

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**
ЮРГИНСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

УТВЕРЖДАЮ
И.о. директора ЮТИ ТПУ
_____ С.А. Солодский

« __ » _____ 2022 г.

ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ И РЕЖИМОВ РАБОТЫ ОДНОФАЗНЫХ КОНТАКТНЫХ И БЕСКОНТАКТНЫХ СЕЛЬСИНОВ

Методические указания к выполнению лабораторных работ
по дисциплине «Автоматизация производственных процессов»
для студентов дневной формы обучения, обучающихся по направлению
15.03.01 «Машиностроение»

Составитель **А.А. Ласуков**

Издательство
Юргинского технологического института (филиала)
Томского политехнического университета
2022

УДК 658.52
ББК 32.966
И 39

ИЗ9 Изучение конструкции и режимов работы однофазных контактных и бесконтактных сельсинов. Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Автоматизация производственных процессов» для студентов дневной формы обучения, обучающихся по направлению 15.03.01 «Машиностроение»/ сост.: А.А. Ласуков; Юргинский технологический институт. – Юрга: Изд-во Юргинского технологического института (филиала) Томского политехнического университета, 2022. – 21 с.

УДК 658.52
ББК 32.966

Методические указания рассмотрены и рекомендованы
к изданию учебно-методической комиссией ЮТИ ТПУ
« 16 » марта 2022 г.

Председатель учебно-методической комиссии
Кандидат технических наук, доцент _____ *А.В. Проскоков*

Рецензент

Кандидат технических наук
доцент ЮТИ ТПУ
А.В. Проскоков

© Составление. ФГАОУ ВПО НИ ТПУ
Юргинский технологический институт (филиал), 2022
© Ласуков А.А., составление, 2022

1. ЦЕЛИ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

Целью работы является изучение конструкции однофазных контактных и бесконтактных сельсинов, изучение принципов работы сельсинов в индикаторном и трансформаторном режимах.

2. УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ

Необходимыми условиями проведения и выполнения лабораторной работы должны быть: самостоятельная подготовка студентов к выполнению лабораторной работы, студент должен ознакомиться с настоящими методическими указаниями, усвоить теоретические сведения, изучить положение о технике безопасности согласно п. 6 настоящих методических указаний, подготовить бланк отчета, активно выполнять лабораторную работу.

В начале лабораторного занятия преподаватель выполняет контроль степени подготовленности каждого студента к выполнению работы. Студенты, уровень подготовленности которых не соответствует вышеизложенным требованиям, к выполнению работы не допускаются.

После оформления бланка отчета студенты под контролем преподавателя выполняют лабораторные работы согласно заданию.

3. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

В процессе реализации дистанционной и синхронной передач вращательных или угловых перемещений двух или нескольких осей различных машин, приборов и аппаратов, механически несвязанных между собой, широко применяются индукционные однофазные системы синхронной связи, состоящие из двух или нескольких однотипных специальных синхронных электрических машин малой мощности переменного тока – сельсинов, электрически связанных между собой.

Сельсины – это индукционные электрические машины, которые позволяют при постоянном напряжении на входе получать на выходных обмотках систему напряжений, амплитуда и фаза которых определяются угловым положением ротора (сельсины-датчики), или же, наоборот, такую систему напряжений преобразовать в соответствующее ей угловое положение ротора (сельсины-приемники индикаторные) или в напряжение, фаза и амплитуда которого является функцией системы выходных напряжений и угла поворота ротора (сельсины-приемники трансформаторные). Сельсин, связанный с ведущим валом, называется

сельсином-датчиком, а связанный с ведомым валом – сельсином-приемником.

Индукционные системы синхронной связи, также как и используемые в них сельсины-датчики и сельсины-приемники, выполняют трех- или однофазными. Трехфазные системы и используемые в них трехфазные сельсины обычно применяются при относительно больших мощностях в системах «электрического вала». Такие системы могут заменить, например, ходовые винты у токарно-винторезных станков. Системы синхронного вращения рационально применять для тяжелых станков, так как изготовление длинных ходовых винтов связано со значительными трудностями. Кроме того, с увеличением длины винтов или валов, вследствие их скручивания, точность согласования взаимного расположения частей станка уменьшается. В системе электрического вала расстояние между валами никакого влияния на точность работы оказать не может. При использовании электрического вала исключаются механические связи суппортов со шпинделями и сильно упрощается кинематическая схема. Существенным недостатком таких систем в тяжелых станках является возможность порчи дорогостоящей заготовки при перерыве в электроснабжении, так как при этом возникает рассогласование. Данная система может быть использована для подъема и опускания поперечин крупных строгальных, продольно-фрезерных и карусельных станков.

В системах малой мощности при обеспечении индукционной системы синхронной связи применяются однофазные сельсины, выполняемые по типу асинхронной машины с однофазной первичной обмоткой возбуждения и трехфазной вторичной обмоткой синхронизации. При этом однофазная обмотка возбуждения может быть расположена как на статоре, так и на роторе сельсина, а трехфазная обмотка синхронизации – на роторе или статоре сельсина. Основными требованиями к однофазным сельсинам являются: высокая точность передачи угла поворота и в пределах одного оборота должно быть одно устойчивое согласованное положение.

В конструктивном отношении сельсины выполняют контактными и бесконтактными. Контактные имеют на статоре явнополюсную или распределенную обмотку возбуждения, а на роторе – распределенную обмотку синхронизации. Для возможности присоединения роторной обмотки к линии связи концы ее выводятся на контактные кольца, соединенные с соответствующими выводами на корпусе сельсина с помощью скользящих щеток. Щеточно-контактный узел является самым ненадежным местом контактного сельсина, поэтому в промышленности широко применяют бесконтактные сельсины, лишенные этих недостат-

ков.

Устройство бесконтактного сельсина показано на схеме (рисунок 1), где обмотки синхронизации 1 и возбуждения 2 расположены на статоре сельсина и выполнены неподвижными. Обмотка возбуждения выполнена в виде двух кольцеобразных катушек, соединенных согласно и последовательно. Обмотка синхронизации состоит из трех катушек, размещенных на кольцевом магнитопроводе и сдвинутых в пространстве на 120° . Ротор 4 собран из листовой стали. Магнитная связь обмоток возбуждения и синхронизации осуществляется через магнитопровод подвижного ротора, полюса которого разделены немагнитной прокладкой 3.

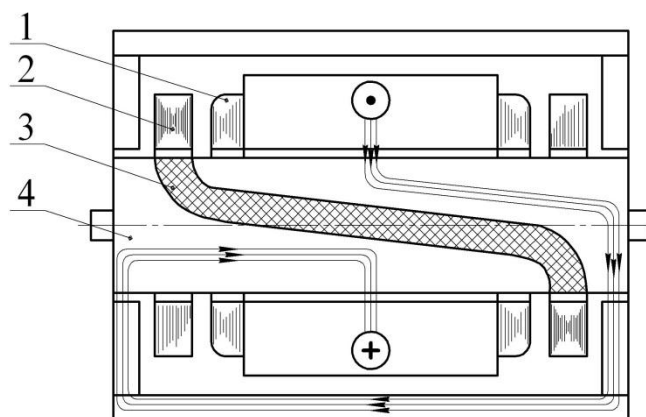


Рисунок 1. Устройство бесконтактного сельсина: 1 – обмотка синхронизации;
2 – обмотка возбуждения; 3 – немагнитная прокладка; 4 – ротор

Благодаря такой конструкции ротора положение оси потока возбуждения относительно обмоток синхронизации при повороте ротора изменяется так же, как и в контактных сельсинах, так как принцип действия обоих типов сельсинов один и тот же.

Несмотря на большую сложность конструкции бесконтактных сельсинов, отсутствие в них скользящих контактов позволяет значительно увеличить надежность работы и стабильность их характеристик. Для управления приводами значительной мощности сельсинная синхронная связь требует усилителя.

4. РЕЖИМЫ РАБОТЫ СЕЛЬСИННОЙ ПАРЫ

Система индуктивной синхронной связи может работать в двух режимах: индикаторном и трансформаторном. При работе в индикаторном режиме, когда целью синхронной связи является передача угловых

перемещений ротора сельсина-датчика (СД) при незначительном моменте сопротивления ротора сельсина-приемника (СП), схема в простейшем случае состоит из двух одинаковых сельсинов, один из которых является датчиком, а второй – приемником (рис. 2).

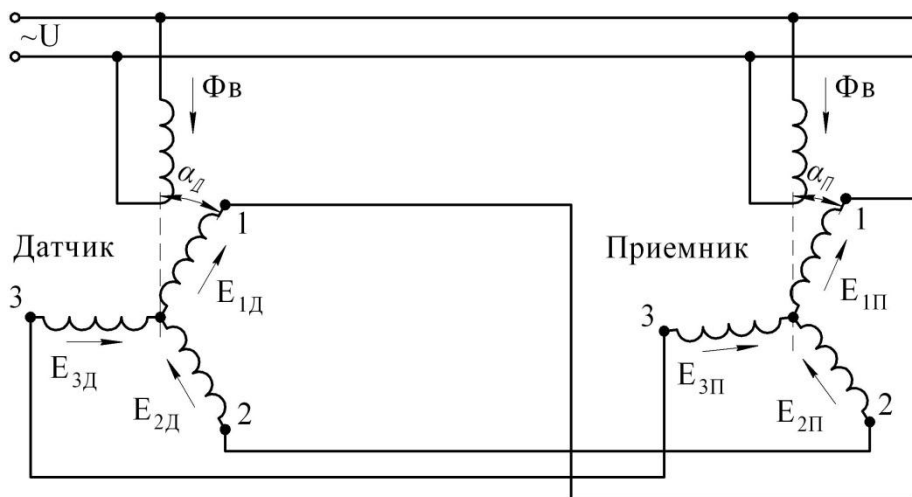


Рисунок 2. Схемы работы сельсинов в индикаторном режиме

Обмотки возбуждения подключены к однофазной цепи переменного тока, а одноименные выводы обмоток синхронизации линией связи соединены между собой. Однофазные переменные магнитные потоки, создаваемые обмотками возбуждения датчика и приемника, индуцируют в одноименных фазах обмоток синхронизации ЭДС, действующие значения которых зависят от пространственного расположения осей фаз относительно оси соответствующего потока возбуждения:

$$E_{1д} = E_{мд} \cdot \cos \alpha_d; \quad E_{1п} = E_{мп} \cdot \cos \alpha_p; \quad (1)$$

$$E_{2д} = E_{мд} \cdot \cos(\alpha_d - 120^\circ); \quad E_{2п} = E_{мп} \cdot \cos(\alpha_p - 120^\circ); \quad (2)$$

$$E_{3д} = E_{мд} \cdot \cos(\alpha_d - 240^\circ); \quad E_{3п} = E_{мп} \cdot \cos(\alpha_p - 240^\circ), \quad (3)$$

где $E_{1д}$, $E_{2д}$, $E_{3д}$ – действующие значения ЭДС индуцируемых потоков возбуждения в соответствующих фазах синхронизации сельсина датчика;

$E_{мд}$ – амплитудное значение ЭДС фазы обмотки синхронизации при совпадении ее оси с осью потока возбуждения ($\alpha_d = 0$);

α_d – угол между осями обмотки возбуждения и осью первой фазы обмотки синхронизации сельсина-датчика (угол поворота ротора).

Аналогичные значения с индексом «п» относятся к сельсину-приемнику.

При одинаковом расположении осей одноименных фаз обмоток синхронизации датчика и приемника относительно соответствующих осей обмоток возбуждения, т.е. когда $\alpha_d = \alpha_n$, в фазах обмоток синхронизации сельсина-датчика и сельсина-приемника индуцируются одинаковые ЭДС, уравновешивающие друг друга: $E_{1d} = E_{2n}$; $E_{2d} = E_{2n}$; $E_{3d} = E_{3n}$. В этом случае ток во всех проводах линий связи равен нулю. Отсюда следует, что вращающий момент ротора отсутствует, и система синхронизации находится в состоянии покоя. Такое положение сельсинов называется согласованным (угол рассогласования $\theta = \alpha_d - \alpha_n = 0$).

При рассогласовании роторов сельсинов, т.е. когда $\alpha_d - \alpha_n < 0$ или $\alpha_d - \alpha_n > 0$, равновесие соответствующих одноименных ЭДС в фазах обмоток синхронизации датчика и приемника нарушается, и между одноименными зажимами их обмоток синхронизации действуют напряжения, равные разности ЭДС соответствующих фаз сельсина-датчика и сельсина приемника:

$$\dot{E}_1 = \dot{E}_{1d} - \dot{E}_{1n}; \quad \dot{E}_2 = \dot{E}_{2d} - \dot{E}_{2n}; \quad \dot{E}_3 = \dot{E}_{3d} - \dot{E}_{3n}. \quad (4)$$

Принимая полные сопротивления фаз обмоток синхронизации сельсина-датчика и сельсина-приемника с учетом сопротивлений линий связи одинаковыми ($\ddot{i}_d = \ddot{i}_n = \ddot{i}$), можно найти уравнительные токи в линиях связи и фазах:

$$\dot{i}_1 = \dot{E}_1 / 2Z; \quad \dot{i}_2 = \dot{E}_2 / 2Z; \quad \dot{i}_3 = \dot{E}_3 / 2Z. \quad (5)$$

Эти токи, взаимодействуя с магнитными потоками обмоток возбуждения сельсина-датчика и сельсина-приемника, в каждом из них создают вращающий момент M_c , под действием которого система стремится вернуться в согласованный режим. Если положение ротора сельсина-датчика зафиксировано под углом α_d , то под действием синхронизирующего момента M_c ротор сельсина-приемника повернется на угол $\alpha_n = \alpha_d$, при котором в системе восстановится согласованное состояние. Таким образом, осуществляется дистанционная синхронная передача угла в индикаторном режиме. Значение синхронизирующего момента при этом зависит от угла рассогласования θ :

$$M_c = M_{\max} \cdot \sin\theta, \quad (6)$$

где M_{\max} – наибольший (максимальный) синхронизирующий момент при угле рассогласования $\theta = 90^\circ$ и постоянном угле сдвига Ψ

между током и ЭДС цепи.

В реальных условиях вследствие наличия реакции ротора и непостоянства активных и индуктивных сопротивлений фаз обмотки синхронизации сельсинов зависимость $M_c(\theta)$ несколько отличается от синусоидальной. При этом максимум смещен либо влево, либо вправо от углов 90° и 270° .

Для системы синхронной связи, с точки зрения точности, основное значение имеет не максимальное значение синхронизирующего момента, а крутизна его нарастания при малых углах рассогласования. В качестве показателя крутизны нарастания синхронизирующего момента принимают удельный синхронизирующий момент, реализуемый на валу сельсина-приемника при угле рассогласования $\theta = 1^\circ$, который определяют из выражения:

$$M'_{cy} = \left(\frac{dM_c}{d\theta} \right)_{\theta \rightarrow 0^\circ} . \quad (7)$$

При работе сельсинной пары угол рассогласования при отсутствии нагрузки на валу сельсина-приемника теоретически должен быть равен нулю. Однако вследствие наличия трения и других причин роторы сельсинов всегда сдвинуты на некоторый угол статической ошибки $\Delta\theta_c$. В зависимости от угла статической ошибки сельсины делятся на три класса точности:

I класс -	датчик:	$\Delta\theta_c$ от 0° до $\pm 0,25^\circ$
	приемник:	$\Delta\theta_c$ от 0° до $\pm 0,75^\circ$
II класс -	датчик:	$\Delta\theta_c$ от $\pm 0,25^\circ$ до $\pm 0,5^\circ$
	приемник:	$\Delta\theta_c$ от $\pm 0,75^\circ$ до $\pm 1,5^\circ$
III класс -	датчик:	$\Delta\theta_c$ от $\pm 0,5^\circ$ до $\pm 1,0^\circ$
	приемник:	$\Delta\theta_c$ от $\pm 1,5^\circ$ до $\pm 2,5^\circ$

Основное требование при работе в данном режиме сводится к получению наиболее точной передачи угла поворота. На практике часто применяется система, в которой один сельсин-датчик соединяется с несколькими или даже с десятками сельсинов-приемников. Тогда один датчик одновременно управляет положением роторов многих приемников. В этом случае мощность датчика должна быть больше мощности одного приемника.

Трансформаторный режим работы сельсинов применяется для дистанционного управления следящими приводами в различных системах автоматики при необходимости преодоления значительных моментов сопротивления. При работе системы индукционной синхронной связи в данном режиме соединение сельсина-датчика и сельсина-приемника

выполняют по схеме, приведенной на рисунке 3.

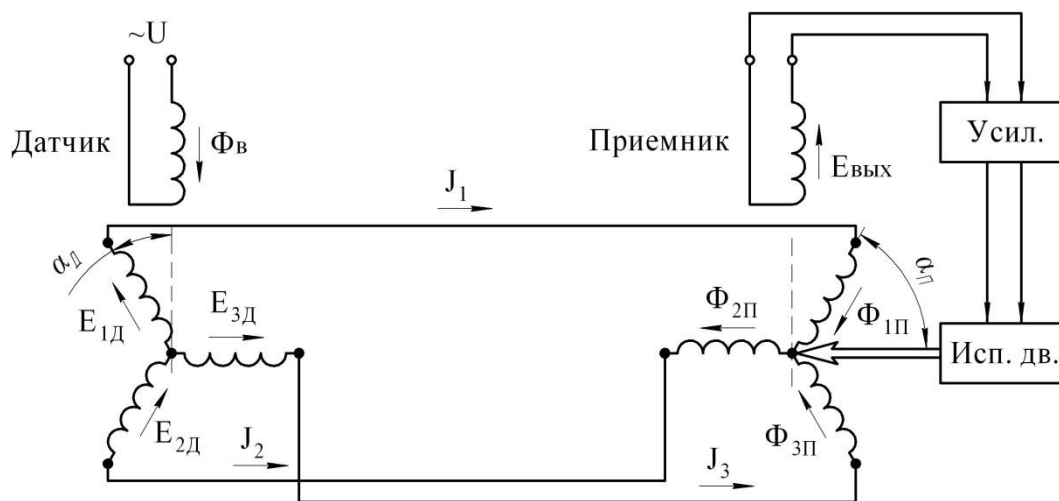


Рисунок 3. Схема работы сельсинов в трансформаторном режиме

Обмотка возбуждения сельсина-датчика питается от однофазной сети переменного тока. Обмотка возбуждения сельсина-приемника не присоединяется к питающей сети и является выходной. В ней индуцируется ЭДС, создаваемая суммарной магнитодвижущей силой фаз обмотки синхронизации сельсина-приемника. Магнитодвижущая сила каждой фазы обмотки синхронизации сельсина-приемника создается токами, обусловленными действием ЭДС в фазах обмотки синхронизации сельсина-датчика. Результирующий магнитный поток сельсина-приемника будет пульсирующим и направленным в общем случае под углом $\theta = \alpha_d - \alpha_p$ к оси выходной обмотки сельсина-приемника. ЭДС, наводимая этим потоком в выходной обмотке сельсина-приемника, может быть найдена из выражения:

$$E_{\text{вых}} = E_m \cdot \cos\theta, \quad (8)$$

где E_m – амплитудное (максимальное) значение выходной ЭДС при угле рассогласования $\theta = \alpha_d - \alpha_p = 0$.

Для практического использования трансформаторного режима рассматриваемой системы синхронной связи удобно, чтобы зависимость $E_{\text{вых}}(\theta)$ была синусоидальной, т.е. чтобы в режиме согласования θ и $E_{\text{вых}}$ были равны нулю. При этом ось обмотки возбуждения сельсина-приемника будет перпендикулярна оси результирующего магнитного потока. Это достигается тем, что ротор сельсина-приемника смещают на

постоянный угол, равный 90° , и это положение принимают за начальное. Вследствие этого, за начало отсчета угла сельсина-приемника $\alpha_{\text{п}}$ принимается ось, перпендикулярная оси однофазной выходной обмотки.

В этом случае при нулевом угле рассогласования $\theta = 0$ выходная ЭДС $E_{\text{вых}} = 0$, а зависимость $E_{\text{вых}}(\theta)$ представлена в следующем виде:

$$E_{\text{вых}} = E_{\text{м}} \cdot \sin\theta. \quad (9)$$

Таким образом, сельсин-приемник при работе в трансформаторном режиме синхронной связи самостоятельно не обрабатывает заданный сельсином-датчиком угол $\alpha_{\text{д}}$, а лишь индуцирует ЭДС выходной обмотки, изменяющейся по закону синуса от угла рассогласования θ . Это напряжение (ЭДС) подается на усилитель, в качестве которого можно использовать электронный, электромашинный или магнитный усилители. С его выхода усиленное напряжение подается на обмотку управления исполнительного электродвигателя, ротор которого жесткой механической передачей связан с ротором сельсина-приемника. Ротор исполнительного электродвигателя и ротор сельсина-приемника поворачиваются на угол, при котором система СД-СП приходит в согласованное положение, т.е. напряжение на выходной обмотке сельсина-приемника станет равным нулю ($E_{\text{вых}} = 0$). Основное значение в трансформаторном режиме имеет точность углового поворота ротора приемника.

5. ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ СЕЛЬСИНОВ

Сельсин-датчик

Тип сельсина.....	однофазный бесконтактный БД1404
Номинальная частота напряжения питающей сети, Гц.....	50
Номинальное напряжение возбуждения, В.....	110
Ток возбуждения, А.....	2,3
Максимальное вторичное линейное напряжение, В.....	100
Сопротивление обмотки возбуждения, Ом.....	52
Сопротивление обмотки синхронизации (между двумя зажимами), Ом.....	80

Сельсин-приемник

Тип сельсина.....	однофазный бесконтактный БД1404
Номинальная частота напряжения питающей сети, Гц.....	50

Номинальное напряжение возбуждения, В.....	110
Ток возбуждения, А.....	2,3
Максимальное вторичное линейное напряжение, В.....	100
Максимальный синхронизирующий момент, Н·м.....	0,25
Удельный синхронизирующий момент, Н·м/град.....	0,12

6. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

К выполнению лабораторных работ допускаются студенты, прошедшие инструктаж по охране труда при выполнении лабораторных работ по дисциплине «Автоматизация производственных процессов». При выполнении лабораторных работ студенты обязаны соблюдать общие правила техники безопасности при работе в лаборатории, поддерживать порядок и дисциплину. Лабораторная работа должна выполняться под присмотром преподавателя.

При работе с приборами необходимо соблюдать общие правила электробезопасности. Запрещается включать оборудование без разрешения преподавателя. Запрещается заниматься самостоятельным ремонтом приборов. При обнаружении неисправностей в приборах необходимо отключить его от сети и доложить об этом преподавателю.

7. ЛИТЕРАТУРА

1. Волынский Б.А., Зейн Е.Н., Шатерников В.Е. Электротехника: Учебное пособие для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 528 с.
2. Касаткин А.С., Немцов М.В. Электротехника: Учебное пособие для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 440 с.
3. Харизоменов И.В. Электрооборудование и электроавтоматика металлорежущих станков. – М.: Машиностроение, 1975. – 264 с.
4. Баканов М.В., Лыска В.А., Алексеев В.В. Информационные микромашинные следящих и счетно-решающих систем (вращающиеся трансформаторы, сельсины). Москва, Издательство «Советское радио», 1977. – 88 с.
5. Матвеев, Ю. В. Электротехника : учебное пособие / Ю. В. Матвеев. — Севастополь : СевГУ, 2020. — 129 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/164929>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Лабораторная работа № 1

ОЗНАКОМЛЕНИЕ С КОНСТРУКЦИЕЙ КОНТАКТНОГО И БЕСКОНТАКТНОГО СЕЛЬСИНОВ

Продолжительность работы 4 часа.

Цель: Ознакомление с конструкцией контактного и бесконтактного сельсинов.

Задание:

1. Ознакомиться с конструкцией однофазного контактного и бесконтактного сельсинов.
2. Изучить принцип работы сельсинов в индикаторном и трансформаторном режимах.
3. Оформить отчет.

Оборудование и приборы: однофазный бесконтактный сельсин БД1404.

Содержание отчета:

1. Титульный лист (см. Приложение 1).
2. Название работы.
3. Цель работы.
4. Задание.
5. Оборудование и приборы.
6. Назначение сельсинов и их виды.
7. Основные технические параметры сельсинов.
8. Устройство бесконтактного сельсина и принцип его работы.
9. Описание работы сельсинов в индикаторном режиме.
10. Описание работы сельсинов в трансформаторном режиме.
11. Выводы.

Отчет оформляется индивидуально для каждого студента на двойном тетрадном листе. При необходимости вкладываются дополнительные листы.

Вопросы для самоконтроля

1. Для чего предназначены сельсины?
2. Где расположены статорные и роторные обмотки соответственно контактного и бесконтактного сельсинов?
3. Расскажите устройство бесконтактного сельсина и поясните назначение его основных частей.
4. Объясните принцип действия сельсинов.
5. Что такое сельсин?
6. Где используются сельсины?

7. От какого параметра зависит класс точности сельсина?

Лабораторная работа № 2

ИЗУЧЕНИЕ РАБОТЫ СЕЛЬСИНА В ИНДИКАТОРНОМ РЕЖИМЕ

Продолжительность работы 2 часа.

Цель: Изучить работу сельсинов в индикаторном режиме.

Задание:

1. Исследовать работу сельсинной пары в индикаторном режиме.
2. Снять зависимость синхронизирующего момента сельсина от угла рассогласования при работе сельсинной пары в индикаторном режиме.
3. Оформить отчет.

Оборудование и приборы:

1. Однофазный бесконтактный сельсин БД1404;
2. Источник питания постоянного тока БИСЭР.

Содержание отчета:

1. Титульный лист (см. Приложение 1).
2. Название работы.
3. Цель работы.
4. Задание.
5. Оборудование и приборы.
6. Последовательность выполнения работы.
7. Таблицы 1 и 2.
8. Определение класса точности сельсинной пары.
9. График зависимости $M_c(\theta)$.
10. Выводы.

Отчет оформляется индивидуально для каждого студента на двойном тетрадном листе. При необходимости вкладываются дополнительные листы.

Методические указания по выполнению работы.

Исследовать работу сельсинной пары в индикаторном режиме для этого необходимо:

1. Согласно принципиальной схеме (рисунок 4) собрать электрическую цепь (рисунок 5);

2. Подать напряжение на обмотки возбуждения сельсинов равное номинальному – 110 В. Напряжение на обмотки возбуждения подается от регулируемого источника переменного напряжения;
3. Установить груз на планке сельсина-приемника в нулевое положение;
4. Ротор сельсина-датчика установить по лимбу в нулевое положение и зафиксировать стопорным устройством;
5. Отсчитать по лимбу сельсина-приемника угол отработки $\alpha'_п$, принять его за нулевое значение $\alpha'_п = \alpha_{по}$ и записать в таблицу 1;
6. Изменяя угол поворота сельсина-датчика $\alpha_д$, регистрировать угол отработки сельсина приемника, исходя из выражения:

$$\alpha_п = \alpha'_п - \alpha_{по}, \quad (10)$$

где: $\alpha_п$ – угол отработки ротора сельсина-приемника; $\alpha'_п$ – значение угла поворота ротора сельсина-приемника от нуля лимба.



Рисунок 4. Принципиальная схема работы сельсинной пары в индикаторном режиме

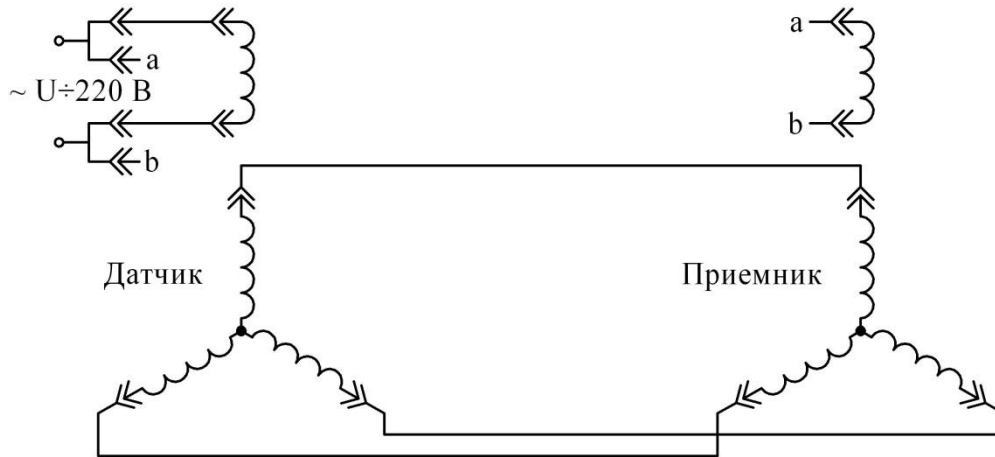


Рисунок 5. Схема для сборки электрической цепи при работе сельсинной пары в индикаторном режиме

Результаты измерений записать в таблицу 1. При работе сельсинной пары в индикаторном режиме исследования необходимо проводить быстро во избежание недопустимого перегрева обмоток статора.

7. По результатам измерений (таблица 1) определить класс точности сельсинной пары. Угол статической ошибки равен среднеарифметическому значению:

$$\Delta\theta_{cp} = \frac{[(+\Delta\theta) + (-\Delta\theta)]}{2}, \quad (11)$$

где: $+\Delta\theta$ и $-\Delta\theta$ - соответственно наибольшее и наименьшее отклонения угла рассогласования.

Таблица 1

Результаты измерений

Угол отработки СД	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°	360°
Угол отработки СП													
Угол статической ошибки													

Снять зависимость синхронизирующего момента от угла рассогласования $M_c(\theta)$ при работе сельсинной пары в индикаторном режиме для этого необходимо:

1. Установить подвижный груз на лимбе сельсина-приемника в нулевое положение, а планку, по которой он перемещается, в строго

горизонтальное положение (нулевое положение ротора по лимбу) и зафиксировать стопором;

2. Записать начальное угловое положение по лимбу $\alpha_{до}$ ротора сельсина-датчика и зафиксировать его стопорным устройством. Это положение ротора сельсина-датчика принимается за исходный нуль; отсчет угла поворота ротора сельсина-датчика производят, исходя из выражения:

$$\alpha_{д} = \alpha'_{д} - \alpha_{до}, \quad (12)$$

где: $\alpha_{д}$ – угол поворота ротора сельсина-датчика от исходного положения;

$\alpha'_{д}$ – значение угла поворота ротора сельсина-датчика от нуля лимба;

3. Задать момент на валу ротора сельсина-приемника смещением по штанге подвижного груза на один-два деления от нулевого положения;

4. Ротор сельсина-датчика, предварительно расстопорив оба сельсина, повернуть на угол, при котором ротор сельсина-приемника повернется в прежнее положение (нулевое положение по лимбу); произвести отсчет угла поворота ротора сельсина-датчика, результат записать в таблицу 2. Угол рассогласования θ , в этом случае, определяется как равный углу поворота ротора сельсина-датчика, так как угол поворота ротора сельсина-приемника остается в новом установившемся режиме работы системы неизменным ($\alpha_{п} = 0$), при этом $\theta = \alpha_{д} - \alpha_{п} = \alpha_{д}$;

5. Далее, по указанной методике, снять несколько точек зависимости $M_c(\theta)$ в диапазоне изменения угла поворота ротора сельсина-датчика $0 \dots 60^\circ$;

6. По результатам измерений (таблица 2) построить зависимость синхронизирующего момента от угла рассогласования $M_c(\theta)$.

Таблица 2

Результаты измерений

Плечо груза L , мм									
Синхронизирующий момент M_c , Н·м									
Угол рассогласования $\theta = \alpha_{д}$, град									

Синхронизирующий момент определяют по формуле:

$$M_c = m \cdot L, \quad (13)$$

где: m – масса подвешиваемых грузов; L – плечо груза.

Вопросы для самоконтроля

1. Объясните работу сельсинов в индикаторном режиме.
2. Поясните значение систем синхронной связи.
3. Объясните, почему роторы неподвижны, если угол рассогласования равен нулю?
4. Какие факторы влияют на синхронизирующий момент сельсина?
6. Как изменяются напряжения в обмотках синхронизации сельсинов при возникновении угла рассогласования?

Лабораторная работа № 3

ИЗУЧЕНИЕ РАБОТЫ СЕЛЬСИНА В ТРАНСФОРМАТОРНОМ РЕЖИМЕ

Продолжительность 2 часа.

Цель: Изучить работу сельсинов в трансформаторном режиме.

Задание:

1. Исследовать работу сельсинной пары в трансформаторном режиме.
2. Снять зависимость выходного напряжения сельсина-приемника от угла рассогласования.
3. Оформить отчет.

Оборудование и приборы:

1. Однофазный бесконтактный сельсин БД1404;
2. Источник питания постоянного тока БИСЭР.

Содержание отчета:

1. Титульный лист (см. Приложение 1).
2. Название работы.
3. Цель работы.
4. Задание.
5. Оборудование и приборы.
6. Последовательность выполнения работы.
7. Таблица 3.
8. График зависимости $U_d(\theta)$.
9. Выводы.

Отчет оформляется индивидуально для каждого студента на двойном тетрадном листе. При необходимости вкладываются дополнительные листы.

Методические указания по выполнению работы.

Исследовать работу сельсинной пары СД-СП в трансформаторном режиме и снять зависимость действующего значения выходного напряжения на зажимах обмотки возбуждения сельсина-приемника от угла рассогласования θ для этого необходимо:

1. Согласно принципиальной схеме (рис. 6) собрать электрическую цепь (рис. 7);
2. Установить начало отсчета углов рассогласования. С этой целью ротор сельсина-датчика закрепить в нулевом положении по лимбу, а ротор сельсина-приемника зафиксировать стопором в положении, при котором выходное напряжение (напряжение на зажимах обмотки возбуждения) отсутствует или будет минимальным;
3. Расстопорив ротор сельсина-датчика, повернуть его на заданный угол рассогласования от 0° до 180° , произвести измерения выходного напряжения сельсина-приемника. Результаты измерения записать в таблицу 3.
4. По результатам измерений (таблица 3) построить зависимость действующего значения выходного напряжения сельсина-приемника от угла рассогласования сельсинной пары, т.е. $U_{\text{п}}(\theta)$; угол рассогласования рассчитывают по значению угла поворота ротора сельсина-датчика $\theta = \alpha_{\text{д}}$.

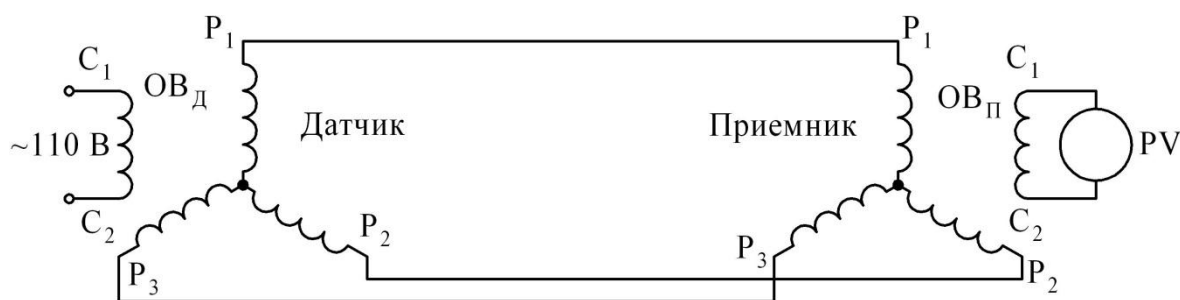


Рисунок 6. Принципиальная схема работы сельсинной пары в трансформаторном режиме

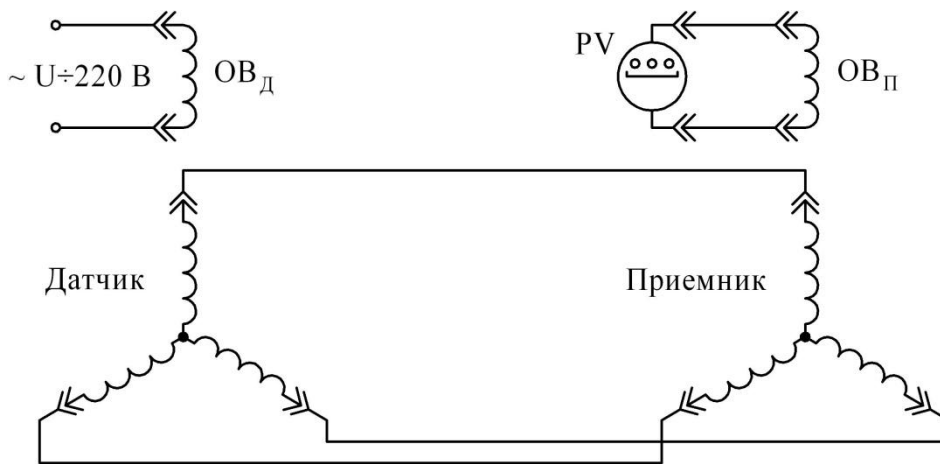


Рисунок 7. Схема для сборки электрической цепи при работе сельсинной пары в трансформаторном режиме

Таблица 3

Результаты измерений

Угол рассогласования $\theta = \alpha_d$, град	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°	105°	120°	135°	150°	165°	180°
Выходное напряжение U_n , В													

Вопросы для самоконтроля

1. В каких случаях используется система синхронной связи в трансформаторном режиме?
2. Изобразите схему трансформаторного режима работы сельсинной пары и объясните работу системы синхронной связи в этом режиме.
3. Какие факторы влияют на синхронизирующий момент сельсина?
4. Укажите преимущества и недостатки систем синхронной связи в индикаторном и трансформаторном режимах работы.

Форма титульного листа отчета по лабораторной работе

Министерство науки и высшего образования РФ
Юргинский технологический институт (филиал)
Национального исследовательского
Томского политехнического университета

Направление «Машиностроение»

Отчет по лабораторной работе №

Название лабораторной работы

Исполнитель

Студент, номер группы _____ (подпись) И.О. Фамилия
(дата)

Руководитель

(должность, ученая степень, звание) _____ (подпись) И.О. Фамилия
(дата)

Юрга 20__

Учебное издание

ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ И РЕЖИМОВ РАБОТЫ ОДНОФАЗНЫХ КОНТАКТНЫХ И БЕСКОНТАКТНЫХ СЕЛЬСИНОВ

Методические указания к выполнению лабораторных работ
по дисциплине «Автоматизация производственных процессов»
для студентов дневной формы обучения, обучающихся по направлению
15.03.01 «Машиностроение»

Составитель
ЛАСУКОВ Александр Александрович

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

Подписано к печати _____.____.2022 г. Формат 60x84/16 Бумага «Снегурочка».
Печать CANON. Усл. печ.л. 1,22. Уч-изд. л. 1,12.
Заказ _____. Тираж 15 экз.



Издательство

Юргинский технологический институт (филиал)
Томского политехнического университета