

«УТВЕРЖДАЮ»

Зав. кафедрой ТПС

_____ Бориков В.Н.

_____ 2017 г.

Система дистанционной передачи угла

Т.Г.Нестеренко

Учебно-методическое пособие по выполнению лабораторной работы для студентов,
обучающихся по направлению 12.03.01 – «Приборостроение»

УДК 629.7.064.011.2

Нестеренко Т.Г.

Система дистанционной передачи угла. Учебно-методическое пособие по выполнению лабораторной работы для студентов, обучающихся по направлению 12.03.01 – «Приборостроение»/ сост. Нестеренко Т.Г; Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2017. – 10 с.

УДК 629.7.064.011.2

Методические указания рассмотрены и рекомендованы к изданию методическим семинаром кафедры точного приборостроения ИНК

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент

Мартемьянов В.М.

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ ДИСТАНЦИОННОЙ ПЕРЕДАЧИ УГЛА

1. Цель работы

Целью лабораторной работы является изучение элементов, схемы, принципа действия следящей системы; экспериментальное определение характеристик системы дистанционной передачи угла.

2. Принцип действия системы дистанционной передачи угла

Система дистанционной передачи угла (рис.1) состоит из измерителя рассогласования, построенного на сельсинах (датчик Д и приемник Пр), усилителя (Ус), двигателя с редуктором (Д-Р). Сигнал рассогласования, пропорциональный разности углов поворота роторов сельсина датчика и сельсина приёмника подаётся на усилитель и затем на двигатель. Двигатель через редуктор обрабатывает угол рассогласования до согласованного положения между углами поворота α и β , преодолевая момент нагрузки M_n на выходной оси.

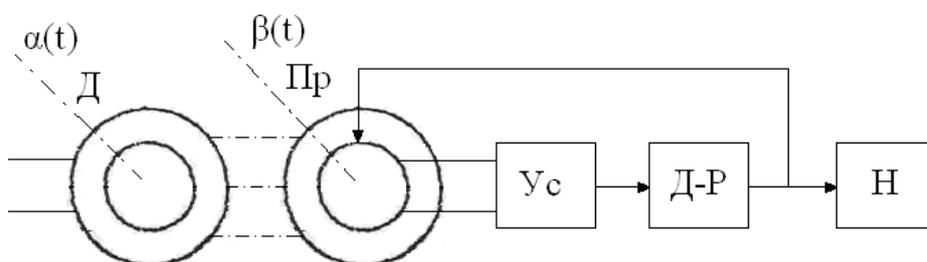


Рис.1. Схема системы дистанционной передачи угла.

2.1. Основные источники погрешностей следящих систем.

Суммарная погрешность δ_{\max} динамической δ_d , моментной δ_m и инструментальной δ_i погрешностей следящей системы состоит из $\delta_{\max} = \delta_d + \delta_m + \delta_i$.

$$\delta_{\max} = \delta_d + \delta_m + \delta_i$$

Динамическая погрешность следящей системы характеризует точность воспроизведения задающего воздействия и представляет собой разность между угловыми положениями входной и выходной осей при произвольном законе вращения входной оси. Динамическая погрешность зависит от закона изменения задающего воздействия и определяется как

$$\delta_d = \delta_{\text{поз}} + \delta_{\text{ск}} + \delta_{\text{уск}} \quad (2)$$

где $\delta_{\text{поз}}$ - позиционная погрешность, представляет собой разность между угловыми положениями входной и выходной осей при повороте входной оси на заданный угол; $\delta_{\text{ск}}$ - скоростная погрешность, зависит от скорости изменения задающего воздействия (скорости вращения входного вала), $\delta_{\text{уск}}$ - погрешность следящей системы, зависящая от ускорения изменения задающего воздействия.

Моментная погрешность обусловлена возмущающими моментами и определяется как

$$\delta_m = M_n / K_m \quad (3)$$

где: M_n - момент нагрузки, K_m - коэффициент передачи системы по моменту.

Инструментальная погрешность δ_i следящей системы зависит от инструментальных погрешностей её элементов (измерителя рассогласования, усилителя,

двигателя, редуктора). Иногда необходимо учитывать погрешности от изменения температуры окружающей среды, от изменения напряжения и частоты питания и некоторые другие факторы.

Динамическая погрешность зависит от закона изменения задающего воздействия. Исследуемая в работе следящая система является астатической, следовательно, позиционная погрешность её равна нулю. Скоростная погрешность в установившемся режиме при вращении входной оси с постоянной скоростью $\Omega_{вх}$ зависит от коэффициента усиления следящей системы, численно равного добротности системы по скорости $\Omega_{вх}$

$$\delta_{ск} = \Omega_{вх} / K_{\Omega} \quad (4)$$

2.2. Измерители рассогласования следящих систем

В зависимости от диапазона рабочих углов, требуемой точности, параметров питающего напряжения в измерителях рассогласования применяются различные типы чувствительных элементов: индукционные, индуктивные, емкостные, потенциометрические.

В системах с неограниченным углом поворота в качестве чувствительных элементов измерителей рассогласования используют вращающиеся трансформаторы, круговые потенциометры и сельсины.

Сельсин представляет собой электрическую машину с однофазной обмоткой возбуждения и трехфазной вторичной обмоткой (рис.2). В зависимости от конструкции однофазная обмотка может располагаться либо на роторе, либо на статоре.

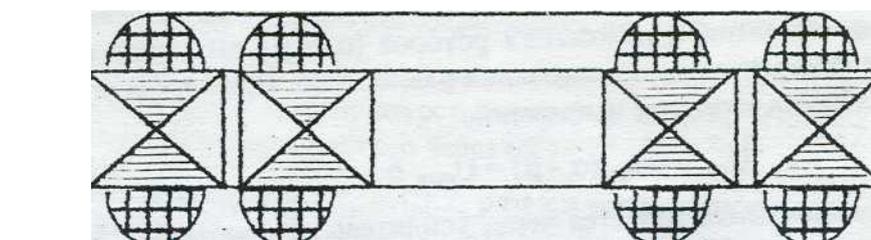


Рис.2 Конструкция сельсина.

Чаще однофазная обмотка располагается на роторе, трехфазная обмотка - на статоре.

Измеритель рассогласования состоит из датчика и приёмника. Сельсин-датчик установлен на входной оси, сельсин-приёмник на выходной оси. При работе сельсинов в трансформаторном режиме однофазная обмотка ротора сельсина-датчика запитывается переменным током от источника (в нашем случае напряжением 36В, 400Гц). В трехфазной обмотке статора сельсина-датчика наводятся ЭДС E_1, E_2, E_3 , величины которых зависят от углового положения ротора относительно статора

$$E_1 = E_0 \cos \alpha, E_2 = E_0 \cos(\alpha - 120^\circ), E_3 = E_0 \cos(\alpha - 240^\circ), \quad (5)$$

где E_0 - максимальное значение ЭДС в однофазной обмотке сельсина-датчика.

Трёхфазные статорные обмотки сельсина-датчика и сельсина-приёмника соединены между собой, поэтому по ним протекают токи i_1, i_2, i_3 , пропорциональные наведённому ЭДС. Эти токи создают магнитные потоки в сельсине-приёмнике, которые наводят ЭДС в его роторной обмотке. Эта ЭДС является выходным сигналом измерителя рассогласования и равна

$$U_{вых} = U_{max} \cos(\alpha - \beta).$$

Если роторы датчика и приёмника рассогласованы на угол 90° , то выходное напряжение измерителя рассогласования

$$U_{вых} = U_{max} \cos(90 + \alpha - \beta) = U_{max} \sin(\alpha - \beta).$$

Такая зависимость является более целесообразной, так как в ней при согласованном положении роторов ($\alpha = \beta$), выходное напряжение измерителя рассогласования равно нулю. При малом угле рассогласования выходное напряжение

$$U_{\text{вых}} = U_{\text{max}} \cos(\alpha - \beta) = U_{\text{max}} \delta. \quad (6)$$

Это напряжение подается через усилитель на обмотку управления исполнительного двигателя. Двигатель через редуктор вращает выходной вал системы, а вместе с ним и ротор сельсина-приемника в сторону уменьшения сигнала рассогласования.

2.3. Исполнительный двигатель

Для отработки сигнала рассогласования в следящих системах применяются двухфазные двигатели переменного тока, двигатели постоянного тока, шаговые двигатели. В следящих системах малой мощности до (10-25)Вт наибольшее распространение получили двухфазные асинхронные двигатели переменного тока, обладающие простотой управления, малой постоянной времени, возможностью регулирования скорости в широких пределах.

Принцип действия двухфазных асинхронных двигателей основан на взаимодействии вращающегося магнитного поля, создаваемого обмотками статора, с вихревыми токами, наводимыми этим полем в роторе.

В результате такого взаимодействия возникает электромагнитный момент, создающий вращение ротора. Этот момент при ненасыщенном магнитопроводе двигателя пропорционален произведению напряжений возбуждения U_v , управления U_y и синусу угла γ сдвига фаз между ними

$$M_{\text{дв}} = K U_v U_y \sin \gamma.$$

Так как напряжение возбуждения неизменно, то при угле сдвига фаз $\gamma = 90^\circ$ пусковой момент пропорционален напряжению управления

$$M_{\text{п}} = C_m U_y, \quad (7)$$

где C_m - коэффициент пропорциональности между пусковым моментом и напряжением на обмотке управления.

При вращении двигателя в полем роторе наводится ЭДС, пропорциональная скорости вращения, вследствие чего на роторе возникает тормозной момент, снижающий момент двигателя. Вращающий момент двигателя при этом определяется выражением

$$M_{\text{вд}} = M_{\text{п}} + c_e \Omega,$$

где Ω - скорость вращения двигателя; c_e - коэффициент электродинамического торможения (коэффициент противо-э.д.с).

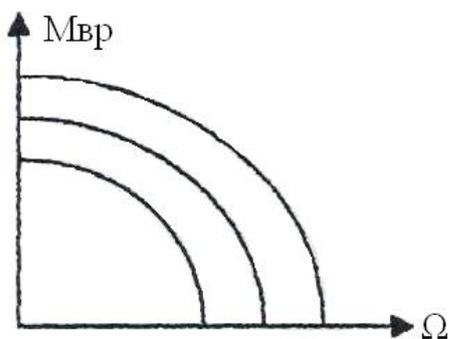


Рис.3. Механическая характеристика двигателя

Механическая характеристика двигателя имеет вид, представленный на рис.3. Эта характеристика нелинейная. Линеаризацию характеристики при расчетах делают на участке, соответствующем рабочему режиму двигателя достаточной для управления исполнительным двигателем и отработки угла рассогласования с необходимой точностью.

2.4. Усилители

Усилитель служит для усиления сигнала рассогласования по напряжению и мощности до величины, в маломощных следящих системах применяются в основном полупроводниковые усилители. Схема усилителя указателя курса приведена на рис. 4. Двухтактный входной каскад собран на триодах VT1, VT2 и усиливает сигнал, по напряжению.

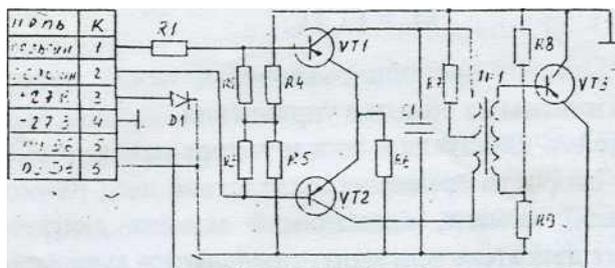


Рис.4. Схема усилителя следящей системы

Усилитель мощности собран на триоде VT3. Для температурной стабилизации рабочей точки триодов используется сопротивление R6, включенное в общую цепь эмиттера. Питание усилителя осуществляется напряжением постоянного тока 27В. Диод VD1 служит для защиты усилителя при случайном изменении полярности напряжения питания

2.5. Редуктор

В указателе используется пятиступенчатый редуктор, передаточное отношение которого

$$i = 50/12 \times 54/18 \times 60/12 \times 60/12 \times 90/16 = 1875.$$

Последнее звено редуктора соединено с парой безлюфтовых шестерен, закрепленных на выходной оси, что увеличивает момент трения в редукторе и, соответственно, величину зоны нечувствительности.

Однако устранение люфта в последней ступени редуктора позволяет ликвидировать автоколебания, неизбежно возникающие в системе, не имеющей люфтовывбирающего устройства или скоростной обратной связи.

3. Описание лабораторной установки

Установка для исследования системы дистанционной передачи угла (рис. 5) представляет собой пульт, на передней панели которого закреплены два указателя курса УПК 1, 2, наборное поле 3 для составления электрической схемы системы, тумблеры включения напряжения и рукоятка 4 потенциометра. На наборном поле находятся входы всех электромеханических элементов системы (датчиков угла, двигателей). Указатель 1 реализует входной вал, указатель 2 - выходной вал.

Питание в схему подается через тумблеры "≈27В" и "≈36В".

Потенциометр 4 используется для разворота ротора сельсина указателя 1, который в

данной установке выполняет функцию сельсина-датчика.

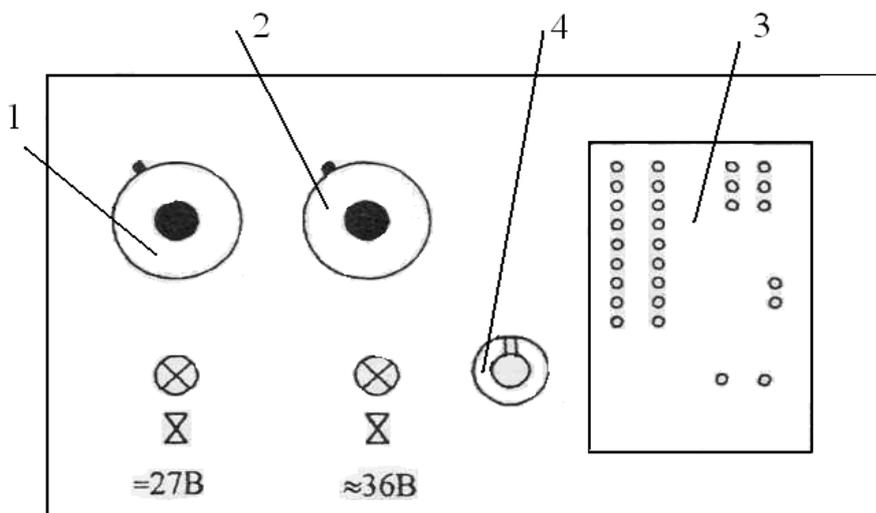


Рис.5. Лабораторная установка.

4. Методика исследования системы дистанционной передачи угла

4.1. Составление электрической схемы

Перед началом работы необходимо тумблеры питания установить в положение "**Выключено**", после чего можно составлять электрическую схему.

От клемм питания подать напряжение 36В, 400Гц на роторную обмотку сельсина-датчика (указатель 1).

К статорным обмоткам этого сельсина подключить параллельно статорные обмотки сельсина-приемника (указатель.2). Запитать обмотки возбуждения двигателей и потенциометр 4. С потенциометра подать напряжение на обмотку управления двигателя, разворачивающего сельсин-датчик.

О величине угла рассогласования следящей системы можно судить по сигналу с сельсина-приёмника, для чего с выхода сельсина-приёмника необходимо подать сигнал на осциллограф.

Затем подать в установку напряжения "=27 В", "≈36В, 400Гц" и наблюдать за работой следящей системы, разворачивая сельсин-датчик. После остановки системы на шкалах указателей выставить одинаковые значения углов

4.2. Определение нулевого сигнала

Нулевой сигнал характеризует инструментальную ошибку следящей системы.

Для его измерения необходимо отключить питание усилителя "=27В" и, разворачивая ротор сельсина датчика в одну и другую сторону, определить минимальный сигнал рассогласования $\Delta U_{и}$, и соответствующую этому сигналу ошибку измерительных элементов, учитывая, что в качестве датчика и приемника используются одинаковые сельсины:

$$\delta_{и} = \Delta U_{и} / k_{ду},$$

где $k_{ду}$ - коэффициент передачи сельсинов.

4.3. Определение моментной погрешности

Величина этой погрешности в рассматриваемой системе зависит от момента трения на оси шкалы и момента трения редуктора в указателе 2. Чтобы исключить влияние

случайных факторов на величину моментной погрешности (загрязнение трущихся поверхностей, заедание отдельных зубьев шестеренок редуктора) необходимо провести измерение её в нескольких точках после поворота входного вала в разные стороны в следующей последовательности:

4.3.1. Задать вращение сельсина - Датчика по часовой стрелке после поворота примерно на угол 60° остановить его и, наблюдая по экрану осциллографа за сигналом с сельсина приемника, дождаться окончания переходного процесса. Значение напряжения рассогласования ΔU_{M1} занести в таблицу1.

4.3.2. Аналогично п. 4.3.1. измерить напряжение рассогласования после остановки вращающегося по часовой стрелке сельсина еще в 3...5 точках (поворачивая его через 60°)

4.3.3. Повторить п.4.3.1, п.4.3.2, разворачивая сельсин-датчик против часовой стрелки, останавливая его примерно в тех же точках, что и при вращении по часовой стрелке. Измерить сигнал рассогласования ΔU_{M2}

Моментная погрешность

Таблица 1.

Угол поворота сельсина-датчика		$\Delta U_{M1}, В$	$\Delta U_{M2}, В$	$\delta_{M1}, град$	$\delta_{M2}, град$	$\delta_M, град$
влево	вправо					
60°	60°					
360°	360°					

4.3.4. Вычислить моментную погрешность, учитывая, что в каждом измерении присутствует инструментальная ошибка сельсина, найденная в п.4.2.

$$\delta_{M1} = \Delta U_{M1} / k_{д\gamma} \quad \delta_{M2} = \Delta U_{M2} / k_{д\gamma} \quad \delta = ((\delta_{M1} + \delta_{M2}) / 2) - \delta_n$$

4.3.5. Определить среднее значение моментной погрешности

$$\delta_{M}^{cp} = \sum \delta_{M1} / n$$

где n - количество точек, в которых производились измерения.

4.4 Определение скоростной ошибки

Скоростная ошибка определяется при вращении входной оси с постоянной скоростью. Чтобы двигатель разворачивал выходную ось с такой же скоростью ($\beta' = \alpha'$), на его обмотку управления должен быть подан соответствующий сигнал, который получается за счет рассогласования угловых положений датчика и приемника. Порядок определения скоростной ошибки следующий.

4.4.1. С потенциометра 4 на обмотку управления двигателя, задающего угол $\alpha(t)$, подать напряжение, равное примерно $0,1 U_{max}$. Определить скорость вращения входного вала, для чего измерить по секундомеру время, за которое шкала указателя 1 поворачивается на определенный угол ($90^\circ - 180^\circ$).

Во время вращения системы на экране осциллографа измерить сигнал рассогласования $\Delta U_{ск}$.

Провести измерения для 3-х, 4-х различных значений скорости. Экспериментальные данные занести в таблицу 2.

4.4.2. Изменить направление вращения входного вала на противоположное и повторить п. 4.4.1.

4.4.3. Вычислить значение скоростной ошибки, учитывая, что измеренный сигнал рассогласования содержит одновременно инструментальную, моментную и скоростную погрешности, следовательно, $\delta_{ск} = \delta - \delta_M - \delta_H$

$$\delta_{ск} = \Delta U_{ск} / k_{ду}$$

4.4.5. Построить зависимость $\delta_{ск} = f(\Omega)$

Скоростная ошибка

Таблица 2.

Угол поворота входного вала, град		Время разворота, сек		Скорость, град/сек		$\Delta U_{ск}$, В		δ , град		$\delta_{ск}$, град
влево	вправо	влево	вправо	влево	вправо	влево	вправо	влево	вправо	

4.5. Расчет параметров системы

4.5.1. Рассчитать коэффициент усиления системы по экспериментальным данным и по техническим характеристикам элементов, сравнить их.

4.5.2. Рассчитать момент сил сухого трения на оси указателя, если коэффициент усиления усилителя $k_v=11$ передаточное отношение редуктора $i = 1875$, $P=0,5$ Н - вес подвижной системы указателя, коэффициент трения $\lambda=0,15$. $L=4 \cdot 10^{-3}$ м

Характеристики двигателя ДИД - 0,5ТА. $U_v = 30$ В, момент пусковой $M_{п} = 10$ Гсм, момент номинальный 4 Гсм, скорость вращения холостого хода 14000 об/мин.

Характеристики сельсинов: напряжение питания - 36В, 400Гц; максимильное выходное напряжение - 36В.

4.5.3. Составить структурную схему и построить логарифмические частотные характеристики следящей системы, определить передаточные функции её элементов.

5. Содержание отчёта

- цель работы;
- электрокинематическая схема указателя курса;
- электрическая схема следящей системы
- результаты экспериментальных и теоретических исследований с выводами,
- ответы на контрольные вопросы.

6. Контрольные вопросы

1. Назначение измерителей рассогласования и их виды.
2. Чем определяется инструментальная погрешность следящей системы, способы её уменьшения.
3. Как определяется степень астатизма системы
4. Как влияет люфт в редукторе на работу следящей системы.
5. Чему равна скоростная погрешность астатической системы второго порядка.

Учебное издание

Система дистанционной передачи угла. Учебно-методическое пособие по выполнению лабораторной работы для студентов, обучающихся по направлению 12.03.01 – «Приборостроение»/ сост. Нестеренко Т.Г; Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2016. – 10 с.

Составитель

НЕСТЕРЕНКО ТАМАРА ГЕОРГИЕВНА

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

Подписано к печати 05.11.2013. Формат 60x84/16. Бумага «Снегурочка».

Печать XEROX. Усл.печ.л Уч.-изд.л..

Заказ . Тираж 20 экз.



Национальный исследовательский Томский
политехнический университет
Система менеджмента качества
Томского политехнического университета
сертифицирована
NATIONAL QUALITY ASSURANCE по
стандарту ISO 9001:2013



ИЗДАТЕЛЬСТВО  **ТПУ**. 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30
Тел./факс: 8(3822)56-35-35, www.tpu.ru