

ДИСЦИЛИНА Информационные элементы робототехнических систем, ч.1

ИНСТИТУТ искусственного интеллекта

КАФЕДРА проблем управления

ВИД УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА методические указания по выполнению лабораторных работ

ПРЕПОДАВАТЕЛЬ Цыпкин Владимир Николаевич

СЕМЕСТР 3/5 2023/2024 учебного года

**В.Н. ЦЫПКИН, В.А. КАЗАМАНОВ**

**ИНФОРМАЦИОННЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ  
РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ  
(часть 1)**

Методические указания по выполнению лабораторных работ  
для студентов, обучающихся по направлению подготовки  
15.03.06 «Мехатроника и робототехника»

УДК 681.5.08  
ББК 32.816  
Ц 97

**Цыпкин В.Н. Информационные элементы робототехнических систем, часть 1** [Электронный ресурс]: Методические указания / Цыпкин В.Н., Казаманов В.А. — М.: МИРЭА – Российский технологический университет, 2018. — 1 электрон. опт. диск (CD-ROM)

Разработаны в помощь студентам, выполняющим лабораторные работы, связанные с исследованиями характеристик и параметров достаточно распространенных элементов в системах управления робототехнических комплексов: вращающихся трансформаторов (резольверов) и систем дистанционной передачи угла поворота на базе однофазных сельсинов.

Предназначено для студентов, изучающих дисциплину «Информационные элементы робототехнических систем, часть 1» (направление подготовки бакалавров 15.03.06 «Мехатроника и робототехника»).

Методические указания издаются в авторской редакции.

Авторский коллектив: Цыпкин Владимир Николаевич, Казаманов Владимир Андреевич.

Рецензент:

Ковалев Сергей Николаевич, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры ИППО  
Института информационных технологий МИРЭА.

Минимальные системные требования:

Наличие операционной системы Windows, поддерживаемой производителем.

Наличие свободного места в оперативной памяти не менее 128 Мб.

Наличие свободного места в памяти хранения (на жестком диске) не менее 30 Мб.

Наличие интерфейса ввода информации.

Дополнительные программные средства: программа для чтения pdf-файлов (Adobe Reader).

Подписано к использованию по решению Редакционно-издательского совета

МИРЭА – Российского технологического университета от \_\_\_\_\_ 2018 г.

Объем \_\_\_\_ Мб

Тираж 10

© Цыпкин В.Н., Казаманов В.А., 2018

© МИРЭА – Российский технологический университет,  
2018

## Содержание

Введение .....	4
Лабораторная работа № 1 «Исследование характеристик вращающихся трансформаторов» .....	5
Цель работы .....	5
Программа работы .....	5
Описание экспериментального стенда .....	6
Методические указания по выполнению работы .....	6
Вопросы для самоконтроля .....	9
Лабораторная работа № 2 «Исследование характеристик и параметров систем дистанционной передачи угла поворота на базе однофазных сельсинов» .....	11
Цель работы .....	11
Программа работы .....	11
Описание экспериментального стенда .....	11
Методические указания по выполнению работы .....	13
Вопросы для самоконтроля .....	15
Список рекомендуемых источников .....	17

## **Введение**

В системах управления робототехнических комплексов наряду с задающими, управляющими и исполнительными устройствами широко применяются преобразовательные элементы и устройства, в том числе информационно-измерительные – датчики.

В основной профессиональной образовательной программе (ОПОП) направления подготовки бакалавров 15.03.06 «Мехатроника и робототехника» с профилем «Автономные роботы» изучению разного рода преобразователей посвящен двухсеместровый курс дисциплины «Информационные элементы робототехнических систем».

В первой части курса студенты изучают преимущественно датчики положения, скорости и ускорения, системы дистанционной передачи углов поворота, усилители-преобразователи различных типов. Вторая часть курса направлена на изучение систем осязательного восприятия роботов.

Настоящие методические указания по лабораторным работам предназначены для студентов, изучающих первую часть дисциплины «Информационные элементы робототехнических систем». Согласно учебному плану ОПОП на проведение лабораторных работ отводится 8 академических часов. В рамках них проводятся две четырехчасовые лабораторные работы, связанные с исследованиями характеристик и параметров достаточно распространенных в структурах робототехнических систем элементов электромашинного типа: вращающихся трансформаторов (резольверов) и систем дистанционной передачи угла поворота на базе однофазных сельсинов.

Лабораторные работы выполняются с использованием реальных объектов исследования (натурных образцов) и приборов, в том числе информационно-измерительной техники.

В процессе выполнения лабораторных работ обучающиеся углубляют знания о конструктивном исполнении, принципе действия, характеристиках и параметрах исследуемых устройств и систем, овладевают методиками их экспериментальных исследований и практическими навыками работы с измерительной техникой.

# Лабораторная работа № 1

## «ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ВРАЩАЮЩИХСЯ ТРАНСФОРМАТОРОВ»

### Цель работы

Целью лабораторной работы является ознакомление с принципом действия вращающихся трансформаторов (резольверов) и экспериментальное определение основных характеристик серийного вращающегося трансформатора (ВТ) КФ3.031.053 серии ВТ-5 в синусно-косинусном и линейном режимах его работы.

### Программа работы

1. Ознакомиться с конструктивным устройством ВТ серии ВТ-5 и справочными данными на исследуемый типоразмер ВТ.

2. Исследовать синусно-косинусный режим работы ВТ, а именно при напряжении возбуждения (действующем значении)  $U_B = 8 \text{ В}$  и частоте этого напряжения  $f = 500 \text{ Гц}$  снять и построить зависимости от угла поворота ротора:

- напряжений на синусной и косинусной обмотках при отсутствии нагрузки на обеих роторных (синусной и косинусной) обмотках (режим холостого хода) и разомкнутой компенсационной обмотке (при отсутствии какого-либо симметрирования) –  $U_{SO} = f(\theta)$  и  $U_{CO} = f(\theta)$  соответственно;
- напряжения на синусной обмотке при наличии на ней нагрузки  $R_{SH} = 300 \text{ Ом}$ , отсутствии нагрузки на косинусной обмотке и разомкнутой компенсационной обмотке (при отсутствии какого-либо симметрирования) –  $U_{SH} = f(\theta)$ ;
- напряжения на синусной обмотке при наличии на ней нагрузки  $R_{SH} = 300 \text{ Ом}$ , отсутствии нагрузки на косинусной обмотке (отсутствии вторичного симметрирования) и замкнутой накоротко компенсационной обмотке (наличии первичного симметрирования) –  $U_{SH1C} = f(\theta)$ ;
- напряжения на синусной обмотке при наличии одинаковых нагрузок на синусной  $R_{SH} = 300 \text{ Ом}$  и косинусной  $R_{CH} = 300 \text{ Ом}$  обмотках (наличии вторичного симметрирования) и разомкнутой компенсационной обмотке (отсутствии первичного симметрирования) –  $U_{SH2C} = f(\theta)$ ;
- напряжения на синусной обмотке при наличии одинаковых нагрузок на синусной  $R_{SH} = 300 \text{ Ом}$  и косинусной  $R_{CH} = 300 \text{ Ом}$  обмотках и замкнутой накоротко компенсационной обмотке (наличии обоих видов симметрирования) –  $U_{SH12C} = f(\theta)$ .

3. Исследовать линейный режим работы ВТ, а именно при напряжении

возбуждения  $U_B = 8 \text{ В}$  и частоте этого напряжения  $f = 500 \text{ Гц}$  снять и построить зависимости напряжения на выходной (синусной) обмотке от угла поворота ротора для случаев:

- отсутствия нагрузки на синусной обмотке (режим холостого хода) –  $U_{\text{до}} = f(\theta)$ ;
- наличия нагрузки на синусной обмотке  $R_{SH} = 300 \text{ Ом}$  –  $U_{\text{лн}} = f(\theta)$ .

### Описание экспериментального стенда

Схема экспериментального стенда приведена на рис.1.1. ВТ получает питание от регулируемого источника переменного синусоидального напряжения (генератора звуковой частоты). При проведении всех экспериментов необходимо поддерживать постоянными величину действующего значения и частоту выходного напряжения источника:  $U_B = 8 \text{ В}$ ,  $f = 500 \text{ Гц}$ . Установка этих параметров выходного напряжения осуществляется с помощью соответствующих регуляторов на источнике, а их контроль – по показаниям подключенного к его выходу осциллографа. Сдвоенный переключатель **П1** служит для изменения режима работы ВТ: в положении «СКВТ» обеспечивается синусно-косинусный режим работы, а при положении «ЛВТ» – линейный. Переключатели **П2** и **П3** позволяют подключать нагрузочные сопротивления  $R_{SH} = 300 \text{ Ом}$  и  $R_{CH} = 300 \text{ Ом}$  к синусной и косинусной обмоткам соответственно. С помощью переключателя **П4** можно замыкать накоротко и размыкать компенсационную обмотку ВТ. Сигналы (напряжения) с синусной и косинусной обмоток ротора подаются на два однолучевых осциллографа соответственно. Установка угла поворота ротора относительно статора ВТ осуществляется с помощью поворотного диска, соединенного с ротором ВТ, и электронного угломера, неподвижная часть которого соединена со статором, а подвижная – с ротором ВТ.

### Методические указания по выполнению работы

Перед снятием характеристик исследуемого ВТ в синусно-косинусном и линейном режимах работы подготовьте таблицу для записи экспериментальных данных на такое количество значений угла поворота  $\theta$ , которое обеспечило бы возможность внесения в таблицу экспериментальных данных (см. табл.1.1) при дискретном изменении угла поворота с равными интервалами в  $(6 \div 9)^\circ$  в диапазоне изменения угла от  $0^\circ$  до  $180^\circ$ . Обязательно предусмотрите возможность внесения показаний при  $\theta = 90^\circ$ .

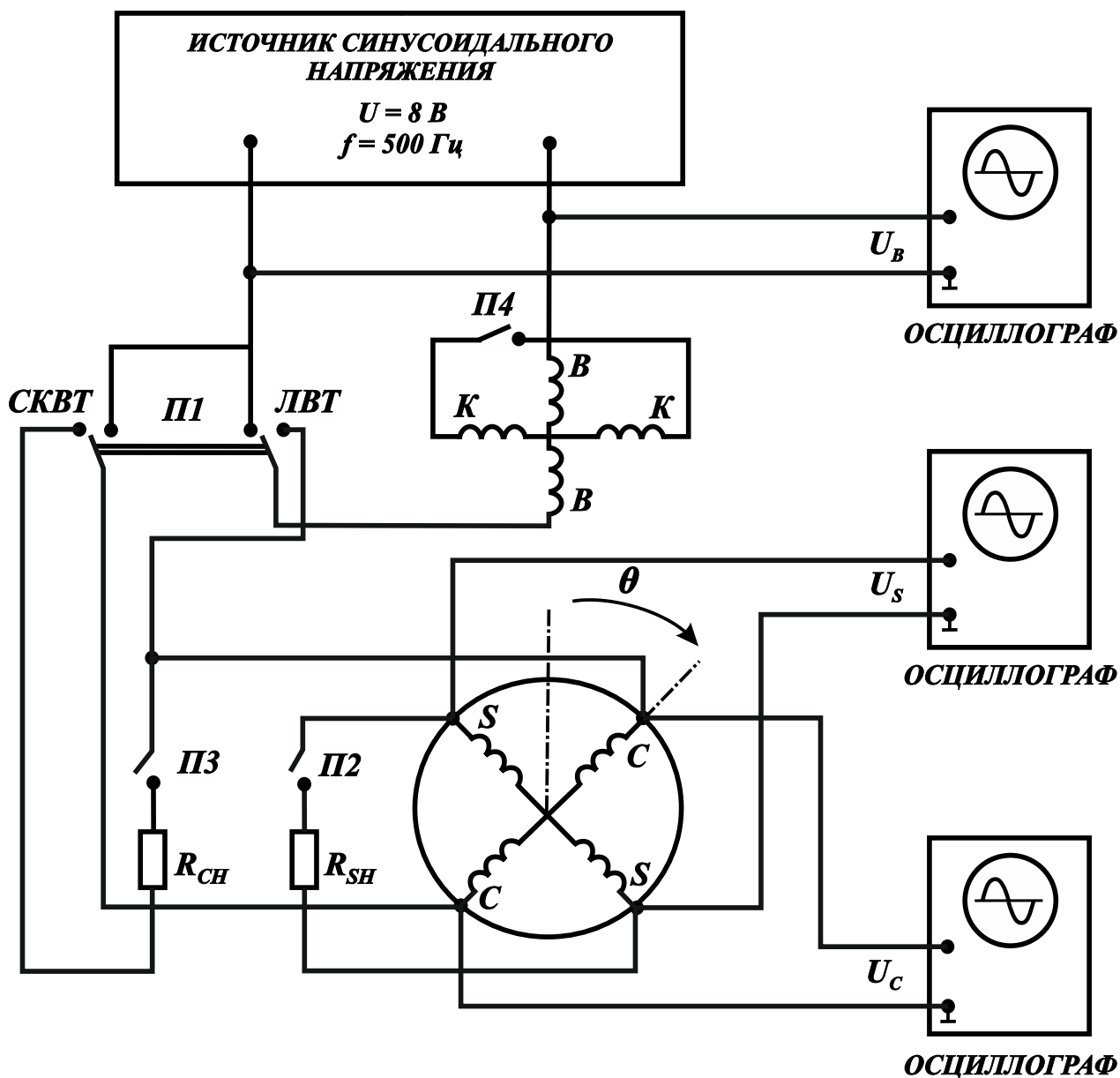


Рис.1.1. Схема экспериментального стенда для исследования характеристик вращающегося трансформатора

Таблица 1.1

$U_B = 8 \text{ В}, f = 500 \text{ Гц}$								
Синусно-косинусный режим							Линейный режим	
$\theta$ град	$U_{SO}$ В	$U_{CO}$ В	$U_{SH}$ В	$U_{SH1C}$ В	$U_{SH2C}$ В	$U_{SH12C}$ В	$U_{ЛО}$ В	$U_{ЛН}$ В
$0^\circ$								
...								
$90^\circ$								
...								
$180^\circ$								



### ***По пункту программы работы 2***

Установив переключатель **П1** в положение «СКВТ» и разомкнув переключатели **П2**, **П3** и **П4**, включить источник переменного напряжения. С помощью регулятора частоты источника выставить частоту питания ВТ  $f = 500 \text{ Гц}$ , а с помощью регулятора напряжения – напряжение питания  $U_B = 8 \text{ В}$ . Медленно, с небольшими паузами поворачивая ротор ВТ и наблюдая за изменением напряжений на синусной и косинусной обмотках ВТ на экранах осциллографов, добиться практически нулевого напряжения на синусной обмотке. После этого нажатие на кнопку «ON/OFF/ZERO» угломера приведет к установлению на нем начала отсчета угла поворота ротора ВТ, т.е.  $\theta = 0^\circ$ . В дальнейшем подобный процесс установки нулевого угла поворота ротора необходимо осуществлять перед снятием всех выходных характеристик ВТ, перечисленных в программе работы.

Убедившись в том, что переключатель **П1** находится в положении «СКВТ», снимите выходные характеристики ВТ в синусно-косинусном режиме его работы.

В режиме холостого хода при разомкнутой компенсационной обмотке переключатели **П2**, **П3** и **П4** должны быть разомкнуты.

В режиме наличия нагрузки на синусной обмотке, отсутствия нагрузки на косинусной обмотке и разомкнутой компенсационной обмотке (отсутствия какого-либо симметрирования) переключатель **П2** должен быть замкнут, а переключатели **П3** и **П4** – разомкнуты.

В режиме наличия нагрузки на синусной обмотке, отсутствия нагрузки на косинусной обмотке и замкнутой накоротко компенсационной обмотке (наличия первичного симметрирования) переключатель **П2** и **П4** должны быть замкнуты, а переключатель **П3** – разомкнут.

В режиме наличия одинаковых нагрузок на синусной и косинусной обмотках (наличия вторичного симметрирования) и разомкнутой компенсационной обмотке (отсутствия первичного симметрирования) переключатели **П2** и **П3** должны быть замкнуты, а переключатель **П4** – разомкнут.

В режиме наличия одинаковых нагрузок на синусной и косинусной обмотках и замкнутой накоротко компенсационной обмотке (наличии обоих видов симметрирования) переключатели **П2**, **П3** и **П4** должны быть замкнуты.

### ***По пункту программы работы 3***

При исследовании линейного режима работы ВТ для записи экспериментальных данных используйте правую часть табл. 1.2. Переключатель **П1** пере-

водится в положение «ЛВТ». Переключатель ПЗ должен быть разомкнут, переключатель П4 – замкнут. Значения напряжения на выходной (синусной) обмотке при каждом угле поворота снимаются в режиме холостого хода (переключатель П2 разомкнут) и в режиме наличия нагрузки на синусной обмотке (переключатель П2 замкнут).

### Вопросы для самоконтроля

1. Расскажите про назначение, области применения и возможные конструктивные исполнения ВТ.
2. Приведите конструктивную и электрическую схемы двухполюсного СКВТ и поясните принцип его действия.
3. Перечислите возможные причины возникновения погрешностей измерений СКВТ. Аргументируйте необходимость симметрирования СКВТ.
4. Как реализуется первичное (со стороны статора) симметрирование СКВТ? Каковы преимущества и недостатки первичного симметрирования?
5. Каким образом осуществляется вторичное симметрирование СКВТ? Приведите и поясните основное условие реализации вторичного симметрирования. Каковы преимущества и недостатки вторичного симметрирования?
6. Приведите какой-либо вариант схемного исполнения двухполюсного ЛВТ и поясните принцип его действия. В каком диапазоне измерения углов поворота ротора относительно статора выходную характеристику можно считать практически линейной?
7. Объясните отличия в виде выходных характеристик в случаях отсутствия и наличия нагрузок на выходных обмотках ВТ.
8. Как реализуется вращающийся трансформатор – построитель? Как он работает и какие задачи он может решать?
9. Каким образом можно использовать вращающиеся трансформаторы для реализации измерителя рассогласования? Поясните принцип действия такого измерителя.
10. Каковы конструктивные особенности поворотных и линейных индуктосинов? В чем их основное преимущество по сравнению с вращающимися трансформаторами традиционного исполнения?
11. Расскажите про конструктивное устройство индукционного редуктосина и поясните принципы его работы.

## Лабораторная работа № 2

### «ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК И ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМ ДИСТАНЦИОННОЙ ПЕРЕДАЧИ УГЛА ПОВОРОТА НА БАЗЕ ОДНОФАЗНЫХ СЕЛЬСИНОВ»

#### Цель работы

Целью лабораторной работы является ознакомление с принципами реализации синхронных систем дистанционной передачи угла поворота, реализованных на базе однофазных сельсинов, и экспериментальное определение основных характеристик и параметров таких систем при работе в индикаторном и трансформаторном режимах.

#### Программа работы

1. Исследовать индикаторный режим работы синхронной системы дистанционной передачи угла поворота на базе сельсинов, в том числе:

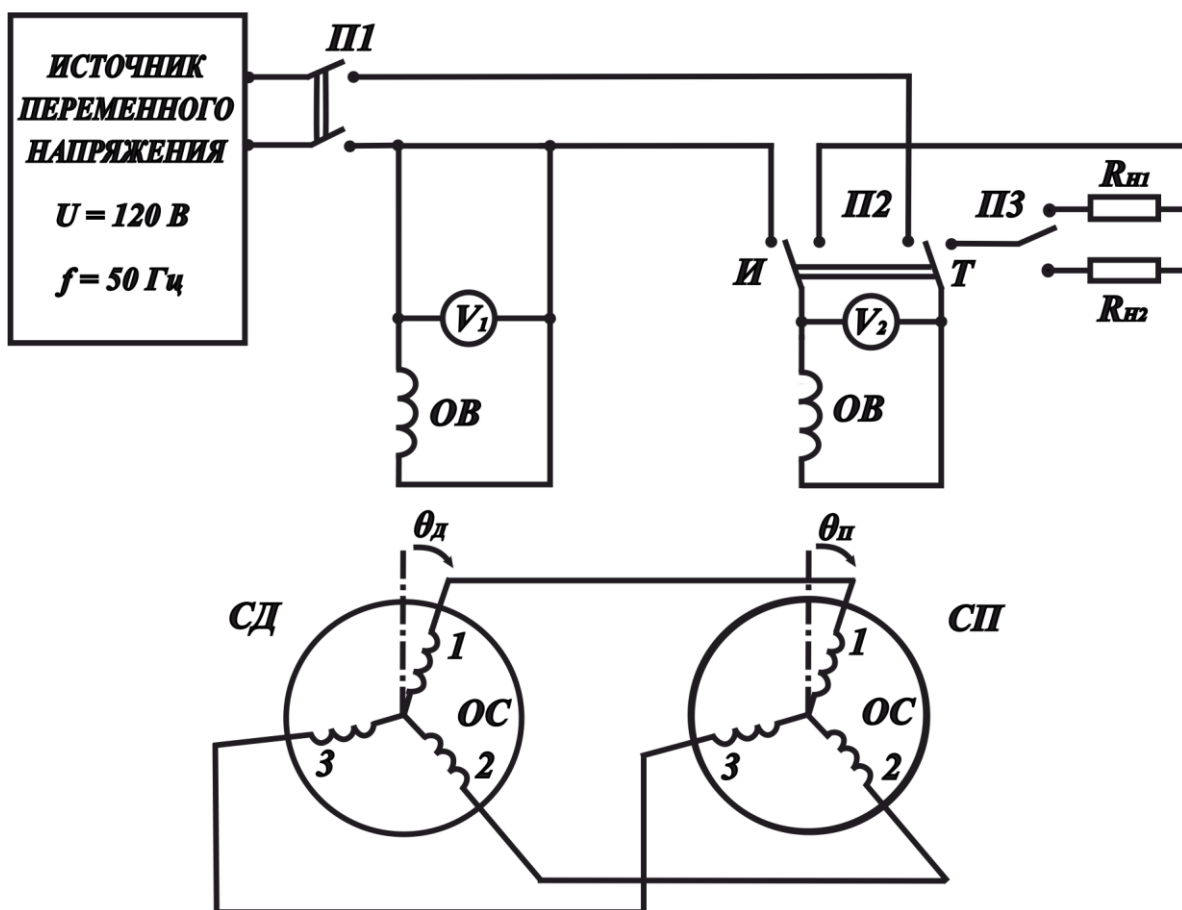
- снять и построить кривые ошибок  $\Delta\theta = f(\theta_D)$  при вращении ротора сельсина-датчика (СД) по и против часовой стрелки при отсутствии момента нагрузки на валу сельсина-приемника (СП);
- определить критический угол рассогласования  $\Delta\theta_{ДКР}$ ;
- определить удельный синхронизирующий момент системы  $M_{С\text{ уд}}$ .

2. Исследовать трансформаторный режим работы синхронной системы дистанционной передачи угла поворота на базе сельсинов, в том числе:

- определить величину остаточного напряжения на выходной обмотке (обмотке возбуждения) СП  $U_{ВЫХО}$ ;
- снять и построить кривые ошибок  $\Delta\theta = f(\theta_D)$  при вращении ротора СД по и против часовой стрелки;
- снять и построить выходные характеристики  $U_{ВЫХ} = f(\Delta\theta)$  при следующих значениях сопротивления нагрузки на выходной обмотке СП:  $R_{Н1} = 1 \text{ МОм}$  (что практически соответствует режиму холостого хода, т.е. отсутствию нагрузки) и  $R_{Н2} = 500 \text{ Ом}$ ;
- определить удельное выходное напряжение системы  $U_{ВЫХ\text{ уд}}$ .

#### Описание экспериментального стенда

Схема экспериментального стенда приведена на рис.2.1. Питание системы дистанционной передачи угла поворота от СД к СП осуществляется от источника переменного напряжения: действующее значение напряжения  $U = 120 \text{ В}$ , частота  $f = 50 \text{ Гц}$ . Сдвоенный переключатель **П1** предназначен для подключения и отключения от системы питающего напряжения. Сдвоенный переключатель **П2**



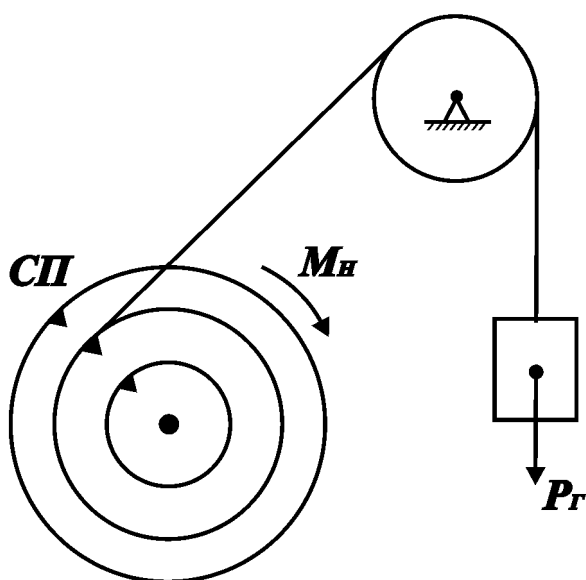
**Рис.2.1. Схема экспериментального стенда для исследования характеристик и параметров систем дистанционной передачи угла поворота на базе однофазных сельсинов**

служит для изменения режима работы системы: в положении «И» реализуется индикаторный режим ее работы, в положении «Т» – трансформаторный. С помощью переключателя ПЗ в трансформаторном режиме обеспечивается подключение к выходной обмотке (обмотке возбуждения) СП нагрузочного сопротивления  $R_{Н1} = 1 \text{ МОм}$  (что практически реализует режим холостого хода) или  $R_{Н2} = 500 \text{ Ом}$ .

Угол поворота ротора СД выставляется вращением градуированного диска вручную и фиксируется пружинным стопором. Угол поворота СП определяется или выставляется с использованием аналогичного диска и стрелки, закрепленной на валу СП.

Вольтметр VI предназначен для контроля питающего СД напряжения. Вольтметр V2 в индикаторном режиме служит для контроля напряжения питания СП, а в трансформаторном – для измерения выходного напряжения (напряжения на обмотке возбуждения) СП.

Нагрузочный момент на роторе СП создается с помощью закрепленного на валу СП шкива с тремя цилиндрическими поверхностями и прорезями на



**Рис.2.2. Задание нагрузочного момента на валу СП**

них для крепления нити, а также блока, через который посредством нити на шкив передается нагрузочное усилие, равное силе тяжести подвешенного на этой нити груза (рис.2.2).

### **Методические указания по выполнению работы**

#### **По пункту программы работы 1**

Предварительно установив переключатель **П2** (рис.2.1) в положение «И» (индикаторный режим), переключателем **П1** следует подать на систему напряжение питания.

Дискретно изменяя и фиксируя угол поворота СД  $\theta_D$  в диапазоне от  $0^\circ$  до  $360^\circ$  (вращение против часовой стрелки) с шагом, равным  $15^\circ$ , надлежит на каждом шаге фиксировать угол поворота СП  $\theta_{II}$ . Ошибка отработки угла поворота определяется как  $\Delta\theta = \theta_{II} - \theta_D$ . Аналогичным образом определяются величины ошибки  $\Delta\theta$  при вращении ротора СД в направлении по часовой стрелке. Данные эксперимента заносятся в табл. 2.1. С использованием этих данных строятся кривые ошибок  $\Delta\theta = f(\theta_D)$ .

**Таблица 2.1**

При вращении ротора СД против часовой стрелки						
$\theta_D$ , град	$0^\circ$	$15^\circ$	$30^\circ$	$45^\circ$	...	$360^\circ$
$\theta_{II}$ , град						
$\Delta\theta$ , град						
При вращении ротора СД по часовой стрелке						
$\theta_D$ , град	$0^\circ$	$15^\circ$	$30^\circ$	$45^\circ$	...	$360^\circ$
$\theta_{II}$ , град						
$\Delta\theta$ , град						

Для определения критического угла рассогласования  $\Delta\theta_{DKP}$  необходимо, установив нулевой угол поворота СД и вращая ротор СП в направлении против часовой стрелки, зафиксировать минимальный угол поворота СП, при котором ротор СП самостоятельно продолжит движение в ту же сторону.

Эксперимент по определению удельного синхронизирующего момента системы проводится следующим образом. Устанавливается нулевой угол поворота

СД. Путем подбора груза и плеча (радиуса одной из цилиндрических поверхностей шкива на валу СП) действия его силы тяжести на вал ротора СП (рис.2.2) устанавливается такой нагрузочный момент  $M_H$  на валу СП, который поворачивает ротор СП на угол рассогласования  $\Delta\theta = (5 \div 10)^\circ$  относительно нулевого значения. Удельный синхронизирующий момент после этого рассчитывается по формуле  $M_{с уд} = M_H / \Delta\theta$ . Следует учитывать, что размерность полученной величины – Н·м/град.

После исследования индикаторного режима переключателем **П1** отключите систему от источника питания.

### ***По пункту программы работы 2***

Переключатель **П2** (рис.2.1) следует перевести в положение «Т» (трансформаторный режим), переключатель **П3** – в положение **R<sub>Н1</sub>**. После этого переключателем **П1** следует подать на систему напряжение питания.

Величина остаточного напряжения  $U_{ВЫХО}$  определяется при заторможенном роторе СД (например, при нулевом значении угла его поворота) как минимальное напряжение на обмотке возбуждения СП при вращении его ротора вручную на угол не менее  $90^\circ$ .

При выполнении последующих пунктов задания следует иметь в виду, что теоретически согласованным состоянием сельсинов в трансформаторном режиме является такое, при котором роторы СД и СП повернуты относительно соответствующих статоров на углы, отличающиеся на  $90^\circ$ . Исходя из этого, в первую очередь ротор СД фиксируется в нулевом положении, а ротор СД поворачивается на  $90^\circ$  относительно нулевой отметки против часовой стрелки. В дальнейшем такое положение ротора СП принимается за новое начало отсчета угла его поворота, т.е.  $\theta_{II} = 0^\circ$ .

При снятии кривых ошибок  $\Delta\theta = f(\theta_D)$ , дискретно изменяя и фиксируя угол поворота СД  $\theta_D$  в диапазоне от  $0^\circ$  до  $360^\circ$  (вращение против часовой стрелки) с шагом, равным  $15^\circ$ , на каждом шаге, слегка поворачивая ротор СП в одну и в другую сторону вблизи точки теоретически согласованного состояния, определяется положение ротора СП, при котором напряжение на обмотке возбуждения СП принимает минимальное значение. При этом фиксируется также отклонение  $\Delta\theta$  в положении ротора СП относительно теоретически согласованного. Аналогичным образом определяются величины ошибки  $\Delta\theta$  при вращении ротора СД в направлении по часовой стрелке. Данные эксперимента заносятся в табл. 2.2. С использованием полученных данных строятся кривые ошибок  $\Delta\theta = f(\theta_D)$ .

Таблица 2.2

При вращении ротора СД против часовой стрелки						
$\theta_D$ , град	$0^\circ$	$15^\circ$	$30^\circ$	$45^\circ$	...	$360^\circ$
$\Delta\theta$ , град						
При вращении ротора СД по часовой стрелке						
$\theta_D$ , град	$0^\circ$	$15^\circ$	$30^\circ$	$45^\circ$	...	$360^\circ$
$\Delta\theta$ , град						

Выходные характеристики определяются следующим образом. Ротор СД фиксируется в нулевом положении. Угловое положение ротора СП вручную изменяется в диапазоне от  $0^\circ$  (за начало отсчета по-прежнему считается теоретически согласованное состояние сельсинов в трансформаторном режиме) до  $360^\circ$  (вращение против часовой стрелки) с шагом, равным  $15^\circ$ . На каждом шаге фиксируется угол рассогласования  $\Delta\theta$  и выходное напряжение  $U_{ВЫХ}$ . Эксперимент проводится при двух значениях сопротивления нагрузки на выходной обмотке. Данные заносятся в табл.2.3, и на их основе строятся выходные характеристики.

Таблица 2.3

$R_{H1} = 1 \text{ МОм}$ (режим холостого хода)						
$\Delta\theta$ , град	$0^\circ$	$15^\circ$	$30^\circ$	$45^\circ$	...	$360^\circ$
$U_{ВЫХ}$ , В						
$R_{H2} = 500 \text{ Ом}$						
$\Delta\theta$ , град	$0^\circ$	$15^\circ$	$30^\circ$	$45^\circ$	...	$360^\circ$
$U_{ВЫХ}$ , В						

При определении удельного выходного напряжения следует при нулевом положении ротора СД, повернув ротор СП, установить угол рассогласования  $\Delta\theta = (5 \div 10)^\circ$  и измерить выходное напряжение  $U_{ВЫХ}$ . После этого искомую величину можно определить по формуле  $U_{ВЫХ\text{ уд}} = U_{ВЫХ} / \Delta\theta$ .

### Вопросы для самоконтроля

1. Расскажите про назначение, области применения и возможные варианты конструктивного исполнения однофазных сельсинов. Поясните назначение основных конструктивных элементов.

2. Приведите схему синхронной системы дистанционной передачи угла поворота на базе однофазных сельсинов, работающей в индикаторном режиме, и поясните принцип действия такой системы. Как выглядит выходная характеристика такой системы и почему?

3. Какие параметры характеризуют точность и чувствительность систем дистанционной передачи угла поворота на базе сельсинов, работающих в индикаторном режиме?

4. Приведите схему синхронной системы дистанционной передачи угла поворота на базе однофазных сельсинов, работающей в трансформаторном режиме, и поясните принцип действия такой системы. Как выглядит выходная характеристика такой системы и почему?

5. Какие параметры характеризуют точность и чувствительность систем дистанционной передачи угла поворота на базе сельсинов, работающих в трансформаторном режиме?

6. Поясните, в чем состоит принципиальное различие в согласованном состоянии СД и СП в индикаторном и в трансформаторном режимах работы синхронных систем дистанционной передачи угла поворота.

7. Расскажите про назначение, конструктивные и схемные решения, а также про принцип действия систем дистанционной передачи и обработки углов поворота, выполненных на базе дифференциальных сельсинов.

8. Что такое магнесин? Как устроены и как работают системы дистанционной передачи угла поворота, построенные на базе магнесинов?



### **Список рекомендуемых источников**

1. Воротников С.А. Информационные устройства робототехнических систем: Учеб. пособие. — М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. — 384 с.
2. Волков Н.И., Миловзоров В.П. Электромашинные устройства автоматики: Учеб. пособие для вузов. — М.: Высш. шк., 1986. — 334 с.
3. Сабинин Ю. А. Электромашинные устройства автоматики: Учеб. для вузов. — Л.: Энергоатомиздат, 1988. — 408 с.