

Министерство высшего и среднего специального  
образования РСФСР

Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени  
авиационный институт имени академика С.П.Королева

ИССЛЕДОВАНИЕ СЕЛЬСИННОГО СЛЕДЯЩЕГО МЕХАНИЗМА

Методические указания  
к лабораторной работе № 6

Куйбышев 1990

Составитель Г.В.Уваров

УДК 621.396.6

Исследование сельсинного следящего механизма:  
Метод. указ. к лаборатор. работе; Куйбышев.  
авиационный институт /Сост. Г.В.Уваров. Куйбышев, 1990.  
12 с.

Приведена методика экспериментального определения погрешности сельсинного следящего механизма. Предлагается изучить специфику конструирования таких механизмов и выполнить расчет ожидаемой погрешности.

Предназначены для студентов, обучающихся по специальности 2303 "Конструирование и технология радиоэлектронных средств". Составлены на кафедре "Конструирование радиоэлектронной аппаратуры".

Печатается по решению редакционно-издательского совета Куйбышевского ордена Трудового Красного Знамени авиационного института имени академика С.П.Королева

Рецензенты: В.М.Хатилин, А.И.Колпаков

**Ц е л ь р а б о т ы:** изучение конструкции, кинематики, геометрии и точности синхронно-слеющих сельсинных механизмов.

## ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ

В современных устройствах автоматики и системах дистанционного управления нашли широкое применение аналоговые информационные электрические микромашины, выполняющие различные функциональные преобразования механических и электрических величин. Наибольшее распространение среди электрических машин этой группы получили сельсины.

**С е л ь с и н** — индукционная электрическая машина, которая позволяет:

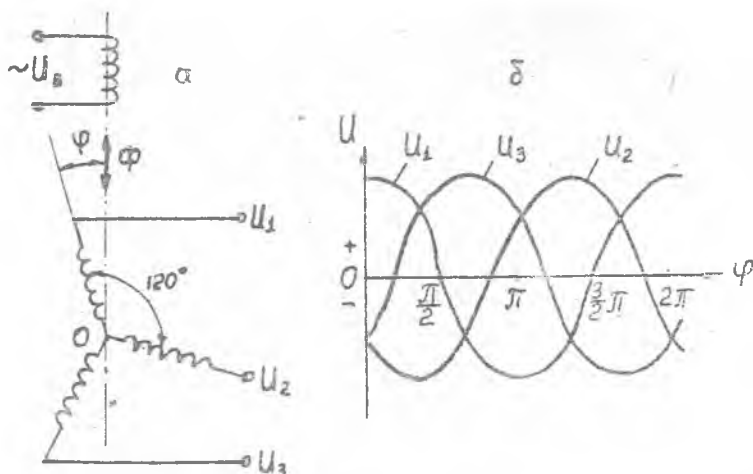
при постоянной величине напряжения на входе получать на трех выходных обмотках систему напряжений, амплитуда и фаза которых определяются положением ротора (сельсины-датчики);

систему трех напряжений преобразовывать в соответствующее ей угловое положение ротора (сельсины-приемники индикаторные);

систему трех напряжений преобразовывать в напряжение, фаза и амплитуда которого является функцией системы входных напряжений и угла поворота ротора (сельсины-приемники трансформаторные);

Сельсины состоят из двух частей: статора и ротора, на которых располагаются обмотки возбуждения и синхронизации. Обычно на роторе расположена обмотка возбуждения, на статоре — трехфазная обмотка синхронизации. Концы обмотки возбуждения выводятся на два скользящих контактных кольца (контактные сельсины) или обмотка возбуждения получает питание за счет трансформаторной связи с неподвижной торцевой обмоткой (бесконтактные сельсины).

Если на обмотку возбуждения сельсина (рис. 1) подать переменное

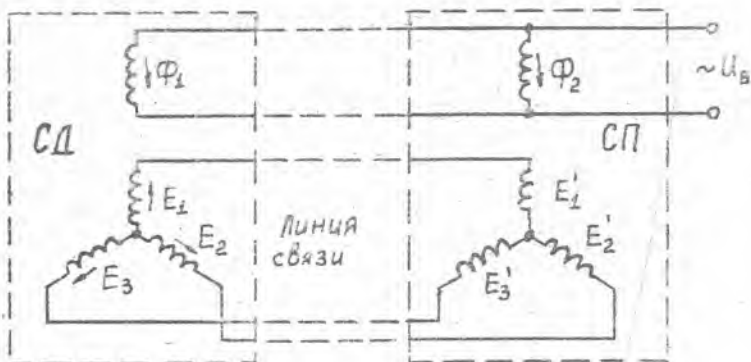


Р и с. 1. Схема (а) и график (б) зависимости фазных напряжений от угла поворота ротора

напряжение  $U_B$ , то протекающий по ней ток создает пульсирующий магнитный поток  $\Phi$ , направление которого будет совпадать с осью обмотки возбуждения. Этот поток в зависимости от положения ротора наведет в фазных обмотках синхронизации различные по величине и фазе ЭДС.

При повороте ротора сельсина ЭДС фазных обмоток изменяются таким образом, что любому положению ротора соответствует единственное соотношение трех напряжений на выходных клеммах обмоток синхронизации как по величине, так и по фазе. Фаза выходных напряжений принимает два значения 0 и  $\pi$ .

На практике сельсины применяются парно, когда один из них работает как датчик, другой в качестве приемника. На рис. 2 приведена схема сельсинной системы в индикаторном режиме. На роторные обмотки возбуждения сельсина-датчика (СД) и сельсина-приемника (СП) подается питающее переменное напряжение, а статорные обмотки соединены навстречу одна другой, т.е. индуцируемые в них ЭДС направлены навстречу друг другу. Следовательно, если ЭДС каждой из фазовых обмоток статора СД равна ЭДС соответствующих фаз СП, то результирующая ЭДС будет равна нулю, ток через статорные обмотки протекать не бу-



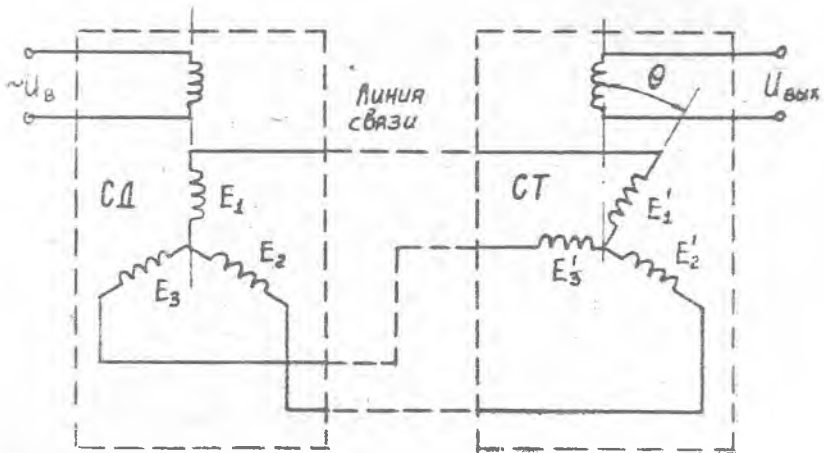
Р и с. 2. Индикаторный режим работы сельсинов

дет, не будет вращающего момента, и ротор СП останется неподвижным.

Равенство ЭДС может сохраняться лишь при условии, что роторы СД и СП занимают одинаковое положение относительно фазовых обмоток соответствующих статоров. Если ротор сельсина-датчика повернется на какой-то угол, то условие равновесия ЭДС нарушится, и по обмоткам статоров потечет уравнивающий ток, который создаст на валу СП вращающий момент. Свободный ротор СП начнет вращаться и займет точно такое же положение, как и ротор СД, при котором условие равновесия восстановится.

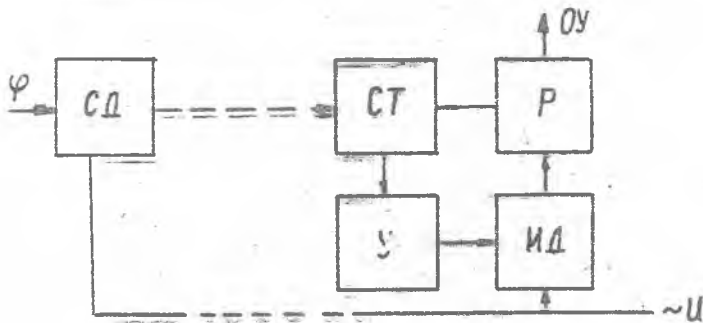
Такой режим работы сельсинов применяется в основном для передачи углового или линейного перемещения на пульт управления, так как удельный синхронизирующий момент на валу СП (индикатора) имеет малую величину порядка  $0,5 \dots 1,0 \text{ Н} \cdot \text{мм}/\text{град}$ , что достаточно только для преодоления момента сил трения в подшипниках сельсина. На валу индикатора располагают указатель (стрелку), а отсчетную шкалу закрепляют неподвижно.

При трансформаторном режиме (рис. 3) питающее напряжение подводится только к обмотке возбуждения СД. Пульсирующий магнитный поток обмотки возбуждения СД индуцирует в фазовых обмотках ЭДС, в результате чего в цепи ротора потекут разностные токи, которые в сельсине-трансформаторе (СТ) вызовут появление результирующего магнитного потока, пронизывающего однофазную обмотку. На клеммах этой об-



Р и с. 3. Трансформаторный режим работы сельсинов

мотки появится выходное напряжение, которое будет пропорционально углу рассогласования  $\theta$  между положением ротора сельсина-датчика и положением ротора сельсина-трансформатора. Такой режим целесообразно применять в случае передачи углового перемещения или вращения на расстояние с преодолением значительного момента сопротивления. Структурная схема следящей системы приведена на рис. 4.



Р и с. 4. Схема следящей сельсинной системы

В таких устройствах источником положения является СД, располагаемый в простейшем случае на пульте управления и снабженный ручкой привода и шкалой. Поворот ротора этого сельсина осуществляет оператор. Информация с положения передается через линию связи к СТ, ротор которого связан механически с выходным валом редуктора Р, с помощью которого и осуществляется поворот вала объекта управления ОУ. В приводе редуктора используется асинхронный управляемый электродвигатель, одна обмотка которого подключена к питаемому напряжению, а вторая - к выходу усилителя У. На вход этого усилителя подается выходное напряжение с СТ. При этом по линии связи передается незначительный по мощности сигнал управления, выходное напряжение СТ через усилитель У поступает на исполнительный двигатель ИД, который через редуктор Р поворачивает объект управления ОУ, а вместе с ним и ротор СТ на угол, заданный СД. В положении, когда угол рассогласования между роторами СД и СТ становится равным нулю, выходное напряжение также равно нулю, и вращение исполнительного двигателя прекращается. Система будет находиться в положении устойчивого равновесия.

Статический коэффициент передачи такого устройства будет выражаться как

$$K = K_{СТ} K_y K_d, \quad (I)$$

где  $K_{СТ}$  - коэффициент преобразования угла рассогласования сельсиновой системы в напряжение, В/град;  $K_y$  - коэффициент усилителя;  $K_d$  - коэффициент преобразования напряжения обмотки управления в угловую скорость вращения электродвигателя,  $\frac{рад}{с}$ .

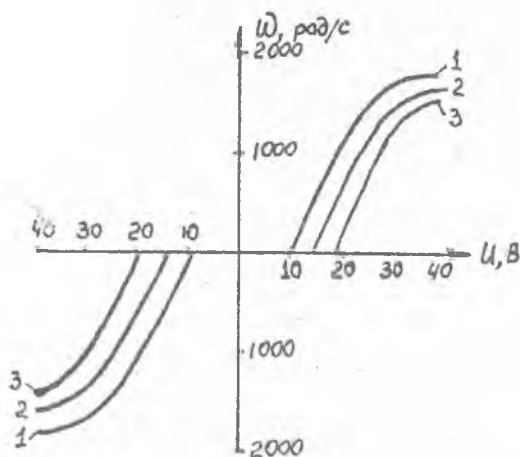
Типовые регулировочные характеристики для исполнительного электродвигателя типа ДИД-0,5 в зависимости от момента нагрузки приведены на рис. 5.

Коэффициент  $K_{СТ}$  для современных сельсинов в зоне угла рассогласования вблизи нуля лежит в диапазоне 0,5...2,0 В/град.

Общая погрешность следящей сельсиновой системы будет складываться из нечувствительности системы и собственной погрешности сельсина. Нечувствительность системы в градусах может быть определена как

$$s_H = U_H / (K_{CT} K_U), \quad (2)$$

где  $U_H$  - минимальное напряжение пуска электродвигателя.



Р и с. 5. График зависимости скорости вращения электродвигателя типа ДИД-0,5: 1 - момент нагрузки  $T=0$ ; 2 -  $T=0,5T_{ном}$ ; 3 -  $T=T_{ном}$

Снизить величину нечувствительности системы, как видно из формулы (2), можно, увеличивая коэффициент усиления усилителя, но при больших его значениях возможно появление неустойчивости системы (самовозбуждения).

Собственная погрешность сельсинов зависит от точности их выполнения. Основной составляющей этой погрешности является погрешность следования сельсинов в индикаторном режиме, что численно равно отклонению положения согласования СП от углового положения, задаваемого СД. За погрешность следования принимается полусумма абсолютных значений максимальных положительного и отрицательного отклонений, измеренных при повороте ротора СД по часовой и против часовой стрелки.



Максимальные величины погрешностей следования зависят от класса точности сельсинов:

Класс точности	1	2	3	4
Погрешность следования	$\pm 30$	$\pm 45$	$\pm 60$	$\pm 90$

Для сельсинов установлен следующий ряд номинальных напряжений питания: 127 (110); 40(36); 27; 12; 6 В с допуском  $\pm 5\%$ .

Частота питающего напряжения установлена 50, 400 и 1000 Гц  $\pm 3...5\%$ .

Для применения в системах авиационной электроавтоматики наиболее пригодны сельсины в закрытом исполнении с напряжением питания 110 В или 36 В с частотой 40 Гц. Частота 50 Гц применяется в системах промышленной автоматики. Частота 1000 Гц применяется в тех случаях, когда необходимо максимально уменьшить габариты сельсинов, т.е. в миниатюрных устройствах.

При установке сельсинов в радиоустройства должны быть выполнены следующие правила. Вал сельсинов должен быть разгружен от действия каких-либо сил, кроме крутящего момента. С этой целью вал сельсина подключается через муфту. Муфта должна иметь минимальную погрешность мертвого хода. В конструкции предусматривается возможность легкой предустановки корпуса сельсина по углу. Обычно сельсины закрепляют с помощью круглого фланца и накладок ("сухарики"). Зажим производится винтами. Крепление сельсинов зажимными конутами за корпус не рекомендуется, так как при этом за счет деформации корпуса увеличивается погрешность.

#### ОПИСАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

Экспериментальная установка состоит из блока с сельсином-датчиком, блока с сельсином-индикатором и блока исполнительного устройства с электроприводом, сельсином-трансформатором и усилителем. Питание электропривода и сельсинов осуществляется от сетевого питания, выдающего переменное напряжение 36 В с частотой 400 Гц. Питание усилителя осуществляется от того же блока питания. Все блоки соединены постоянно между собой кабелями с разъемами.

Блок с СД снабжен ручным приводом и шкалой с нониусом, по которой производится установка вала СД в пределах  $0 \dots 360^\circ$  с точностью 6 угловых минут.

Блок исполнительного устройства содержит электропривод с двигателем типа ДИД-0,5 с промежуточным передаточным механизмом, СТ, вал которого механически связан с выходным валом, и транзисторный усилитель с переменным коэффициентом усиления  $1 \dots 50$ . Изменение коэффициента усиления проводится переключателем, а включение усилителя — тумблером. Предусмотрены гнезда для подключения внешнего вольтметра, которым измеряется напряжение на выходной обмотке СТ. Для отсчета положения выходного вала этот блок имеет также шкалу с нониусом.

### ЗАДАНИЕ И ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучить электрическую схему, кинематику и конструкцию составных частей синхронно-следящей сельсинной системы.

2. Включить блок питания и проверить наличие питающего напряжения и значение частоты по встроенным вольтметру и частотомеру.

3. При выключенном усилителе замерить показания сельсина-индикатора при повороте сельсина-датчика в пределах  $0 \dots 360^\circ$  через  $10 \dots 15^\circ$ . Замеры провести при прямом и обратном ходе. По данным замеров построить график зависимости  $\varphi_{\text{инд}} = f(\varphi_{\text{сд}})$ . Определить суммарную погрешность и построить график зависимости ее по углу поворота.

4. При работе установки в трансформаторном режиме, отключив усилитель, при неподвижном вале сельсина-трансформатора измерить значения выходного напряжения в зависимости от угла рассогласования, задаваемого поворотом вала сельсина-датчика, в пределах одного оборота. Замеры в районе нулевого угла рассогласования проводить через один градус. Определить удельное выходное напряжение для данных сельсиннов и сравнить с паспортными данными для используемых сельсиннов.

5. Изменить углы поворота исполнительного устройства при включенном усилителе через  $10 \dots 15$  градусов в пределах одного оборота при прямом и обратном ходе для нескольких значений коэффициента усиления. Построить график зависимости угла положения исполнительного устройства от угла положения вала СД. Определить в каждом случае погрешности системы.

6. Провести расчет ожидаемой погрешности, используя формулы (1) и (2).

7. По макетам и чертежам изучить способы закрепления сельсинов различных типов, изучить конструкции муфт применяемых для соединения валов сельсинов с валами механизмов, обратив особое внимание на выбор посадок и получение минимальных угловых погрешностей.

#### СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Цель работы.
2. Эскиз или схема экспериментальной установки.
3. Экспериментальные данные, графики.
4. Расчетные данные.
5. Выводы.

Отчет выполнить по единой форме отчетных документов по лабораторным работам конструкторского профиля.

#### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Почему сельсины могут работать только при питании переменным током?
2. Почему в сельсинах одна из обмоток выполняется трехфазной?
3. Сколько устойчивых положений в пределах одного оборота имеет ротор сельсина-приемника при неподвижном роторе сельсина-датчика?
4. В чем разница между контактными и бесконтактными сельсинами?
5. Как можно значительно повысить точность сельсинной системы дистанционного управления?
6. По какой зависимости будет меняться синхронизирующий момент СП по углу поворота его ротора при неподвижном роторе СД?
7. Будет ли сказываться момент трения в опорах сельсинов на точность их показателей?
8. Как соединяются валы сельсинов с валами механизмов?
9. Какие конструктивные приемы применяются в креплении сельсинов при начальной установке их по углу?

10. Для чего применяется усилитель в следящих системах с сельсинами, работающими в трансформаторном режиме?
11. От каких показателей сельсинов зависит их быстродействие?
12. От чего зависит надежность работы сельсинов?
13. Какие внешние воздействия могут повлиять на работоспособность сельсинов? Какие меры защиты можно применить в каждом конкретном случае?

### Библиографический список

1. Баканов М.В., Лыска В.А., Алексеев В.В. Информационные микромашины следящих и счетно-решающих систем. М.: Сов. радио, 1977.
2. Свечарник Д.В. Дистанционные передачи. М.: Энергия, 1974.
3. Плименов А.И. Механизмы настройки РЗА. М.: Высш. шк. 1977.

### ИССЛЕДОВАНИЕ СЕЛЬСИННОГО СЛЕДЯЩЕГО МЕХАНИЗМА

Составитель Уваров Геннадий Викторович

Редактор Е.Д.Антонова  
Техн. редактор Н.М.Каленюк  
Корректор Л.Я.Чегодаева

Подписано в печать 15.10.90. Формат 60x84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>  
Бумага оберточная. Печать оперативная.  
Усл.п.л. 0,7. Усл.кр.-отт. 0,8. Уч.-изд.л. 0,6.  
Тираж 100 экз. Заказ № 364. Бесплатно.

Куйбышевский орден Трудового Красного Знамени  
авиационный институт имени академика С.П.Королева.  
443086, г. Куйбышев, Московское шоссе, 34.

Участок оперативной полиграфии Куйбышевского  
авиационного института, 443001 Куйбышев,  
ул.Ульяновская, 18.