8)$$

где  $W$  – число витков обмотки катушки;

$R_M$  – магнитное сопротивление воздушного зазора ( $\mu_0$  – магнитная проницаемость воздуха);

$\omega$  – частота переменного тока.

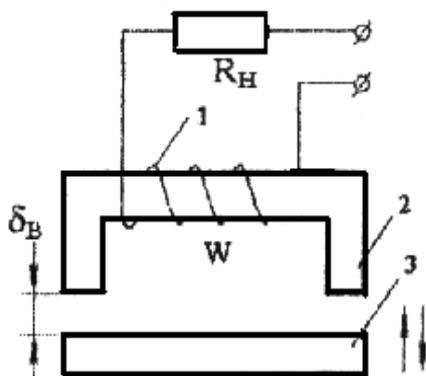


Рис. 1 - Схема индуктивного преобразователя

Линейный участок с начальным зазором  $\delta_0$  (рис. 2.) ограничен значением  $\Delta\delta$ , равным  $(0,1 - 0,15)\delta_0$ . Относительное изменение сопротивления из-за наличия активного сопротивления обмотки, потока утечки и магнитного сопротивления магнитопровода в 2 – 5 раз меньше относительного изменения зазора.

На практике обычно измеряют не индуктивность и сопротивление, а ток, протекающий по катушке (рис. 2, б), который равен  $I = U / \omega L = U 2\delta / \omega^2 \mu_0 S w$ .

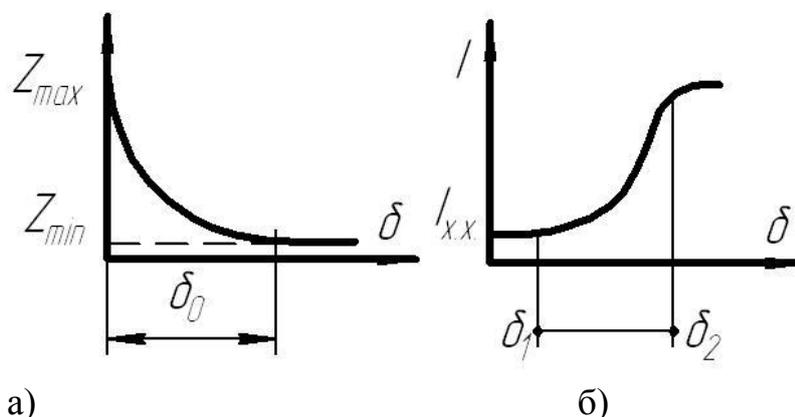


Рис. 2. Графики зависимости:

- а) зависимость сопротивления от воздушного зазора;
- б) зависимость тока от воздушного зазора

Достоинства: простота конструкции, дешевизна, отсутствие скользящего контакта, возможность получения большой выходной мощности (до  $5 \text{ В} \cdot \text{А}$ ), возможность работы от промышленной сети с частотой 50 Гц. Недостатки: небольшой участок линейности выходной величины, наличие тока холостого хода, температурная погрешность, неточное изготовление обмоток, не всегда правильный выбор материалов.

На практике, в виду своих недостатков, одиночный индуктивный преобразователь применяется очень редко, в основном используется дифференциальный индуктивный преобразователь.

*Дифференциальный индуктивный преобразователь* – это преобразователь, состоящий из двух одинаковых индуктивных преобразователей, между которыми помещен подвижный ярлык.

Преобразователь (рис. 3) состоит из подвижного ярлыка 1, двух неподвижных сердечников 2, на которые намотаны обмотки 3. Выходные обмотки индуктивных преобразователей включены встречно, при перемещении у подвижного ярлыка зазор у одного преобразователя увеличивается, а другого уменьшается. В сумме они компенсируют друг друга. Соответственно ток в катушке одного преобразователя увеличивается, а у другого уменьшается.

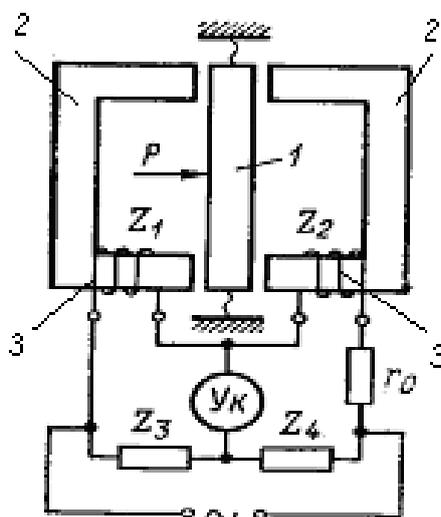


Рис. 3. Схема дифференциального индуктивного преобразователя

Ток на выходе в нагрузочном сопротивлении равен разности токов преобразователей (рис. 4).

Достоинства: увеличение линейного участка преобразователя, отсутствие тока холостого хода, знакочувствительность выходной характеристики, температурная компенсация, простота и надежность.

Недостатки: влияние амплитуды и частоты питающего напряжения на погрешности.

Повышение чувствительности и точности достигается применением линейных и круговых зубчатых преобразователей.

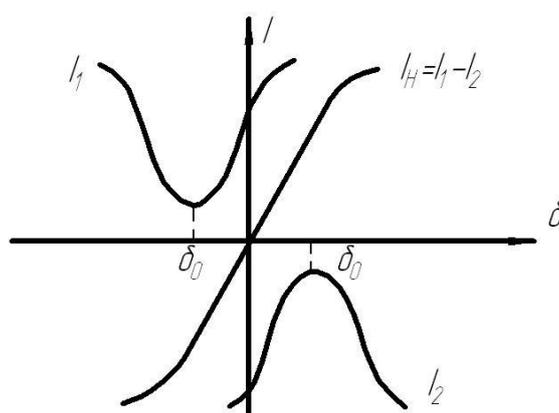


Рис. 4. График зависимости токов от воздушного зазора

**Трансформаторные преобразователи (взаимоиндуктивные)** представляют собой устройства, в которых входное перемещение изменяет величину индуктивной связи между двумя системами обмоток, одна из которых (первичная) питается переменным током, с другой (вторичной) снимается выходной сигнал.

Эффективное значение ЭДС, наводимой во вторичной обмотке потоком первичной обмотки, равно

$$E_2 = w\Phi_m\omega,$$

где  $w = 2\pi f$  — угловая частота питающего тока;

$\omega$  — число витков;

$\Phi_m$  — амплитудное значение магнитного потока, пронизывающего выходную (вторичную) обмотку, Вб.

$E = f(X)$  — функция преобразования трансформаторного преобразователя.

Во всех трансформаторных датчиках обмотки  $\omega_1$  и  $\omega_2$  взаимозаменяемы, т. е. питание может быть подведено к обмотке  $\omega_2$ , а выходной сигнал снят с обмотки  $\omega_1$ . При этом следует учитывать величины магнитных потоков в отдельных частях магнитопровода и выбрать соответствующие сечения последних.

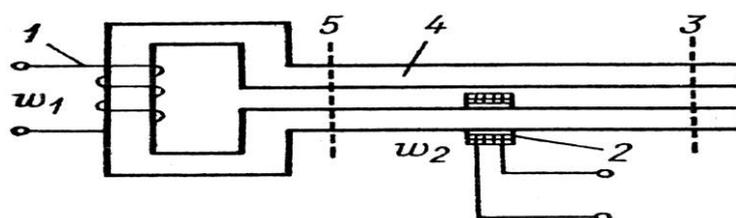


Рис. 5. Трансформаторный преобразователь для измерения больших линейных перемещений

Преобразователь (рис. 5) состоит из магнитопровода 4 с рабочей частью в виде двух параллельных полюсов, обмотки 1 возбуждения и подвижной обмотки 2. При перемещении обмотки 2 от положения 3 до положения 5 индуцированная в обмотке 2 ЭДС возрастает, зависимость приращения ЭДС от перемещения обмотки 2 оказывается практически линейной.

Достоинства: возможность измерения больших линейных перемещений. Недостатки: такие, как и у индуктивного преобразователя. Трансформаторные датчики применяются в тех же областях, что и индуктивные. Их преимущества перед последними – отсутствие необходимости в использовании измерительных схем, отсутствие гальванической связи между цепями выхода и питания.

**Индукционный преобразователь** представляет собой измерительную катушку и источник постоянного магнитного поля (постоянный магнит). Входной величиной является скорость механического перемещения, выходной величиной ЭДС.

$E = f(V)$  – функция преобразования индукционного преобразователя.

**Принцип действия** основан на явлении электромагнитной индукции. Согласно закону электромагнитной индукции, ЭДС в контуре определяется формулой

$$e = - d\Psi/dt, (11)$$

где  $\Psi$  – потокосцепление с контуром;

$t$  – время, с.

Преобразователи применяются для измерения параметров магнитных полей, частоты вращения, параметров вибраций. Преобразователи делятся на две группы:

а) магнитное сопротивление на пути постоянного магнитного потока остается неизменным, а индуктированная ЭДС наводится в катушке, благодаря линейным или угловым колебаниям катушки в зазоре магнита;

б) постоянный магнит и катушка неподвижны, а индуктированная ЭДС наводится путем изменения магнитного потока вследствие колебаний полного магнитного сопротивления магнитной цепи, создаваемых чаще всего изменением воздушного зазора в этой цепи.

Линейность преобразователей первой группы зависит как от размеров катушки, так и от ее положения относительно полюсных наконечников. При рациональном выборе погрешность 0,02 – 0,1 %. У преобразователей второй группы линейность зависит от магнитных характеристик ферромагнитных материалов. Поскольку характеристики обычно нелинейные, они имеют большую погрешность и чаще всего используются как частотные.

По природе входного сигнала преобразователи делятся на индукционные преобразователи линейной скорости и индукционные преобразователи угловой скорости.

Достоинства: высокая чувствительность. Недостатки: порог чувствительности ограничен уровнем шума, наводками от электродвигателя и цепи питания.

### Рабочее задание

1. Измерить сопротивление нагрузок R31 и R32, результаты занести в таблицу 1.

Таблица 1

	Измерено
	R, Ом
R31	
R32	

### Порядок выполнения работы:

1. Собрать схему, как показано на рисунке 6.

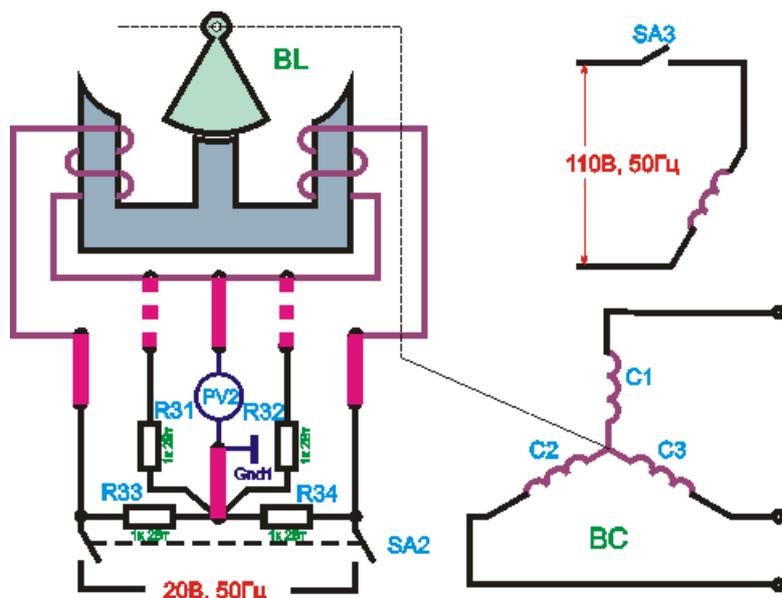


Рисунок 6 – Схема для исследования индуктивного датчика

2. Убедиться, что схема собрана правильно и на панели стенда присутствуют только необходимые для проведения данного опыта переключатели, тумблеры SA2, SA3, SA5, SA6, SA7, SA8, SA22, SA23, SA25, SA70 находятся в нижнем положении («Выключено»). Регуляторы R21, R22 установить в крайнее левое положение. Если необходимо использовать измерительные приборы на панели стенда, тумблеры SA10, SA11 установить в положение «Измерение».
3. Включить питание стенда (три автоматических выключателя «Сеть»).
4. Включить переключатели SA2, SA3.
5. Плавно вращая ручку BL вправо и влево от 0 определить диапазон угла поворота при котором  $U_{вых}$  нарастает от 0 до максимума. Выбрать в полученном диапазоне 5-6 точек угла  $\varphi$ , данные занести в таблицу 2.
6. Плавно поворачивая ручку датчика BC, снять статическую характеристику  $U_{вых}=f(\varphi)$  в режиме холостого хода, данные занести в таблицу 2.
7. Плавно поворачивая ручку датчика BC, снять статическую характеристику  $U_{вых}=f(\varphi)$  при подключении нагрузки R31, R32, данные занести в таблицу 2.

Таблица 2

Измерено			
$\varphi, ^\circ$	U <sub>вых</sub> , В (х.х)	U <sub>вых</sub> , В (R31)	U <sub>вых</sub> , В (R32)

8. Выключить переключатели SA2, SA3.
9. Выключить питание (три автоматических выключателя «Сеть»).
10. Разобрать схему.
11. Пользуясь данными из таблицы 2 построить характеристики  $U_{\text{вых}}=f(\varphi)$  для всех случаев.

### ***Вопросы для самопроверки***

1. Что лежит в основе принципа действия индуктивных преобразователей?
2. Что является изменяемым параметром в индуктивных преобразователях перемещения?
3. Чем ограничен линейный участок характеристики индуктивного преобразователя перемещения?
4. В чем заключаются преимущества дифференциального индуктивного преобразователя?
5. Что является изменяемым параметром в трансформаторных преобразователях перемещения?
6. Можно ли менять местами входную и выходную обмотки трансформаторных преобразователей, и что при этом необходимо учитывать?
7. Что относят к основным достоинствам трансформаторных измерительных преобразователей?
8. Что является изменяемым параметром в индукционных преобразователях?
9. От чего зависит линейность характеристик индукционных преобразователей?
10. Что относят к основным достоинствам индукционных измерительных преобразователей?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3 АНАЛОГОВОЕ ИЗМЕРЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ И УГЛА

**Цель работы:** освоение методики определения и исследование основных характеристик датчиков температуры и углового положения вала исполнительного механизма.

**Аппаратура:** учебный лабораторный стенд НТЦ – 12.100

### Общие сведения

Температура является важным параметром, определяющим не только протекание технологического процесса, но и свойства вещества. Для измерения температуры в системе единиц СИ принята температурная шкала с единицей температуры Кельвин (К). Начальной точкой этой шкалы является абсолютный нуль (0 К).

Для технологических измерений часто применяют температурную шкалу с единицей температуры градус Цельсия ( $^{\circ}\text{C}$ ),

Для измерения температуры используют различные первичные преобразователи, отличающиеся способом преобразования температуры в промежуточный сигнал. В промышленности наибольшее применение получили следующие первичные преобразователи: термометры расширения, манометрические термометры, термометры сопротивления, термопары (термоэлектрические пирометры) и пирометры излучения. Все они, за исключением пирометров излучения, в процессе эксплуатации находятся в контакте с измеряемой средой.

#### *Термометры расширения*

Действие термометров расширения основано на изменении объема жидкостей и твердых тел при изменении температуры. Из термометров расширения наиболее широко применяют жидкостные стеклянные термометры. Такой термометр заполняется жидкостью (ртуть, толуол, этиловый спирт и др.), которая с увеличением температуры расширяется и поднимается вверх по капилляру.



Таким образом, температура, измеряемая жидкостным термометром, преобразуется в линейное перемещение жидкости. Шкала наносится прямо на поверхность капилляра или прикрепляется к нему снаружи.

При монтаже стеклянный термометр помещают в защитную металлическую оправу, изолирующую его от измеряемой среды.

#### *Манометрические термометры*

Действие манометрических термометров основано на изменении давления газа, пара или жидкости в замкнутом объеме при изменении темпера-

туры. Манометрический термометр состоит из термобаллона, гибкого капилляра и манометра.

В зависимости от заполняющего вещества манометрические термометры делятся на газовые, парожидкостные и жидкостные.

Термобаллон манометрического термометра помещают в измеряемую среду. При нагреве термобаллона внутри замкнутого объема увеличивается давление, которое измеряется манометром. Шкала манометра градуируется в единицах температуры. Капилляр (обычно латунная трубка внутренним диаметром, составляющим доли миллиметра) позволяет удалить манометр от места установки термобаллона. Капилляр по всей длине защищен оболочкой из стальной ленты. Манометрические термометры могут применяться во взрывоопасных помещениях. При необходимости передачи результатов измерений манометрические термометры снабжают промежуточными преобразователями с унифицированными выходными пневматическими или электрическими сигналами.

Наиболее уязвимыми в конструкции манометрических термометров являются места присоединения капилляра к термобаллону и манометру. Поэтому монтировать и обслуживать такие приборы следует осторожно.

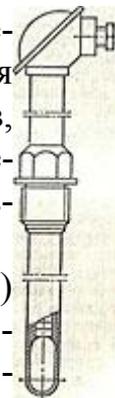
#### ***Термометры сопротивления***

Действие термометров сопротивления основано на свойстве тел изменять электрическое сопротивление при изменении температуры. У металлических термометров сопротивление с возрастанием температуры увеличивается практически линейно, у полупроводниковых, наоборот, уменьшается.

Металлические термометры сопротивления изготавливают из тонкой медной или платиновой проволоки 1, помещенной в Электроизоляционный корпус 2. Зависимость электрического сопротивления от температуры (для медных термометров от  $-50$  до  $+180^{\circ}\text{C}$ , для платиновых — от  $-200$  до  $+750^{\circ}\text{C}$ ) весьма стабильна и воспроизводима. Это обеспечивает взаимозаменяемость термометров сопротивления.

Для защиты термометров сопротивления от воздействия измеряемой среды применяют защитные чехлы. Приборостроительная промышленность выпускает много модификаций защитных чехлов, рассчитанных на эксплуатацию термометров при различном давлении, различной агрессивности измеряемой среды, обладающих разной инерционностью и глубиной погружения.

Полупроводниковые термометры сопротивления (термисторы) для измерений в промышленности применяют редко, хотя их чувствительность гораздо выше, чем проволочных термометров сопротивления. Это объясняется тем, что градуировочные характеристики



термисторов значительно отличаются друг от друга, что затрудняет их взаимозаменяемость.

Термометры сопротивления представляют собой первичные преобразователи с удобным для дистанционной передачи сигналом — электрическим сопротивлением. Для измерения такого сигнала обычно применяют автоматические уравновешенные мосты. При необходимости выходной сигнал термометра сопротивления может быть преобразован в унифицированный. Для этого в измерительную цепь включают промежуточный преобразователь. В этом случае измерительным будет прибор для измерения постоянного тока.

### ***Термопары***

Принцип действия термопар (термоэлектрических пирометров) основан на свойстве двух разнородных проводников создавать термоэлектродвижущую силу (термо-э. д. с.) при нагревании места их соединения — спая. Проводники в этом случае называются термоэлектродами, а все устройство — термопарой.

Величина термо-э. д. с. термопары  $U$  зависит от материала термоэлектродов и разности температур горячего спая и холодных спаев. Поэтому при измерении температуры горячего спая температуру холодных спаев стабилизируют или; вводят поправку на ее изменение.

В промышленных условиях стабилизация температуры холодных спаев термопары затруднительна и обычно используют второй способ — автоматическое введение поправки на температуру холодных спаев. Для этого применяют: неуравновешенный мост, включаемый последовательно с термопарой.

В одно плечо такого моста включен медный резистор, расположенный около холодных спаев. При изменении температуры холодных спаев термопары изменяется сопротивление резистора и выходное напряжение неуравновешенного моста. Мост подбирают таким образом, чтобы изменение напряжения было равно по величине и противоположно по знаку изменению э. д. с. термопары вследствие колебаний температуры холодных спаев.

Термопары являются первичными преобразователями температуры в э. д. с. — сигнал, удобный для дистанционной передачи. Поэтому в измерительную цепь за термопарой может быть сразу включен измерительный прибор. Для измерения э. д. с. термопары обычно применяют автоматические потенциометры.

В автоматических потенциометрах, работающих в комплекте с термопарами, медный резистор включается в одно плечо моста. Показания такого потенциометра будут изменяться лишь при изменении температуры горячего спая термопары. Это объясняется тем, что изменение э. д. с. термопары под воздействием температуры холодных спаев будет автоматически ком-

пенсироваться дополнительным изменением выходного напряжения моста вследствие изменения сопротивления резистора.

Если э. д. с. термопары преобразуют в унифицированный сигнал промежуточным преобразователем, то компенсация температуры холодных спаев производится неуравновешенным мостом, который входит в состав преобразователя.

Медный резистор размещают в потенциометре или промежуточном преобразователе. Следовательно, там же должны находиться и холодные спаи термопары. В этом случае длина термопары должна быть равна расстоянию от места измерения температуры до места установки прибора. Такое условие практически невыполнимо, так как термоэлектроды термопар (жесткая проволока) неудобны для монтажа. Поэтому для соединения термопары с прибором применяют специальные соединительные провода, подобные по термоэлектрическим свойствам термоэлектродам термопар. Такие провода называются компенсационными. С их помощью холодные спаи термопары переносятся к измерительному прибору или преобразователю.

В промышленности применяют различные термопары, термоэлектроды которых изготовлены как из чистых металлов (платина), так и из сплавов хрома и никеля (хромель), меди и никеля (копель), алюминия и никеля (алюмель), платины и родия (платинородий), вольфрама и рения (вольфрамрений). Материалы термоэлектродов определяют предельное значение измеряемой температуры. Наиболее распространенные термоэлектродные пары образуют стандартные термопары: хромель-копель (предельная температура  $600^{\circ}\text{C}$ ), хромель-алюмель (предельная температура  $1000^{\circ}\text{C}$ ), платинородий-платина (предельная температура  $1600^{\circ}\text{C}$ ) и вольфрамрений с 5% рения — вольфрамрений с 20 % рения (предельная температура  $2200^{\circ}\text{C}$ ). Промышленные термопары отличаются высокой стабильностью и воспроизводимостью градуировочных характеристик, что позволяет заменять их без какой-либо переналадки остальных элементов измерительной цепи.

Термопары, как и термометры сопротивления, устанавливаются в защитных чехлах, на которых указан тип термопары. Для высокотемпературных термопар применяют защитные чехлы из теплостойких материалов: фарфора, оксида алюминия, карбида кремния и т. п.

### ***Пирометры излучения***

Пирометры излучения предназначены для бесконтактного измерения температуры по тепловому излучению нагретых тел. Наиболее распространены радиационные пирометры.

Действие радиационного пирометра основано на измерении всей энергии излучения нагретого тела. Лучи от нагретого тела объективом фокусируются на зачерненной пластинке и нагревают ее. Температура пластинки при этом оказывается пропорциональной энергии излучения, которая, в свою очередь, зависит от измеряемой температуры. Для измерения

температуры пластинки обычно применяют батарею последовательно включенных термопар, э. д. с. которой измеряется автоматическим потенциометром.

В комплект пирометра входят телескоп, измерительный прибор и вспомогательное оборудование, предназначенное для защиты телескопа от воздействия измеряемой среды (копоти, пыли, высокой температуры).

### Рабочее задание

Изучить методы измерения аналоговых сигналов при помощи операционных усилителей.

### Порядок выполнения работы:

1. Собрать схему, как показано на рисунке 1.

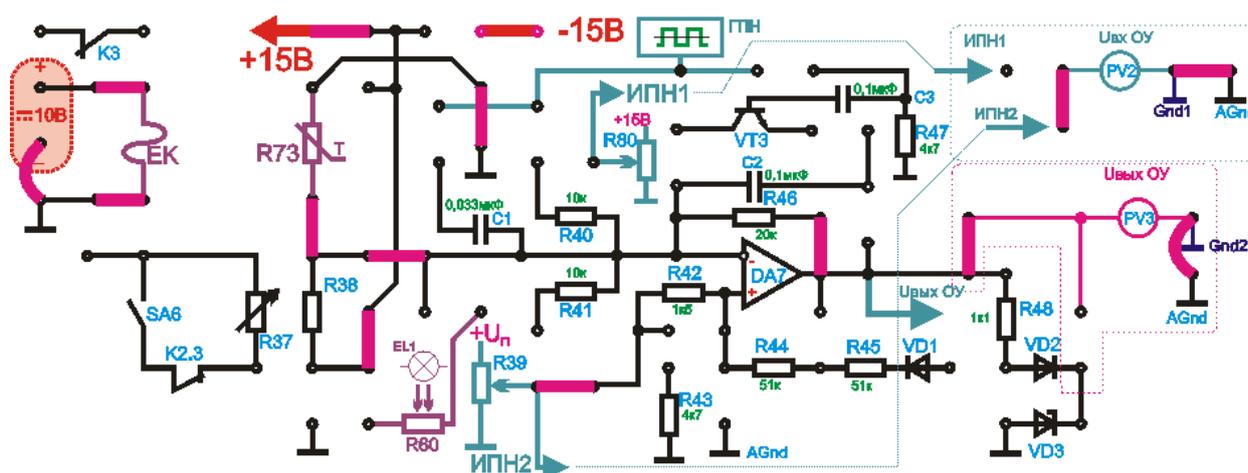


Рисунок 1 – Схема аналогового измерения температуры

2. Убедиться, что схема собрана правильно и на панели стенда присутствуют только необходимые для проведения данного опыта переключки, тумблеры SA2, SA3, SA5, SA6, SA7, SA8, SA22, SA23, SA25, SA70 находятся в нижнем положении («Выключено»). Регуляторы R21, R22 установить в крайнее левое положение. Если необходимо использовать измерительные приборы на панели стенда, тумблеры SA10, SA11 установить в положение «Измерение».

3. Установить минимальное значение  $U_{оп}$  (ИПН2) с помощью регулятора R39.

4. Включить питание стенда (три автоматических выключателя «Сеть»).

5. По мере роста температуры нагревательного элемента (ЕК) снять зависимость сигнала термосопротивления (R73)  $U_{\text{вых.ОУ}}=f(t) | U_1=\text{const}$ . Данные занести в таблицу 1.

6. Повторить предыдущий пункт для разных значений  $U_{\text{оп}}$ . Занести данные в таблицу 1.

Таблица 1

N	Измерено		
	$U_2, \text{В}$	$t, ^\circ\text{C}$	$U_{\text{вых.ОУ}}, \text{В}$
1			
2			
3			
4			
...			

7. Пользуясь данными таблицы 1, определить диапазон напряжений  $U_2$  при котором ОУ (DA7) во время проведения опыта не входит в насыщение.

8. Выключить питание (три автоматических выключателя «Сеть»).

9. Разобрать схему.

10. Собрать схему, как показано на рисунке 2.

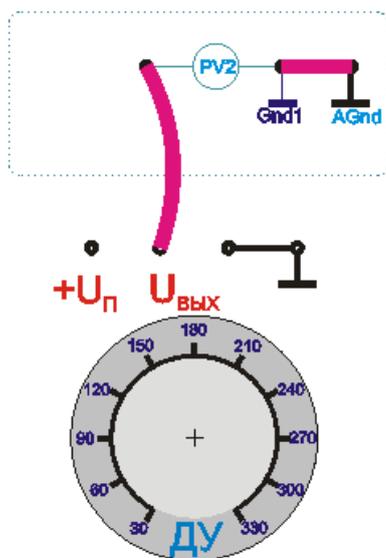


Рисунок 2 – Схема аналогового измерения угла

11. Убедиться, что схема собрана правильно и на панели стенда присутствуют только необходимые для проведения данного опыта переключки, тумблеры SA2, SA3, SA5, SA6, SA7, SA8, SA22, SA23, SA25, SA70 находятся в нижнем положении («Выключено»). Регуляторы R21, R22 установить в крайнее левое положение. Если необходимо использовать измерительные приборы на панели стенда, тумблеры SA10, SA11 установить в положение «Измерение».

12. Включить питание стенда (три автоматических выключателя «Сеть»).

13. Плавно поворачивая ручку задатчика угла (ДУ), снимите зависимость выходного напряжения от угла поворота  $U_{\text{вых}}=f(\varphi)$ . Данные занести в таблицу 2.

Таблица 2

Измерено	
$\varphi, ^\circ$	$U_{\text{вых}}, \text{В}$

14. Выключить питание (три автоматических выключателя «Сеть»).

15. Разобрать схему.

16. Пользуясь данными из таблицы 2 построить характеристику  $U_{\text{вых}}=f(\varphi)$ .

### ***Вопросы для самопроверки***

1. Какой из типов первичных измерительных преобразователей температуры не находится в контакте с измеряемой средой?
2. Что лежит в основе принципа действия термометров расширения?
3. Что является изменяемым параметром в манометрических термометрах?
4. Какой из типов первичных измерительных преобразователей температуры может применяться во взрывоопасных помещениях?
5. Какие материалы применяют для выполнения термометров сопротивления, какими характеристиками они должны обладать?
6. Что является изменяемым параметром в термоэлектрических пирометрах?

7. От чего зависит величина термо-э. д. с. термопары?
8. С какой целью используют автоматическое введение поправки на температуру холодных спаев в термопаре?
9. Что является изменяемым параметром в радиационных пирометрах излучения?

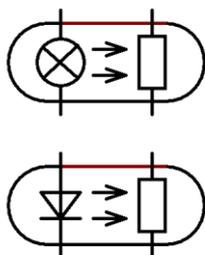
## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4 ОПТОПАРА И ЕЕ ПРИМЕНЕНИЕ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЗАЦИИ

**Цель работы:** освоение методики определения основных параметров оптических преобразователей и применения их в системах автоматизации.

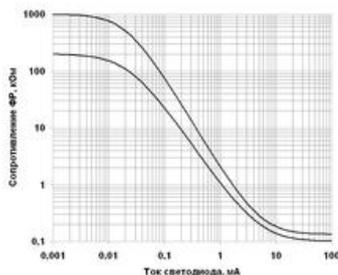
**Аппаратура:** учебный лабораторный стенд НТЦ – 12.100

### Общие сведения

**Резисторная оптопара** (сокр. *РО*), или **резисторный оптрон** — оптоэлектронный полупроводниковый прибор, состоящий из излучателя и приёмника света, которые соединены оптической связью и гальванически изолированы друг от друга. Приёмником РО служит фоторезистор на основе селенида кадмия ( $CdSe$ ) или сульфида кадмия ( $CdS$ ), а излучателем — светодиод, миниатюрная лампа накаливания, реже — неоновая лампа. В РО с *закрытым оптическим каналом* излучатель и приёмник света прочно склеены друг с другом прозрачным клеем и помещены в оптически непрозрачный корпус. В РО с *открытым каналом* излучатель и приёмник монтируются на общем основании, а оптический канал замыкается через внешнюю среду.

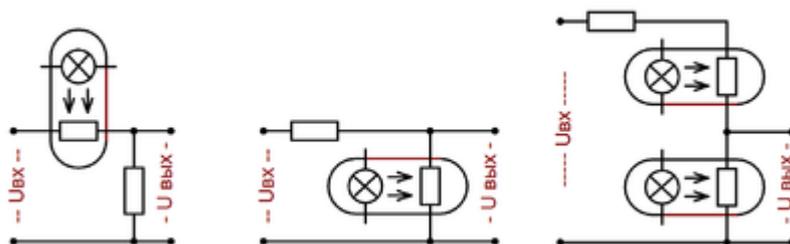


Передаточная характеристика идеальной РО, обычно представляется как зависимость сопротивления фоторезистора от тока через излучатель



Функционально РО представляет собой электрическое сопротивление, управляемое током, протекающим через излучатель. В отсутствие тока через излучатель темновое сопротивление фоторезистора постоянному току составляет от единиц МОм до сотен ГОм. При облучении приёмника светом излучателя проводимость фоторезистора растёт пропорционально освещённости его поверхности, которая в свою очередь пропорциональна силе света излучателя. В отличие от фотодиодов и фототранзисторов, фоторезисторы способны управлять линейными цепями и постоянного, и переменного тока, при этом допустимые напряжения на фоторезисторе могут достигать сотен В. Коэффициент нелинейных искажений ( $K_{ни}$ ) выходного тока при малых напряжениях (до 0,5 В) не превышает 0,1 % (-80 дБ).

РО — исторически первый, и самый медленный тип оптопары: задержка переключения лучших образцов составляет порядка 1 мс, а для РО на лампах накаливания характерны задержки в сотни мс. Паразитная ёмкость фоторезистора ограничивает частотный диапазон вторичной цепи звуковыми и ультразвуковыми частотами. Кадмиевые фоторезисторы демонстрируют выраженный эффект памяти: сопротивление фоторезистора зависит не только от текущего значения освещённости («засветки»), но и от накопленной в прошлом «световой истории». Адаптация к текущему значению освещённости длится часами, у высокочувствительных приборов — неделями. При высоких температурах фоторезисторы быстро и необратимо стареют, а при температурах ниже  $-25^{\circ}\text{C}$  резко возрастает задержка отклика. Поэтому ещё в 1970-е годы РО были вытеснены с рынка быстродействующими диодными и транзисторными оптопарами (оптронами). Благодаря удачному сочетанию гальванической развязки, малых искажений и простоты схемотехнических решений РО продолжают использоваться как регулирующие элементы.



В простейших схемах регулятора уровня сигнала фоторезистор оптопары включается в верхнее (последовательное включение) или в нижнее (шунтирующее включение) плечо делителя напряжения.

### Рабочее задание

Изучить принцип действия оптопары и ее применение в схемах автоматики.

### Порядок выполнения работы:

1. Собрать схему, как показано на рисунке 1.

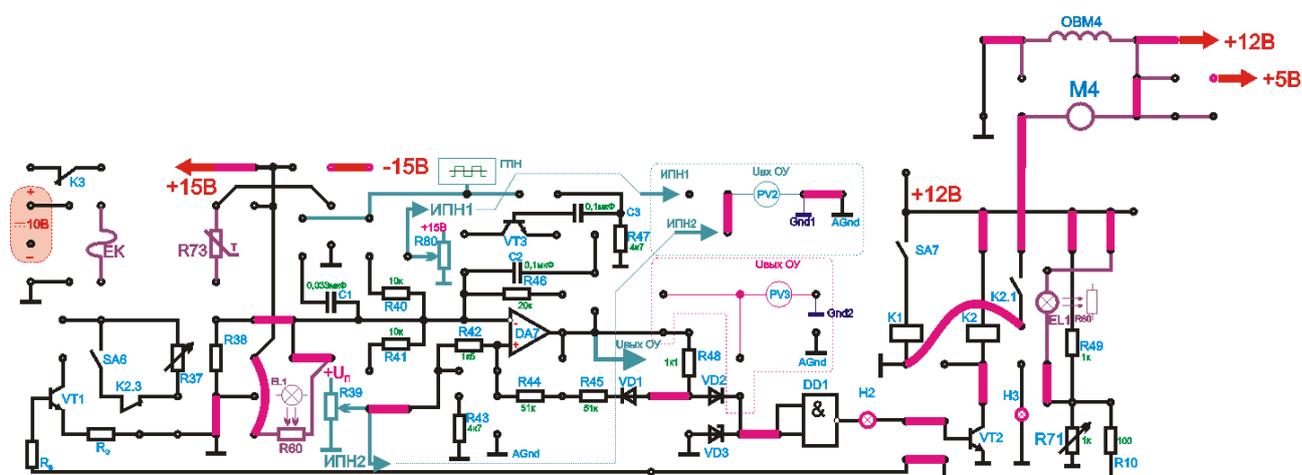


Рисунок 1 – Схема для исследования оптопары в качестве гальванической развязки

2. Убедиться, что схема собрана правильно и на панели стенда присутствуют только необходимые для проведения данного опыта переключки, тумблеры SA2, SA3, SA5, SA6, SA7, SA8, SA22, SA23, SA25, SA70 находятся в нижнем положении («Выключено»). Регуляторы R21, R22 установить в крайнее левое положение. Если необходимо использовать измерительные приборы на панели стенда, тумблеры SA10, SA11 установить в положение «Измерение».

3. Включить питание стенда (три автоматических выключателя «Сеть»).

4. Установить минимальное значение  $U_{оп}$  (ИПН2) с помощью регулятора R39.

5. Плавно изменяя от минимума до максимума напряжение на лампе EL1 с помощью регулятора R71, снять несколько точек зависимости  $U_{R80}=f(U_{EL1})$  и фиксировать моменты переключения DD1. Занести данные в таблицу 1.

6. Повторить предыдущий пункт для разных значений  $U_{оп}$ . Занести данные в таблицу 1.

Таблица 1

N	Измерено			
	$U_{оп}, В$	$U_{EL1}, В$	$U_{R80}, В$	состояние DD1
1				
2				
3				
4				
...				

7. Пользуясь данными таблицы 1, определить диапазон напряжений  $U_2$  при котором ОУ (DA7) во время проведения опыта не входит в насыщение.

8. Выключить питание (три автоматических выключателя «Сеть»).

9. Разобрать схему.

### ***Вопросы для самопроверки***

1. Какие материалы применяют для выполнения резисторных оптопар, какими характеристиками они должны обладать?
2. В чем основное отличие резисторных оптронов с открытым и закрытым оптическими каналами?
3. Что лежит в основе принципа действия резисторных оптронов?
4. В чем преимущество диодных и транзисторных оптопар в сравнении с резисторными оптронами?
5. Как включают фоторезисторы оптопар в простейших схемах регуляторов уровня?

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5 ИССЛЕДОВАНИЕ ИМПУЛЬСНОГО ДАТЧИКА ПОЛОЖЕНИЯ

**Цель работы:** изучение и экспериментальное исследование импульсного датчика положения и схемы формирования аналогового сигнала скорости по импульсам датчика положения.

**Аппаратура:** учебный лабораторный стенд НТЦ – 12.100

### Общие сведения

Датчики угла поворота (энкодеры) широко применяются в промышленности, в частности в сервоприводах.

Энкодеры подразделяются на *инкрементальные* и *абсолютные*, которые могут достигать очень высокого разрешения. Энкодеры могут быть *оптические*, резисторные и *магнитные* и могут работать через шинные интерфейсы или промышленную сеть.

Преобразователи угол-код практически полностью вытеснили широко применявшиеся ранее сельсины и дифференциальные трансформаторы угла поворота.

*Инкрементальные датчики линейных перемещений*, называемые также *квадратурными энкодерами*, формируют импульсы, по которым принимающее устройство определяет текущее положение координаты путем подсчета числа импульсов счётчиком. Для привязки системы отсчета к началу отсчёта инкрементальные датчики имеют референтные метки, через которые нужно пройти после включения оборудования.

*Инкрементальные датчики вращения и датчики угла* при вращении формируют импульсы, по которым принимающее устройство определяет текущее положение координаты путем подсчета числа импульсов счётчиком.



Для привязки системы отсчета инкрементальные датчики имеют референтную метку («маркер»), одну на оборот, через которую нужно пройти после включения оборудования.

Для проведения необходимых экспериментальных исследований используется универсальный лабораторный стенд. В своем составе стенд содержит импульсный датчик положения, состоящий из диска и платы датчика положения с двумя оптопарами. Диск имеет 90 отверстий. Фотодиоды, смещены относительно друг друга на расстояние, соответствующее половине шага между отверстиями в диске. Это позволяет при вращении диска получить следующие диаграммы на выходе датчика положения (рисунок 1).

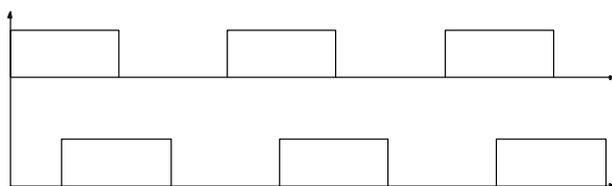


Рисунок 1 – Выходные сигналы с датчика положения.

Счет импульсов происходит по обоим фронтам обеих последовательностей. Это позволяет получить 360 импульсов за один оборот диска, с определением направления вращения.

### **Рабочее задание**

- 1) изучить принцип работы импульсного датчика положения;
- 2) экспериментально исследовать работу импульсного датчика положения и его выходные сигналы;
- 3) экспериментально исследовать работу схемы формирования аналогового сигнала скорости по импульсам датчика положения.

### **Порядок выполнения работы:**

Перед началом работы ознакомиться со схемой управления (рисунок 2). Установить назначение органов управления, принцип работы схемы.

#### ***1. Исследование работы импульсного датчика положения и его выходных сигналов***

1. Собрать схему, как показано на рисунках 2, 3.

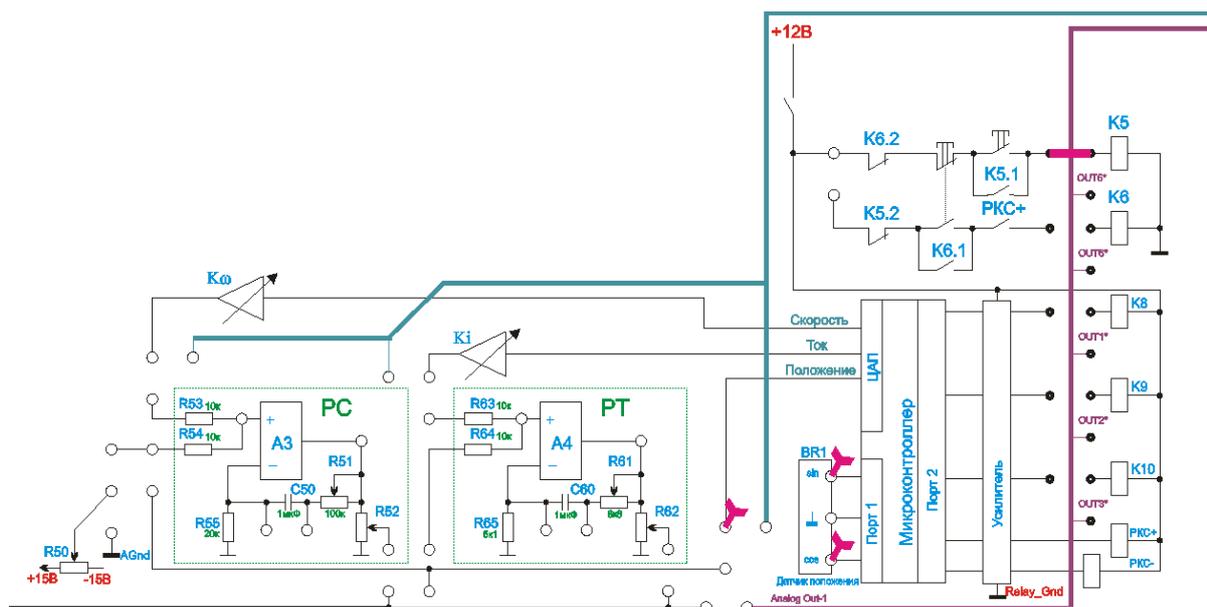


Рисунок 2 – Схема системы управления для исследования Импульсного датчика положения

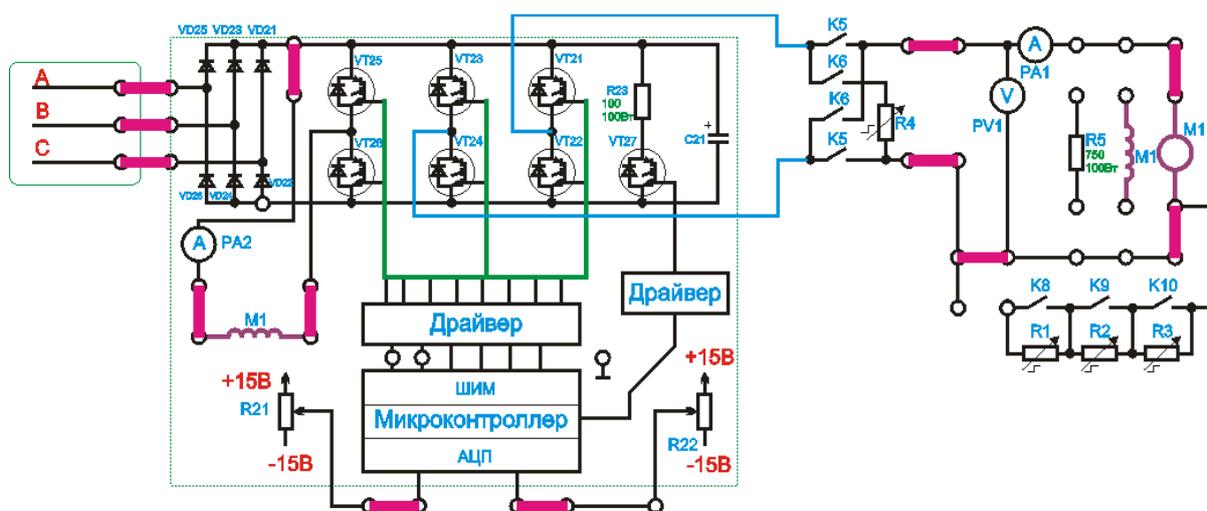


Рисунок 3 – Схема силовой части для исследования импульсного датчика положения

2. Убедиться, что схема собрана правильно и на панели стенда присутствуют только необходимые для проведения данного опыта переключки, все тумблеры (SA2, SA3, SA5, SA6, SA7, SA8, SA25, SA70) находятся в нижнем положении («Выключено»). Если необходимо использовать измерительные приборы на панели стенда, должны быть включены тумблеры

SA10, SA11.3. Включить питание стенда (три автоматических выключателя «Сеть»).

3. Включить питание стенда (три автоматических выключателя «Сеть»).

4. Вручную очень медленно и плавно поворачивать маховик электромашиного агрегата и контролировать изменение состояний светодиодов на плате датчика импульсного положения. При повороте диска на один шаг (от момента прохождения одного отверстия и мимо оптопары до выхода следующего отверстия на оптическую ось этой же оптопары) состояния левого светодиода (ЛС) и правого светодиода (ПС) меняются в следующей последовательности (таблица 1):

Таблица 1

Положение диска (относительное)	Левый светодиод	Правый светодиод
1	не горит	не горит
2	горит	не горит
3	горит	горит
4	не горит	горит
5(1)	не горит	не горит

и далее повторяется. То есть за один шаг диска формируется четыре импульса. Далее изменить направление вращения диска и проконтролировать очередность свечения светодиодов.

5. С помощью задатчика «Панель РКУ» нажатием на его ручку войти в главное меню. Вращая ручку задатчика установить пункт меню «POS» и нажатием ручки задатчика войти в его подменю. Вращая ручку задатчика установить пункт подменю «Strt». Выбрать этот пункт нажатием на ручку задатчика. На правом индикаторе будет отображаться позиция диска. Медленно вручную вращая диск контролировать изменение показаний индикатора от 0 до 360.

6. Выключить питание (три автоматических выключателя «Сеть»).

7. Повторить пункт 1, 2.

8. Подать напряжение на обмотку возбуждения ДПТ (тумблер SA23), плавно вращая регулятор R22 установить номинальный ток возбуждения, ток контролировать по прибору PA2.

9. Включить схему релейно-контакторного управления (тумблер SA70).
10. Подключить исследуемый ДПТ к ШИП (кнопка SB74).
11. Задать режим работы широтно-импульсного преобразователя несимметричный, для этого установить тумблер SA21 в положение «Независ.».
12. Включить широтно-импульсный преобразователь (тумблер SA22).
13. Плавно изменяя скважность ШИП с помощью регулятора задания «Скважность» (R21), слегка разогнать ДПТ НВ.
14. Снять осциллограммы выходных сигналов импульсного датчика положения (точки подключения отмечены на схеме как Y).
15. Отключить исследуемый ДПТ от ШИП (кнопка SB73).
16. Перевести регуляторы R21, R22 в крайнее левое положение.
17. Выключить тумблеры SA21, SA22, SA23, SA70.
18. Выключить питание (три автоматических выключателя «Сеть»).
19. Разобрать схему.

## 2. Исследование работы схемы формирования аналогового сигнала скорости по импульсам датчика положения

1. Собрать схему, как показано на рисунках 2, 4.

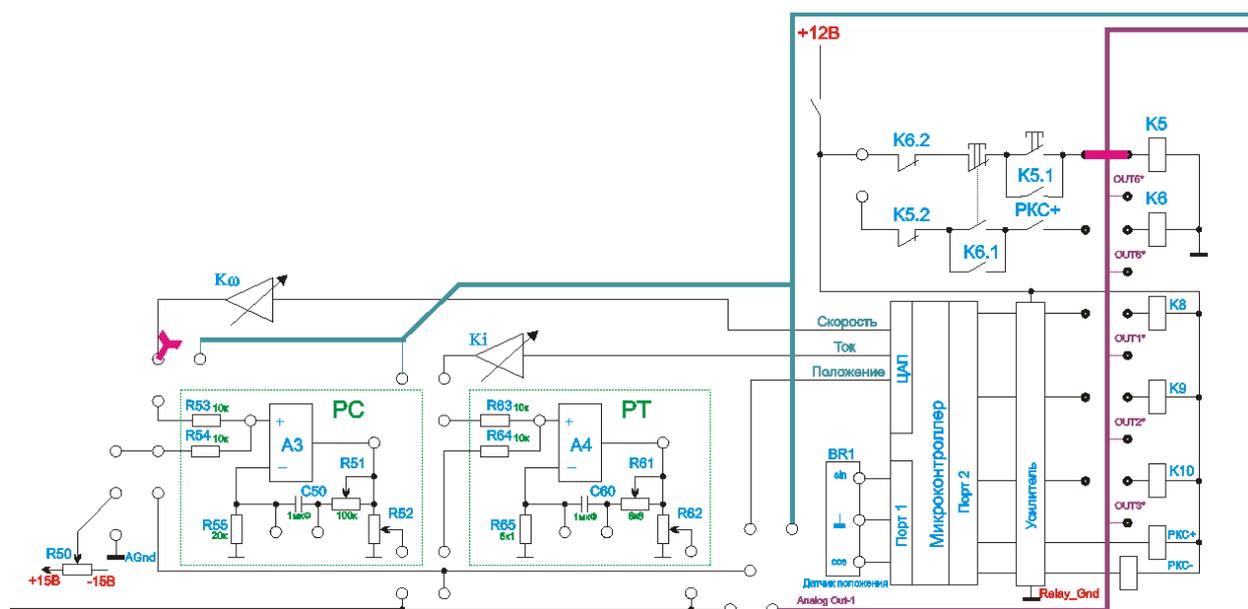


Рисунок 4 – Схема для исследования работы схемы формирования аналогового сигнала скорости по импульсам датчика положения

2. Убедиться, что схема собрана правильно и на панели стенда присутствуют только необходимые для проведения данного опыта переключки, все тумблеры (SA2, SA3, SA5, SA6, SA7, SA8, SA25, SA70) находятся в нижнем положении («Выключено»). Если необходимо использовать измерительные приборы на панели стенда, должны быть включены тумблеры SA10, SA11.

3. Включить питание стенда (три автоматических выключателя «Сеть»).

4. Подать напряжение на обмотку возбуждения ДПТ (тумблер SA23), плавно вращая регулятор R22 установить номинальный ток возбуждения, ток контролировать по прибору PA2.

5. Включить схему релейно-контакторного управления (тумблер SA70).

6. Подключить исследуемый ДПТ к ШИП (кнопка SB74).

7. Задать режим работы широтно-импульсного преобразователя несимметричный, для этого установить тумблер SA21 в положение «Независ.».

8. Включить широтно-импульсный преобразователь (тумблер SA22).

9. Плавно изменяя скважность ШИП, с помощью регулятора задания «Скважность» (R21), увеличивать частоту вращения с шагом 10...20 рад/с до величины 160 рад/с. Для каждого значения частоты вращения измерить величину выходного аналогового сигнала  $U_{вых}$  после К $\omega$ . Данные занести в таблицу 2.

Таблица 2

N	Измерено	
	$\omega$ , рад/с	$U_{вых}$ , В
1		
2		
3		
4		
5		
...		

10. Отключить исследуемый ДПТ от ШИП (кнопка SB73).

11. Перевести регуляторы R21, R22 в крайнее левое положение.

12. Выключить тумблеры SA21, SA22, SA23, SA70.
13. Выключить питание (три автоматических выключателя «Сеть»).
14. Разобрать схему.

### ***Вопросы для самопроверки***

1. Привести краткую классификацию датчиков угла поворота.
2. Как осуществляется привязка системы отсчета к началу отсчёта в квадратурных энкодерах?
3. С какой целью и на какое расстояние смещены относительно друг друга фотодиоды на диске оптического датчика угла поворота?
4. За счет чего достигается возможность определения направления вращения при измерениях датчиками угла поворота?
5. Какому количеству импульсов соответствует один шаг поворота диска оптического датчика угла?

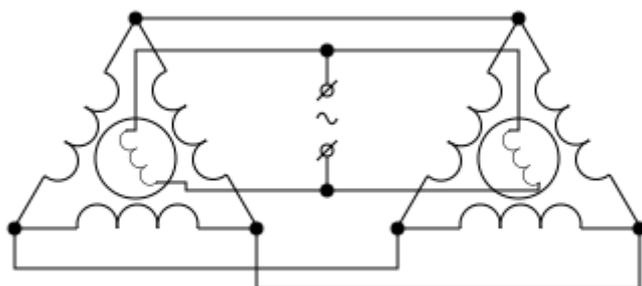
## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6 ИССЛЕДОВАНИЕ СЕЛЬСИНОВ, РАБОТАЮЩИХ В ИНДИКАТОРНОМ И ТРАНСФОРМАТОРНОМ РЕЖИМАХ**

**Цель работы:** изучение и экспериментальное исследование импульсного датчика положения и схемы формирования аналогового сигнала скорости по импульсам датчика положения.

**Аппаратура:** учебный лабораторный стенд НТЦ – 12.100

### **Общие сведения**

**Сельсин** — индукционная машина системы индукционной связи. Сельсинами (от англ. *self-synchronizing*) называются электрические микромашины переменного тока, обладающие свойством самосинхронизации. Сельсин передачи работают по принципу обычной механической передачи, только крутящий момент между валами передаётся не зубьями шестерён, а магнитным потоком без непосредственного контакта.



В различных отраслях промышленности, в системах автоматики и контроля часто возникает необходимость синхронного и синфазного вращения или поворота двух и более осей, механически не связанных друг с другом (например, на РЛС — радиолокационных системах с вращающейся антенной). Такие задачи решаются с помощью систем синхронной связи.

Простейший сельсин состоит из статора с трёхфазной обмоткой (схема включения — треугольник или звезда) и ротора с однофазной обмоткой. Два таких устройства электрически соединяются друг с другом одноимёнными выводами — статор со статором и ротор с ротором. На роторы подаётся одинаковое переменное напряжение. При таких условиях вращение ротора одного сельсина вызывает поворот ротора другого сельсина. При повороте одного из сельсинов (сельсин-датчика) на определённый угол в нём наводится ЭДС, отличная от первоначальной. Поскольку сельсины (их роторы) соединены, то эта же ЭДС будет возникать и во втором сельсине (сельсин-приёмнике) и по правилу левой руки он отклонится от первоначального положения на тот же угол.



### ***Типы и режимы работы***

Сельсины и системы дистанционной передачи угла поворота подразделяются на две группы: трёхфазные силовые и однофазные.

### ***Трёхфазные сельсины***

Трёхфазные сельсины применяются в системах, где требуется обеспечить синфазное и синхронное вращение двух двигателей (валов), находящихся на расстоянии друг от друга.

### ***Однофазные сельсины***

Однофазные сельсины могут работать в двух режимах.

- Индикаторный режим. Сельсин-датчик принудительно поворачивается на определённый угол, а сельсин-приёмник устанавливается в соответствующее ему положение.
- Трансформаторный режим. Сельсин-датчик принудительно поворачивается на определённый угол, а на выходе сельсин-приёмника формируется напряжение, являющееся функцией угла рассогласования между ними.

Для обоих режимов существуют схемы включения:

- парная (датчик и приёмник),
- многократная (датчик и несколько приёмников),
- дифференциальная (два датчика и приёмник).

#### ***Недостатки, решения***

- Невысокая точность синхронизации, когда сельсин находится под нагрузкой. Для этого в передающей цепи применяют пару сельсинов — «грубый» и «точный» (последний установлен через редуктор и за один оборот основного вала делает несколько оборотов). Если сигнал с грубого сельсина слабее некоторого порога, автоматика передаёт в линию сигнал с точного.
- Не нагруженный исполнительными механизмами сельсин колеблется с частотой переменного тока — приходится использовать демпферы.

В современных устройствах сельсины всё чаще заменяются энкодерами. И только там, где простота, надёжность и ремонтпригодность важнее точности (например, в авиации), сельсины всё ещё остаются незаменимыми.

#### **Рабочее задание**

- 1) Ознакомиться с конструкцией и принципом работы сельсинов;
- 2) Исследовать работу сельсинов в индикаторном и трансформаторном режимах.

#### **Порядок выполнения работы:**

##### ***1 Работа сельсинов в индикаторном режиме***

1. Собрать схему, как показано на рисунке 1.

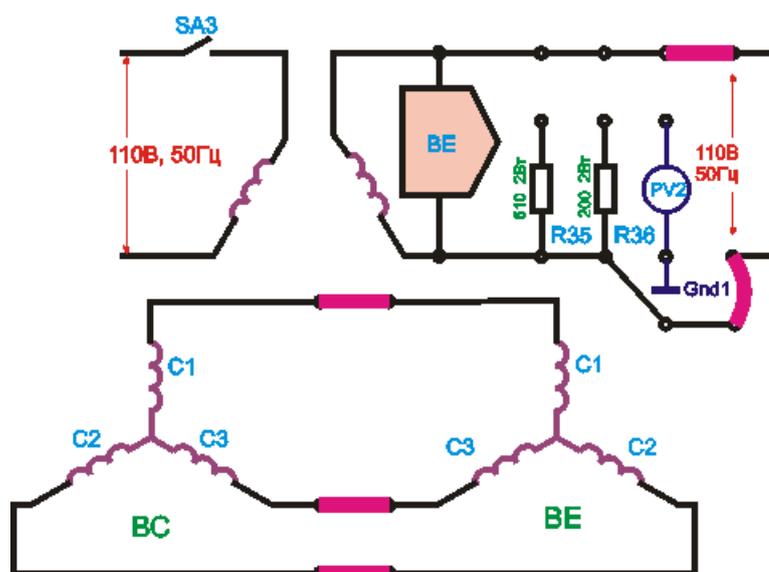


Рисунок 1 – Схема включения сельсинов в индикаторном режиме

2. Убедиться, что схема собрана правильно и на панели стенда присутствуют только необходимые для проведения данного опыта переключки, тумблеры SA2, SA3, SA5, SA6, SA7, SA8, SA22, SA23, SA25, SA70 находятся в нижнем положении («Выключено»). Регуляторы R21, R22 установить в крайнее левое положение. Если необходимо использовать измерительные приборы на панели стенда, тумблеры SA10, SA11 установить в положение «Измерение».

3. Включить питание стенда (три автоматических выключателя «Сеть»).

4. Включить переключатель SA3.

5. Установить ручку сельсина - датчика (BC) в положение  $0^{\circ}$ .

6. Плавно поворачивая ручку сельсин - датчика (BC) по часовой стрелке снять зависимость поворота сельсина – приемника (BE) на полном обороте вала с интервалом  $30^{\circ}$ . Данные занести в таблицу 1.

Таблица 1

N	Измерено		Вычислено	
	$\varphi_{BE},^{\circ}$	$\varphi_{BC},^{\circ}$	ошибка $\Delta,^{\circ}$	погрешность $\delta, \%$
1	0			
2	30			

3	60			
4	90			
5	120			
...	...			

7. Плавно поворачивая ручку сельсина - датчика (BC) против часовой стрелки снять зависимость поворота сельсина – приемника (BE) на полном обороте вала с интервалом  $30^{\circ}$ . Данные занести в таблицу 2.

Таблица 2

N	Измерено		Вычислено	
	$\varphi_{BE},^{\circ}$	$\varphi_{BC},^{\circ}$	ошибка $\Delta,^{\circ}$	погрешность $\delta, \%$
1	0			
2	30			
3	60			
4	90			
5	120			
...	...			

8. Выключить переключатель SA3.

9. Выключить питание (три автоматических выключателя «Сеть»).

10. Разобрать схему.

## ***2 Работа сельсинов в трансформаторном режиме***

1. Измерить сопротивление нагрузок R31 и R32, результаты занести в таблицу 3.

Таблица 3

	Измерено
	R, Ом
R35	
R36	

2. Собрать схему, как показано на рисунке 2.

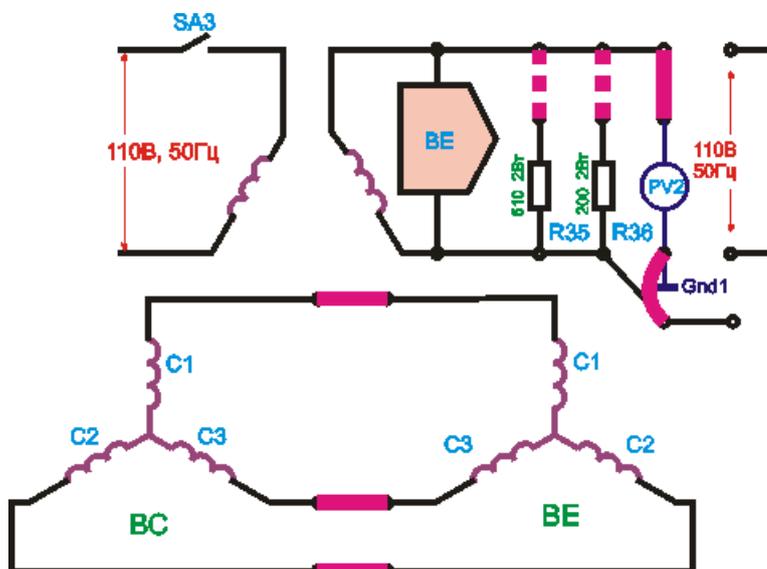


Рисунок 2 – Схема включения сельсинов в трансформаторном режиме

3. Убедиться, что схема собрана правильно и на панели стенда присутствуют только необходимые для проведения данного опыта переключки, тумблеры SA2, SA3, SA5, SA6, SA7, SA8, SA22, SA23, SA25, SA70 находятся в нижнем положении («Выключено»). Регуляторы R21, R22 установить в крайнее левое положение. Если необходимо использовать измерительные приборы на панели стенда, тумблеры SA10, SA11 установить в положение «Измерение».

4. Включить питание стенда (три автоматических выключателя «Сеть»).

5. Включить переключатель SA3.

6. Зафиксировать ротор сельсина-приемника (BE).

7. Плавно перемещая ручку сельсина-датчика (BC), установите положение при котором напряжение на выходе сельсина-приемника (BE)  $U_{BE}=0$ . Принять это положение за 0.

8. Плавно поворачивая ручку сельсина-датчика (BC) снять статическую характеристику  $U_{BE}=f(\varphi_{BC})$  на полном обороте вала для нагрузок R35, R36, данные занести в таблицу 4.

Таблица 4

N	Измерено		
	$\varphi_{BC}, ^\circ$	UBE, В (R35)	UBE, В (R36)
1	0		
2	30		
3	60		
4	90		
5	120		
...	...		

9. Выключить переключатель SA3.
10. Выключить питание (три автоматических выключателя «Сеть»).
11. Разобрать схему.
12. Пользуясь данными из таблицы 1 построить характеристику  $UBE=f(\varphi_{BC})$ .

### *Вопросы для самопроверки*

1. Какие типы включения используются в обмотках сельсина?
2. В чем заключается правило левой руки и как оно используется в работе при соединении сельсинов?
3. В каких системах используются трёхфазные сельсины?
4. Охарактеризовать работу сельсинов в индикаторном режиме?
5. Охарактеризовать работу сельсинов в трансформаторном режиме?
6. Какие схемы включения используют в индикаторном и трансформаторном режиме работы сельсинов?
7. Перечислить основные недостатки сельсинов и пути их устранения.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Агейкин Д. Им Костина Е. Н., Кузнецова Н. Н. Датчики контроля и регулирования. М-, «Машиностроение», 1965. 928 с.
2. Волков, В. А. Датчики автоматизированных систем контроля измерения и управления // Приборы и системы управления. 1990, №10. С. 2-3.
3. Цапенко, М. П. Датчики (перспективные направления развития) / Алейников А. Ф., Гридчин В. А., Цапенко М. П. // Учеб. пособие. / Под

- ред. проф. М. П. Цапенко.— Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2001.—176 с.
4. Мартяшин, А.И. Преобразователи информации для систем контроля и измерения/ Мартяшин А.И., Шахов Э.К., Шляндин В.МЛ М.: Энергия. 1976. -392с.
  5. Новицкий, П. В. Электрические измерения физических величин (Измерительные преобразователи) Учеб. пособие для вузов. / Левшина Е.С., Новицкий П.В.-Ял Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1983.- 320 с.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<i>Лабораторная работа № 1. Исследование потенциометрических измерительных преобразователей. ....</i>	3
<i>Лабораторная работа № 2. Исследование индуктивных и индукционных измерительных преобразователей. ....</i>	9
<i>Лабораторная работа № 3. Аналоговое измерение температуры и угла .</i>	17
<i>Лабораторная работа № 4. Оптопара и ее применение в системах автоматизации .....</i>	24
<i>Лабораторная работа № 5. Исследование импульсного датчика положения .....</i>	28
<i>Лабораторная работа № 6. Исследование сельсинов, работающих в индикаторном и трансформаторном режимах .....</i>	34
<i>Библиографический список.....</i>	40