

Владимирский государственный университет

ДАТЧИК СИСТЕМ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ

Методические указания к лабораторным работам

Владимир 1997

Министерство общего и профессионального образования
Российской Федерации

Владимирский государственный технический университет
Кафедра автоматизации технологических процессов

ДАТЧИКИ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ
Методические указания к лабораторным работам

Составители
Е.А.БАЛАНДИНА
А.А.НАЗАРОВ

Владимир 1997

УДК 621.865.8(075.8)

Датчики систем контроля и управления: Метод.указания к лабораторным работам /Владим.гсс.техн.ун-т; Ссст.: Е.А.Баландина, А.А.Назаров. Владимир, 1997. 52 с.

Предназначены для студентов спец. 2102 и 2103 при выполнении лабораторных работ по дисциплинам "Датчики систем контроля и управления", "Информационные устройства роботов", "Измерительные преобразователи".

Назаров А.А. составил лаб.раб. N 1, 2, 3, Баландина Е.А. -лаб.раб. N 4, 5.

Рис.18. Табл.7. Библиогр.: 14 назв.

Печатается по решению редакционно-издательского совета Владимирского государственного технического университета.

Рецензент: д-р техн.наук Ю.В.Подураев (Московский государственный технический университет "СТАНКИН").

ДАТЧИКИ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ

Методические указания к лабораторным работам

Составители

БАЛАНДИНА Елена Алексеевна

НАЗАРОВ Алексей Александрович

Ответственный за выпуск - зав.кафедрой профессор В.Ф.Коростелев

Редактор А.П.Володина

Лицензия N 020275 от 13.11.96 г.

Подписано в печать 15.12.96, Формат 60x84/16. Бумага для множит, техники. Печать офсетная. Гарнитура Тайме. Усл.печ.л. 3,02. Уч.-изд.л. 3.Щираж 75 экз. Зак. 1-97 Владимирский государственный технический университет. Подразделение оперативной полиграфии Владимирского государственного технического университета.

Адрес университета и подразделения оперативной полиграфии: 600026 Владимир, ул.Горького, 47.

ВВЕДЕНИЕ

Современный этап развития робототехники определяется исследованиями, направленными на создание, совершенствование и внедрение в производство новых типов роботов - адаптивных, способных функционировать в условиях изменения внешней среды.

Отличительной особенностью адаптивных роботов является наличие достаточно развитой и совершенной системы осязания, назначение которой - сбор информации об окружающей среде, объекте манипулирования, внутреннем состоянии роботов, задающих сигналах и приведение их к форме, удобной для использования в системе управления роботом. Это предполагает выполнение как минимум двух функций:

формирование сообщения (сбор информации и фиксация ее в определенной форме);

кодирование сообщений (преобразование сообщений в тот или иной вид сигнала и передача его в систему управления роботом).

Для реализации данных функций информационные системы содержат датчики, преобразователи сигналов и линий связи. С точки зрения своего назначения информационные системы так же, как и системы управления роботами, подразделяются на системы исполнительного, тактического и стратегического уровня управления.

Данные методические указания предназначены для изучения и исследования датчиков информационных систем промышленных роботов исполнительного и тактического уровней управления для студентов специальностей 2102 "Автоматизация технологических процессов" и 2103 "Роботы и робототехнические системы" по дисциплинам "Измерительные преобразователи", "Датчики систем контроля и управления" и "Информационные устройства промышленных роботов".

ИССЛЕДОВАНИЕ ИНДУКЦИОННЫХ ДАТЧИКОВ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ

Цель работы. Изучение принципа действия, конструкции и экспериментальное определение характеристик индукционных датчиков перемещений.

1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Измерительные устройства (ИУ) предназначены для точного измерения перемещения подвижных органов станка, робота и замыкания системы ЧПУ по цепи главной обратной связи. В общем случае ИУ (рис.1.1) состоит из нескольких датчиков положения (ДП), оси которых соединены редукторами между собой и с подвижным органом, в данном случае с подвижным органом и с ходовым винтом. Выходной сигнал с ДП подается на преобразующее устройство (ПУ), которое преобразует выходной сигнал ДП в форму рабочего сигнала системы ЧПУ. Каждый из датчиков работает в определенном диапазоне измерения. В зависимости от величины ошибки синхронизатор подключает на вход системы ЧПУ тот или иной ДП.

К ИУ предъявляются следующие основные требования:

- а) заданная точность преобразования перемещения;
- б) точность измерения на всей контролируемой длине перемещения;
- в) стабильность измерения;
- г) помехозащищенность;
- д) надежность.

Основным элементом ИУ являются датчики перемещения линейные и угловые, которые характеризуются следующими основными параметрами.

1. Величина контролируемого перемещения- это максимальная величина линейного L_{\max} или углового перемещения α_{\max} , которая может быть

преобразована в изменение соответствующего физического параметра.

2. Точность датчика - максимальное отклонение (ΔL , $\Delta \alpha$) преобразованного сигнала относительно идеального значения. Ограничивается нелинейными характеристиками датчиков.

3. Чувствительность - отношение выходной величины к входной определяется коэффициентами передачи, или коэффициентом преобразования $K = U_{\text{вых}}/L$, $K = U_{\text{вых}}/\alpha$, $K = \varphi/L = \varphi/\alpha$.

4. Зона нечувствительности или чувствительности (L , α) - минимальная величина, которая может быть преобразована.

5. Стабильность δ - максимальная разность значений параметра, измеряемого многократно.

6. Сопротивление нагрузки - номинальное сопротивление нагрузки, соответствующее лучшему использованию выходного сигнала датчика.

В зависимости от параметра контролируемого перемещения датчики обратной связи бывают линейные и круговые. В некоторых случаях применяют комбинированные измерительные системы, содержащие оба типа датчиков. Ограниченная чувствительность, определяемая минимальным значением преобразуемой величины, большая величина контролируемого перемещения, а также зона нечувствительности привели к разработке и широкому внедрению двух и более отсчетных систем. В двух отсчетных системах датчики соединяются таким образом, что выходной сигнал датчика грубого отсчета (ГО) изменяется до U_{max} за весь контролируемый участок перемещения, а выходной сигнал датчика точного отсчета (ТО) изменяется до U_{max} на значительно меньшем перемещении. Таким образом искусственно повышается крутизна чувствительного элемента. Если в качестве датчиков использовать сельсины или вращающиеся трансформаторы в амплитудном режиме, то их выходное напряжение имеет вид рис.1.2,а. В случае контроля углового перемещения датчик ГО соединяется непосредственно с валом вращения нагрузки, а датчик точного отсчета через повышающий редуктор с передаточным числом как правило $i = 10, 30, 31, 20$. В этом случае при

повороте нагрузки на угол α_1 выходное напряжение датчиков определяется

$$U_{\text{вых}} = U_m \sin(i\alpha).$$

Очевидно, что при повороте нагрузки на угол, соответствующий линейному участку характеристики датчиков, выходное напряжение датчика ТО $U_{m\alpha}$. Однако при угле $\alpha_1 > 90^\circ$ необходимо переходить на датчик грубого отсчета. Устройство, осуществляющее переключение с одного датчика на другой, называется синхронизатором, а угол переключения углом синхронизации. В случае четного передаточного числа между датчиками при рассогласовании 180° появляется «ложный нуль», т.е. при угле перехода с датчика ТО на ГО напряжения датчиков равнополярны и напряжение на входе синхронизатора равно нулю. Для исключения этого берут i нечетным или подают на вход синхронизатора некоторое смещение ΔU . Применение повышающих редукторов с $i > 30$ ограничивается неизбежностью появляющихся люфтов, которые не дают ожидаемого повышения чувствительности.

При образовании линейного перемещения в станках с ЧПУ передаточное число между датчиками выбирается $i = 10$ (Р3, Р4, РБ на рис.1.1), а передаточное число входного редуктора блока датчиков обеспечивает цену оборота датчика грубого отсчета, как правило 1 или 10 м. Например, для схем рис.4 цена оборота датчика ДП1 (Р2) будет 1 м, ДП2-10 см, ДП3-1 см, ДП4-0,1 см. Это значит, что выходное напряжение датчика ДП4 изменяется от 0 до U_{max} при перемещении 0-1 мм, ДП3-0-10 мм, ДП2-а-100 мм, ДП1-0-1000 мм, что обеспечивается соответствующим выбором передаточных чисел редукторов Р8-Р5 ($i_3 = i_4 = i_5 = 10$, а Р2 обеспечивает цену оборота датчика ДП1 1000 мм). Для преобразования перемещений меньше 0,01 мм, как правило, используют линейные индуктосины (ДП5), чувствительные элементы которого расположены непосредственно на подвижных органах. Очевидно, что в многоотсчетных системах высокие требования предъявляются к механической передаче блока датчиков (люфт, упругие деформации), а также сочленению его с ходовым винтом подвижного органа (люфт, упругие деформации, эксцентриситет). Погрешность, обусловленная перечисленными факторами должна

быть меньше (в 5 - 10 раз) точности преобразования датчика точного отсчета. Вместе с тем необходимо учитывать габаритные размеры датчиков, конструкцию подвижных органов и другие конструктивные и технологические факторы.

Измерительное устройство

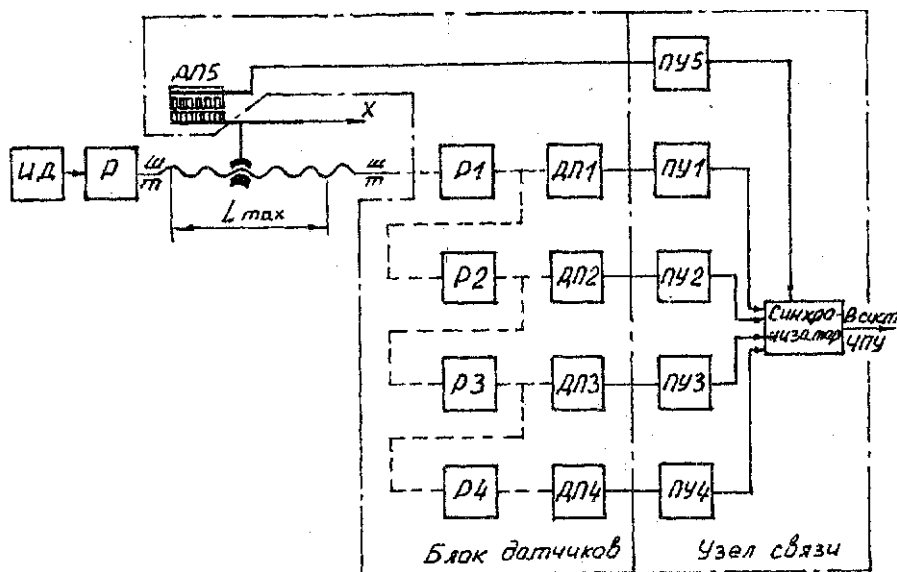


Рис. 1.1. Функциональная схема измерительного устройства

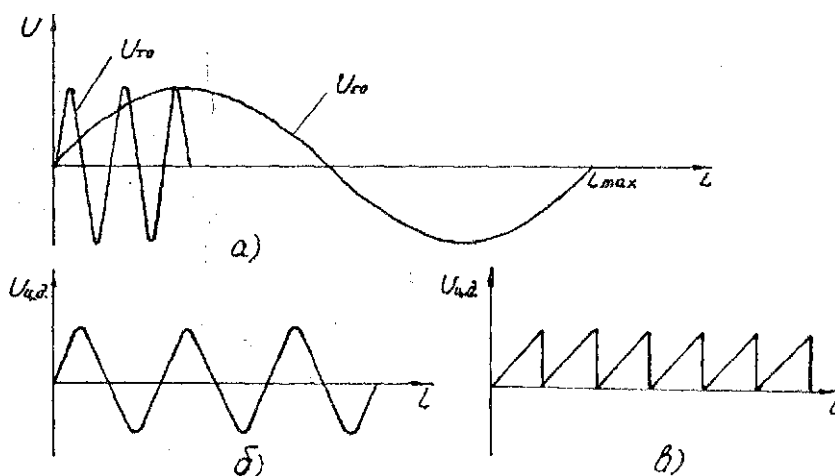


Рис. 1.2. Выходные характеристики датчиков

Циклические датчики, или датчики с электрической редукцией, имеют большую крутизну сигнала, измеряют меньшие перемещения, выходной сигнал повторяется многократно при перемещении на максимальную величину или на

полный оборот для круговых датчиков (рис.1.2,б, 1.2,в). Циклические датчики целесообразно использовать в канале точного отсчета многоотсчетной системы, так как эффект увеличения крутизны достигается за счет конструкции датчика, а не применением повышающего редуктора.

По виду снимаемого сигнала различают амплитудные (уровень выходного напряжения пропорционален контрольному перемещению), фазовые (фазовый сдвиг выходного сигнала относительно опорного пропорционален перемещению) и дискретные датчики. Последние делятся на импульсные (при каждом единичном перемещении формируется один импульс) и цифровые (преобразуемому перемещению соответствует определенный код).

Наибольшее распространение получили индукционные датчики. В зависимости от принципа действия и конструктивного исполнения различают сельсины, микросины, вращающиеся трансформаторы, редуктосины, индуктосины, винтовые и импульсные датчики.

Сельсины

Это индукционные электрические машины переменного тока с частотой напряжения Питания 50, 400, 500, 1000 Гц. По конструктивному исполнению токосъема бывают контактные и бесконтактные. В схемах автоматики работают в транспортном и индикаторном режимах. В этих режимах используются, как правило, два сельсина, один из которых является датчиком (СД), а второй - приемником (СП).

При включении в индикаторном режиме (рис.1.3, а) напряжение возбуждения U_B подается одновременно на оба статора. В роторных обмотках обеих датчиков наводятся ЭДС. При одинаковых углах поворота датчиков $\alpha_d = \alpha_n$ эти ЭДС равны по величине и направлены встречно, следовательно уравнивающие токи в обмотках роторов равны нулю. При $\alpha_d = \alpha_n$ возникают уравнивающие токи, которые, взаимодействуя с магнитными потоками возбуждения каждого сельсина, создают электромагнитные вращающие моменты, стремящиеся устанавить роторы сельсинов приемника и датчика в согласованных положениях. При неподвижной оси датчика возникает синхронизирующий момент $M_{\text{синх}} =$

$M_{\max} \sin (\alpha_d - \alpha_n)$, который поворачивает ротор сельсина приемника на угол $\alpha_d - \alpha_n$. Такое включение используется для дистанционной передачи угла с невысокой точностью 3-5°.

Для изменения угловых перемещений сельсины включаются в трансформаторном режиме (рис.1.3,б). Напряжение возбуждения U_B подается на сельсин - датчик, а выходное напряжение снимается со статорной обмотки сельсина приемника. При подаче на статор датчика U_B в роторных обмотках наводятся ЭДС, которые создают уравнивающие токи

$$E_{CD1} = E_m \cos \alpha_n;$$

$$E_{CD2} = E_m \cos (\alpha_n - 120^\circ); \quad (1)$$

$$E_{CD3} = E_m \cos (\alpha_n + 120^\circ);$$

$$I_1 = E_{CD1}/2Z;$$

$$I_2 = E_{CD2}/2Z; \quad (2)$$

$$I_3 = E_{CD3}/2Z;$$

где Z - полное сопротивление каждой обмотки.

Эти токи создают пульсирующие магнитные потоки, которые в однофазной обмотке статора сельсина-приемника индуцируют ЭДС:

$$E_{CD1} = KI_1 \cos \alpha_n;$$

$$E_{CD2} = KI_2 \cos (\alpha_n - 120^\circ); \quad (3)$$

$$E_{CD3} = KI_3 \cos (\alpha_n + 120^\circ);$$

Суммарное выходное напряжение определяется

$$U_{\text{вых}} = E_{CD1} - E_{CD2} + E_{CD3}. \quad (4)$$

Подставляя (1) - (3) в (4), получим

$$E_{CT1} = KI_1 \cos \alpha_n = \frac{KE_{CD1}}{2Z} \cos \alpha_n = \frac{KE_m}{2Z} \cos \alpha_d \cos \alpha_n;$$

аналогично определяются E_{CT2} ; E_{CT3} . Тогда $E_{\text{вых}} = KE_m/2Z = (\cos \alpha_d \cos \alpha_n + \cos (\alpha_d - 120^\circ) \cos (\alpha_n - 120^\circ) + \cos (\alpha_d + 120^\circ) \cos (\alpha_n + 120^\circ))$;

после преобразования получим $U_{\text{вых}} = U_{\max} \cos (\alpha_d - \alpha_n) = U_{\max} \cos \varepsilon$,

где $\varepsilon = \alpha_d - \alpha_n$; $U_{\max} = 3/4 * KE_m/Z$.

При $\varepsilon = 0$ имеем $U_{\text{вых}} = U_{\text{max}}$. Если развернуть статор или ротор одного из сельсинов на угол 90° , $U_{\text{вых}} = U_{\text{max}} \sin \delta$. Точность измерения угла составляет 1-2°. Поэтому на сельсинах используют две и более отсчетные измерительные системы. При использовании в станках с ЧПУ вместо сельсина-датчика используют цифровой аналоговый преобразователь, который управляется кодом программ и формирует соответствующие величины ЭДС в цепи синхронной связи (рис.3, а) в зависимости от требуемого перемещения.

Скорость вращения сельсина ограничена и должна быть не более (3 - 5%) от скорости вращения магнитного потока возбуждения. Кроме этого на точность работы сельсинов влияют следующие конструктивные и технологические погрешности:

- а) фазовая асимметрия сельсинов, т.е. неравенство сопротивления фазовых обмоток;
- б) различная магнитная проводимость в разных направлениях пакетов статора и ротора;
- в) эксцентриситет ротора;
- г) несинусоидальность кривых изменений взаимной индуктивности статорной и роторной обмоток при изменении угла рассогласования;
- д) зубцовые пульсации;
- е) погрешности при работе нескольких приемников одного датчика. В зависимости от точности изготовления сельсины делятся на 4 класса: I, II, III и класс А.

Эти конструктивные погрешности вызывают синфазную и квадратурную составляющие. Как правило измерительные системы на сельсинах выполняются по 2, 3 и 4-отчетной схеме.

Квадратурная погрешность сдвинута на 90° относительно основного сигнала и поэтому может быть отфильтрована. Синфазная погрешность совпадает по фазе с основным сигналом и поэтому не может быть отфильтрована. Для ее компенсации вводится симметрирующее напряжение ("баланс").

Вращающиеся трансформаторы

Вращающиеся трансформаторы (ВТ) представляют собой электрические индукционные машины с неявно выраженными полюсами. Их применяют в качестве счетно-решающих элементов, вырабатывающих напряжения пропорционально синусу и косинусу угла поворота ротора α , а также самому углу. Кроме того, ВТ применяют в качестве чувствительных элементов в следящих приводах, включая их в амплитудном и фазовых режимах; для этих целей можно использовать одну и ту же машину путем различного включения ее обмоток. Конструктивно ВТ выполняют так же, как и асинхронные двигатели с фазным ротором. В пазах статора размещены две взаимно перпендикулярные однофазные обмотки - возбуждения и квадратурная. На роторе размещены также две взаимно перпендикулярные обмотки - синусная и косинусная. Обычно обе статорные обмотки выполняют с одним и тем же числом витков, одним и тем же обмоточным проводом, по одной и той же схеме намотки. Обе роторные обмотки также выполняют одинаковыми. ВТ имеют конструкции двух видов - с ограниченным углом поворота ротора и с неограниченным.

В зависимости от формы вырабатываемого сигнала вращающиеся трансформаторы делят на линейные (ЛВТ), синусно-косинусные (СКВТ) и масштабные (МЕТ). В роторных обмотках СКВТ при подаче напряжения питания U_0 и включенной нагрузке Z_1 и Z_2 (рис.1.4, а) наводятся ЭДС, определяемые следующими уравнениями

$$U_1 = \frac{KU_0 \sin \alpha}{1 + a \cos^2 \alpha}; \quad U_2 = \frac{KU_0 \cos \alpha}{1 + a \sin^2 \alpha}$$

где $K = W_1/W_c$ - коэффициент трансформации, U_0 - напряжение, приложенное к статорной обмотке, a - постоянный коэффициент.

Из этих уравнений видно, что происходит искажение выходного сигнала из-за наличия членов $a \cdot \sin^2 \alpha$, $a \cdot \cos^2 \alpha$. Физически это искажение можно объяснить появлением при этом поперечного потока, т.е. поперечной реакции ротора. Чтобы устранить это искажение, в ВТ на практике применяют первичное или вторичное симметрирование, т.е. устраняют погрешность от реакции якоря

ротора путем компенсации.

После симметрирования уравнения примут вид

$$U_1 = K U_o \sin \alpha; \quad U_2 = K U_o \cos \alpha.$$

Линейный вращающийся трансформатор ЛВТ получается СКВТ особым включением обмоток (рис.1.4,б). При этом на выходе ЛВТ при углах поворота ротора в пределах $\pm 60^\circ$ и коэффициента трансформации можно с точностью не менее 0,01 получить

$$U_1 = K_1 U_o \alpha, \quad \text{где } K_1 = K_l + K.$$

Высокая точность ВТ (особенно типа ВТМ) дает возможность использовать их в качестве чувствительных элементов следящих приводов подачи станков. При этом ВТ включают в амплитудном или фазовом режимах.

Схема включения СКВТ в трансформаторном режиме приведена на рис.1.4,в. При одинаковом угловом положении роторов (СКВТ) датчика и приемника $U_{\text{вых}} = 0$. При повороте СКВТ датчика на угол α_d и неподвижном роторе СКВТ приемника вектор магнитного потока ротора СКВТ приемника повернется на угол α_n . Напряжение в выходной обмотке статора СКВТ приемника при этом изменяется по закону $U_{\text{вых}} = K_1 U_o \sin (\alpha_d - \alpha_n)$; в пределах $0-3^\circ$ можно положить, что $U_{\text{вых}} = K_1 U_o \alpha$ при повороте ротора СКВТ приемника на угол $\alpha_d = \alpha_n$, $U_{\text{вых}} = 0$.

В системах ЧПУ ВТ работают, как правило, в фазовом режиме (1), потому что задание управляющего сигнала на перемещение идет в виде фазового сдвига. Для использования ВТ в режиме фазовращателя необходимо, чтобы фазовый сдвиг напряжений питания обмоток статора составлял 90° , т.е. на обмотки статора необходимо подавать ортогональные напряжения, как на схеме рис.1.4,г. В выходной обмотке ротора наводится напряжение $U_{\text{вых}}$, являющееся суммой на-пряжений, возбуждаемых в ней каждой из входных обмоток в отдельности, т.е. $U_1 = U_m \sin \omega t$; $U_2 = U_m \cos \omega t$;
 $U_{\text{вых}} = U_m \sin \omega t \cos \alpha + U_m \cos \omega t \sin \alpha = U_m \sin(\omega t + \alpha)$;

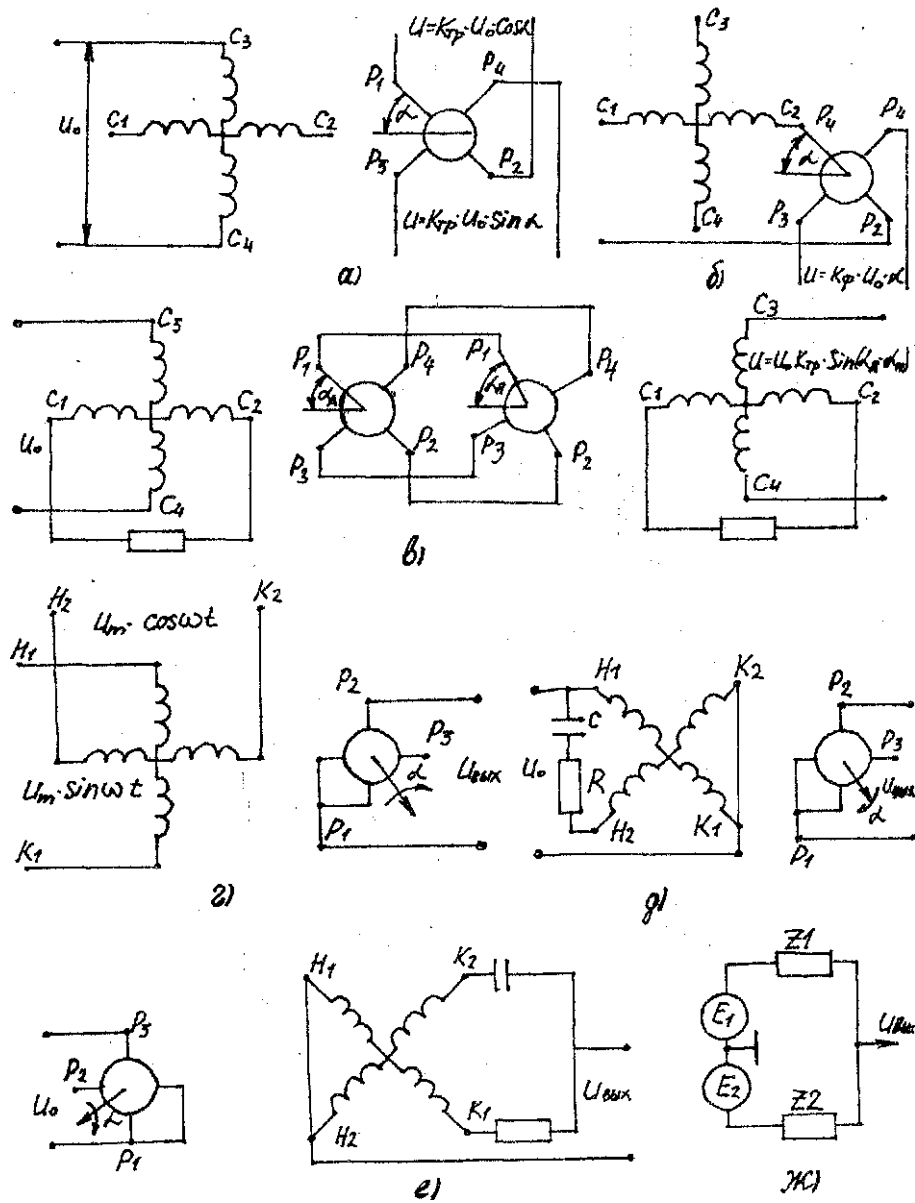


Рис. 1.4. Вращающиеся трансформаторы

фаза выходного напряжения пропорциональна углу поворота ротора. Если рассмотреть расположение на комплексной плоскости двух перпендикулярных потоков: поля статора Φ_x - вдоль вещественной оси, а Φ_y - вдоль мнимой, то суммарное поле Φ_0 определится

$$\Phi_0 = \Phi_x + j\Phi_y = \Phi_m \cos \omega t + j\Phi_m \sin \omega t = \Phi_m \exp j\omega t.$$

Это поле постоянно по амплитуде и вращается с постоянной угловой скоростью ω . Напряжение, индуцируемое в роторе, расположенном под углом α к действительной оси, определяется $U_0 = j \omega \Phi_m \exp j(\omega t + \alpha)$. Если

ротор вращается равномерно с угловой скоростью $\Omega = \alpha / t$, то 1_0 определяется $1_0 = j(\omega - \Omega) \Phi_m \cdot \exp j(\omega - \Omega)t$.

В этом случае изменяются частота и амплитуда наводимой ЭДС при вращении ротора со скоростью $\omega = \Omega$, $1_0 = 0$. Следовательно, частота вращения ротора должна быть ограничена. Отношение частоты вращения ротора и магнитного поля должно быть не более $\Omega / \omega < 0,2$.

Для использования в режиме фазовращателя по схеме рис.1.4, г необходимо иметь всегда два ортогональных напряжения. На рис.1.4, д представлена схема, в которой сдвиг фаз питающих напряжений создается при помощи RC-цепочки. Определим необходимые значения параметров цепочки, создающие сдвиг 90° . Через обмотку статора протекают токи

$$I_1 = \frac{U_0}{R_L + j\omega L}; \quad I_2 = \frac{U_0}{(R + R_L) + j(\omega L - 1/\omega C)};$$

Для равенства по амплитуде и сдвига по фазе на 90° потоков, создаваемых в статорной обмотке, необходимо обеспечить равенство токов в обмотке и фазовый сдвиг 90° .

Приравнявая амплитуды токов и их фазы с учетом того, что фазовый сдвиг между ними должен быть 90° , получим систему двух уравнений

$$R_L^2 + \omega^2 L^2 = (R + R_L)^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2 ;$$

$$\arctg \omega L/R_L + \arctg((\omega L - 1/\omega C)/(R + R_L)) = \pi/2 .$$

Решая эту систему, получим

$$R = \omega L - R_L; \quad C = 1 / \omega(\omega L - R_L).$$

Недостатком схемы является большая чувствительность к колебаниям частоты напряжения питания, что приводит к нарушению ортогональности и неравенству амплитуд токов в статорной обмотке.

Большое распространение получила схема с размещенным магнитным потоком (рис. 1.4, е). Напряжение возбуждения подается на одну из обмоток ротора, а выходной сигнал снимается с RC-цепочки, включенной последовательно с обмотками статора. Эквивалентная схема такого фазовращателя представлена на рис.1.4, ж. Величина ЭДС $U_{\text{вых}} = E_1 Z_2 - E_2 \cdot Z_1 / Z_1 + Z_2$, если $Z_1 = 1/j\omega C$; при

$$Z_2 = R$$

$$U_{\text{вых}} = \frac{E_1 \cdot 1/j\omega C - E_2 \cdot R}{1/j\omega C + R} = \frac{E_1 - E_2 \cdot j\omega RC}{1 + j\omega RC}$$

Если обеспечивается условие $E_1 = U_m \cos \alpha$; $E_2 = U_m \sin \alpha$, то при достаточно медленном изменении угла имеем

$$U_{\text{вых}} = \frac{\cos \alpha - j\omega R \varepsilon \sin \alpha}{1 + j\omega R \varepsilon}$$

Если обеспечивается $\omega R \varepsilon = 1$, то $U_{\text{вых}} = U_m ((\cos \alpha - j \sin \alpha) / (1 + j))$ или в обычной форме $U_{\text{вых}} = (U_m / \sqrt{2}) \sin (\alpha - \pi/4)$, т.е. фазовый угол смещен на 45° относительно угла α поворота ротора. Для приведения этих углов в соответствие предварительно разворачивают ротор ВТ на угол 45° .

При работе в амплитудном (трансформаторном) режиме основными источниками погрешностей ВТ являются: а) неравенство фазовых активных и индуктивных сопротивлений станочных обмоток; б) неравенство сопротивлений взаимной индукции статорных обмоток, т.е. наличие коэффициентов трансформации двух статорных обмоток; в) неперпендикулярность статорных обмоток; г) несинусоидальность изменения сопротивления взаимной индукции от угла поворота ротора, т.е. наличие отклонения формы кривой выходного напряжения в функции угла поворота от синусоиды.

В фазовом режиме, кроме того, существенными источниками погрешностей являются: а) несинусоидальность напряжения питания; б) изменение частоты напряжения питания; в) изменение температуры окружающей среды; г) емкостная связь между обмотками.

Индукционный редуктосин (ИР)

Представляет собой бесконтактный синусно-косинусный трансформатор с электрической редукцией. Статор собран из пластин электротехнической стали с большим числом зубцов, а ротор может быть выполнен в виде зубчатого кольца из электротехнической стали или собран так же из пластин. Соотношение между числами зубцов статора и ротора может быть любым. Для

пояснения принципа работы редуктосина целесообразно рассмотреть наиболее простой случай, когда отношение чисел зубцов статора и ротора равно 4/3 или 4/5.

Как первичная, так и вторичные дифференциальные обмотки размещены на пакете статора. При питании первичной обмотки, расположенной на всех зубцах, переменным синусоидальным напряжением со вторичных обмоток, одна из которых расположена на четных, а вторая на нечетных зубцах, снимаются два напряжения, амплитуды которых изменяются в функции угла поворота с пространственным сдвигом, равным 90 электрическим градусам, или 1/4 зубцового деления ротора. Повороту ротора на угол, равный зубцовому делению, соответствует полный период изменения амплитуды выходного напряжения, а при повороте ротора на один оборот число периодов изменения амплитуды выходного напряжения равно числу зубцов ротора.

Форма кривой выходного напряжения в обмотках зависит главным образом от угловых размеров зубцов ротора и статора и величины зазора между ними. При определенных значениях этих величин можно получить близкую к синусоиде форму кривой изменения амплитуды переменной, составляющей проводимости воздушного зазора в функции угла поворота. Тогда выходное напряжение определяется

$$U_{\text{вых}} = 2 U_{\text{max}} \sin(\text{Pr}\alpha) \sin(\omega t + \psi); U_{\text{max}} = U \omega w_1 w_2 / \sqrt{r_1^2 + x_1^2},$$

где Pr - передаточное отношение электрической редукции; r_1 ; x_1 - активное и индуктивное сопротивления обмотки статора; w_1 , w_2 - число витков статорной и роторной обмоток; U_0 :- напряжение возбуждения; ω - круговая частота питающего напряжения; α - угол поворота ротора. Опыт эксплуатации ПР с электрической редукцией, имеющих отношение чисел зубцов статора и ротора 4/3, показал, что отношение формы кривой выходного сопротивления от синусоидальной не превышает величины порядка $\pm 3^\circ$ в геометрических углах или $\pm 1,5^\circ$ в электрических углах при передаточном отношении электрической редукции $\text{Pr} = 30$. ;

При отношении числа зубцов статора к числу зубцов ротора 4/3 $\text{Pr} = 30$. ИР

состоит как бы из 10 повторяющихся элементарных дифференциальных редуктосинов с числом зубцов статора 4.

Коэффициент трансформации у редуктосинов, как правило, не превышает 0,25, в то время, как у ВТ составляет 0,5 - 2,0. Однако крутизна выходного сигнала увеличивается в P_r раз, что эквивалентно соединению ВТ с нагрузкой через редуктор с передаточным, отношением $L_p = P_r$. Включение обмоток ИР в фазовом режиме производится так же, как и ВТ по схемам рис.1.4. Тогда фаза выходного напряжения пропорциональна углу поворота $\alpha \cdot P_r$. Для получения лучшей формы выходного сигнала целесообразно выбирать число зубцов ротора близкое к числу зубцов статора и увеличивать число повторяющихся частей.

В настоящее время разработана гамма редуктосинов с $P_r = 5-180$. При использовании ИР в цифровых системах для уменьшения погрешности преобразования фазы или амплитуды в код и для удобства стыковки каналов грубого и точного отсчета целесообразно выбирать $P_r = 2^n$ (16,32,64...). Наиболее приемлемым является $P_r = 64$.

2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

2.1. Для выполнения эксперимента по всем нижеуказанным пунктам необходимо предварительно произвести соответствующие электрические соединения, ознакомиться с правилами эксплуатации приборов. Все экспериментальные данные заносить в таблицы. Параметры датчиков приведены в таблице.

Технические данные	Тип датчика			
	СБ.	СБМТ	20МВТ-10П	ВТМ-1Б
Напряжение питания, В	36	36	28	26
Частота питания, Гц	400	400	400-500	400
максимальное выходное напряжение, В	16	28	-	26
Коэффициент трансфор- мации	-	-	1±0,02	1+0,05
Ток возбуждения, мА	145	100	—	
Ошибка в трансформа- торном режиме, угл.мин	+90	±45	—	
Активное сопротивле- ние обмотки, Ом		2000±200		—
Индуктивное сопротив- ление обмотки				
Коэффициент электри- ческой редукиции				
Частота вращения, об/мин			60	3000
Электрическая асимметрия, угл.мин	—		1-3,5	±5
Номинальное остаточ- ное напряжение, мВ		—	15-30	

2.2. Определить зону нечувствительности сельсинов СБМТ и вращающихся трансформаторов 20МВТ-2-10П при включении в трансформаторном режиме.

2.3. Определить точность Да, чувствительность $K = \Phi_{\text{вых}} / (\alpha_{\text{в}} - \alpha_{\text{н}})$ и стабильность $\delta = \alpha - \alpha_0$ датчиков СБМТ, 20МВТ-2-10П при включении в трансформаторном режиме. Дискретность изменения угла поворота соответственно 10°, 3°, 90°. При определении стабильности эксперимент повторять 5 раз.

2.4. Определить погрешность дистанционной системы передачи угла на датчиках СБМТ, 20МВТ-2-10П. Дискретность изменения угла поворота 15° .

2.5. Определить зависимость $U_{\text{Вих}i}=f(\alpha)$ и $U_{\text{Вих}2}=1"(*)$ вращающегося трансформатора ВТМ-1В. Дискретность изменения угла поворота 15° .

2.6. Определить зоны нечувствительности ВТМ-1В, 20МВТ-2-10П при включении их в фазовом режиме по схеме рис.1.4,д, 1.4,е. Предварительно рассчитать значения R и C.

2.7. Определить точность 1^\wedge , чувствительность $K=q>*/a$ и стабильность $5=d$ -« датчиков ВТМ-1В, 20МВТ-2-10П при включениях в фазовом режиме по схеме рис.4,д, 4,е. Дискретность изменения угла поворота соответственно 10° , 3° , 90° . При определении стабильности эксперимент повторять 5 раз.

2.8. Приборы, необходимые для выполнения работы: осциллограф типа С1-18, С1-68; вольтметр типа ВЗ-23; фазометр.

3. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

3.1. Принципиальные электрические схемы применения датчиков, таблицы и графики при выполнении пп. 2.2 - 2.8.

3.2. Выводы по проделанной работе.

РЕКОМЕНДАТЕЛЬНЫЙ БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. А ш Ж. Датчики измерительных систем. Кн. 1. М.: Мир, 1992, 478 с.
2. Вульвет Дж. Датчики в цифровых системах; Пер. с англ./Под ред. В.С.Яроменка. М.: Энергоатомиздат, 1981. 326.с.

ИЗУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАШИННЫХ ДАТЧИКОВ СКОРОСТИ

Цель работы. Знакомство с принципом действия электромашинных датчиков угловой скорости, изучение их основных характеристик и исследование работы в исполнительных системах металлорежущих станков и промышленных роботов (ПР).

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

В исполнительных системах металлорежущих станков и ПР все более широкое применение получили электромашинные (тахогенераторы) и фотоэлектрические датчики скорости, в основе работы которых соответственно лежат методы прямого преобразования скорости в электрический сигнал и частотный [1].

Тахогенераторы (ТГ) - электрические машины малой мощности, работающие в генераторном режиме и служащие для преобразования угловой скорости ротора в пропорциональный электрический сигнал.

В зависимости от формы выходного напряжения ТГ подразделяются на машины постоянного и переменного тока.

Основными характеристиками ТГ являются:

- выходная - зависимость между напряжением $U_{\text{вых}}$ в выходной обмотке и угловой скоростью ротора ω ;

- крутизна - изменение $U_{\text{вых}}$ на единицу скорости;

погрешность отображения - отклонение выходной характеристики от линейной зависимости;

фазовая погрешность - изменение фазы выходной ЭДС при изменении угловой скорости ротора;

момент инерции ротора ТГ;

электромагнитная постоянная времени.

Принцип действия ТГ основан на использовании закона Фарадея,

согласно которому при изменении потокосцепления какого-либо контура в-нем возникает ЭДС [2].

$$e = - \left(\frac{d\Phi}{dx} \dot{X} + \frac{d\Phi}{dt} \right).$$

где Φ - магнитный поток; X - перемещение контура во внешнем маг-нитном поле; \dot{X} - скорость перемещения контура.

Тахогенераторы должны удовлетворять ряду требований, основные из которых приведены в работах [2,3].

2. ТАХОГЕНЕРАТОРЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Конструкция. В зависимости от способа возбуждения и конструкции ротора различают тахогенераторы с независимым электромагнитным возбуждением и возбуждением от постоянных магнитов, с барабанным, гладким беспазовым, полым немагнитным и дисковым роторами [2].

На чертеже (рис.2.1,а) приведена конструктивная схема машины с барабанным ротором и независимым возбуждением. Тахогенератор состоит из корпуса 1 с закрепленными на нем сердечниками главных полюсов 2, обмотки 3, создающей поток возбуждения Φ_w , сердечника якоря 4 с расположенной в его пазах обмоткой 5, коллектора 8, выполненного в виде цилиндра из изолированных друг от друга медных пластин, щеток 7 - графитовых стержней, предназначенных для снятия напряжения с обмотки якоря 5. Принцип действия ТГ описан в работе [2].

Выходная характеристика ТГ в режиме холостого хода (прямая 1, рис.2.1,б) описывается уравнением прямой

$$E_{\text{я}} = K_{\text{ТГ}} W_{\text{т}},$$

где $K_{\text{ТГ}}$ - крутизна ТГ при холостом ходе; $W_{\text{т}}$ - скорость вращения ротора.

При работе идеального ТГ на нагрузку сопротивлением $R_{\text{Н}}$ уменьшается крутизна выходной характеристики (прямые 2,3, рис.2.1,б)

$$K'_{\text{ТГ}} = K_{\text{ТГ}} (1 + R_{\text{я}} R_{\text{Н}}^{-1})^{-1},$$

где $R_{\text{я}}$ - сопротивление обмотки якоря.

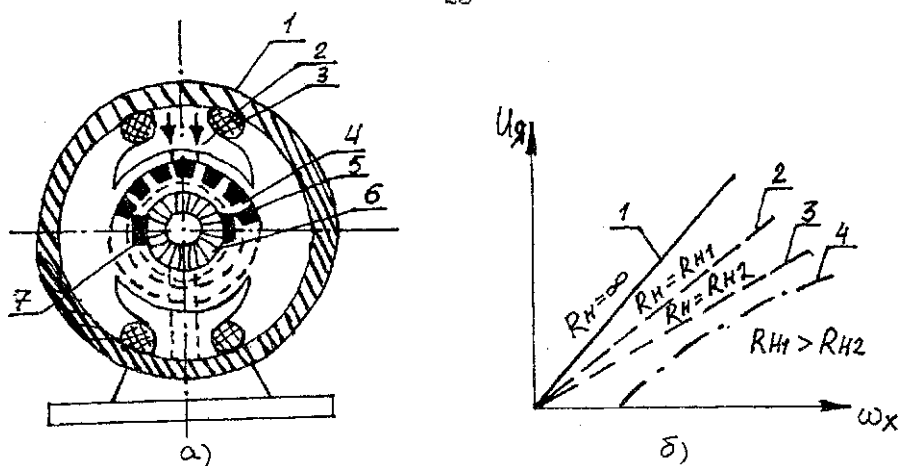


Рис. 2.1. Конструктивная схема тахогенератора постоянного тока и его выходные характеристики

Выходная характеристика реального тахогенератора при работе на нагрузку отклоняется от линейной (кривая 4, рис.2.1,б), что объясняется в основном размагничивающим действием реакции якоря и падением напряжения в коллекторно-щеточном переходе $U_{щ}$ [2]. При этом появляется погрешность отображения, которая при $U_{щ}=0$

$$\Delta U = w_{\tau} \{ w_H [1 - (R_{я} + R_H) / K_{ТГ} K_p W_{\tau}] \}^{-1}.$$

Здесь K_p - коэффициент пропорциональности между током $I_{я}$ и потоком реакции якоря $\Delta \Phi_r$.

Крутизна ТГ в общем случае является нелинейной функцией угловой скорости ротора [2].

Тахогенераторы постоянного тока характеризуются также наличием температурной погрешности и асимметрией выходной характеристики относительно начала координат. Динамические характеристики линеаризованной машины при постоянном потоке возбуждения определяются соотношением индуктивного и активного сопротивления якорной цепи и моментом инерции ротора [3]. Достоинством ТГ постоянного тока является малая погрешность отображения, отсутствие фазовой погрешности.

3. ТАХОГЕНЕРАТОРЫ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Тахогенераторы бывают двух видов: синхронные и асинхронные. Различают синхронные ТГ с ротором, выполненным из постоянного магнита, и с

электромагнитным возбуждением в виде короткозамкнутой обмотки типа "беличья клетка".

Из-за наличия двух основных недостатков (частота выходного напряжения зависит от скорости вращения ротора, фаза выходного напряжения не зависит от направления вращения) синхронные тахогенераторы не получили широкого распространения в системах управления.

Конструктивная схема асинхронного тахогенератора приведена на рис.2.2,а С21.

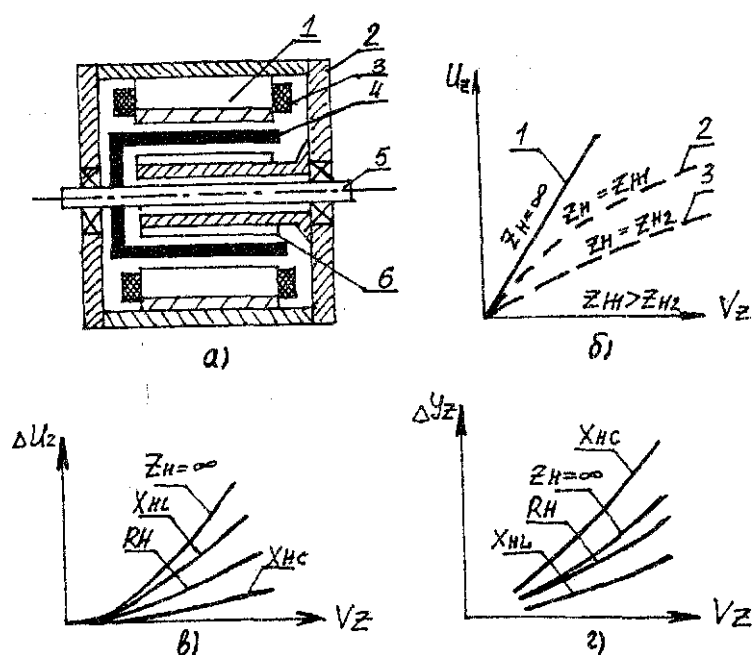


Рис. 2.2. Конструктивная схема, выходная характеристика, амплитуда, фазовая погрешность асинхронного тахогенератора

На внешнем статоре I ТГ, закрепленном в корпусе 2, располагаются две обмотки 3 (возбуждения и генераторная), сдвинутые относительно друг друга на 90° . Ротор 4, выполненный в виде тонкостенного стакана, закрепляется на оси 5 и располагается между внешним I и внутренним б статорами.

Обмотка возбуждения подключается к сети переменного тока и создает в воздушном зазоре машины пульсирующие магнитные поля. При вращении ротора в результате электромагнитной индукции в генераторной обмотке наводится переменная трансформаторная ЭДС, амплитуда которой пропорциональна скорости вращения ротора, а частота определяется частотой напряжения возбуждения [2].

В ы х о д н а я х а р а к т е р и с т и к а идеального тахогенератора описывается линейной зависимостью, крутизна которой определяется величиной сопротивления нагрузки (прямая 1, рис.2.2, б). Выходная характеристика реального тахогенератора является нелинейной функцией значения и характера нагрузочного сопротивления и относительной скорости вращения ротора u_* (кривые 2,3, рис.2.2,б) [2].

Асинхронные ТГ характеризуются несимметричностью выходной характеристики и смещением ее из начала координат вследствие наличия остаточной ЭДС и изменения внутренних сопротивлений ротора и обмоток статора в функции их температуры. При этом возникают погрешности отображения, фазовые графики которых приведены на рис.2.2, в, г.

4. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА

Функциональная схема лабораторного стенда приведена на рис.2.3. В состав стенда входят исполнительный двигатель М (СЛ-369), вал которого соединен с входным валом редуктора Р, три датчика скорости, синхронный тахогенератор BV3, асинхронный тахогенератор BV2 (АДП 262) и тахогенератор постоянного тока BV1 (СЛ-221), соединенные через промежуточные выходные валы редуктора с валом двигателя М соответственно с передаточными отношениями $i_3 = 9/11$, $i_2=19/55$, $i=1$, вольтметр PV, регуляторы, выпрямители UZ₁-UZ₄, переключатели SA1-SA3, силовой трансформатор Т, предохранитель FU и лампа индикации включения питания HL.

Стенд питается от сети однофазного переменного напряжения величиной 220 В. Включение стенда осуществляется тумблером SA. При этом загорается сигнальная лампа HL. Регулирование скорости исполнительного двигателя осуществляется изменением положения задатчика RP в регуляторе AS. Смена направления вращения двигателя М осуществляется изменением полярности подключения его якоря к выходу выпрямителя с помощью переключателя SA2. Обмотки возбуждения двигателя М и датчика BV1 питаются от стабилизатора UZ2. С помощью пакетного переключателя SA3 выходные обмотки исследуемых датчиков скорости подключаются к вольтметру PV. При этом выходные напряжения синхронного BV3 и асинхронного BV2 тахогенераторов

предварительно выпрямляются выпрямителями UZ3 и UZ2. Контроль формы выходного напряжения датчиков осуществляется осциллографом С1-55 через гнезда XS1-XS8.

5. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ

Перевести SA1 в положение "ВКЛ."

С помощью SA3 подключить к вольтметру PV исследуемый тип датчика.

SA2 поставить в положение "ВПЕРЕД."

Снять выходную характеристику тахогенератора. Результаты занести в таблицу.

Подключить осциллограф к соответствующим гнездам XS, исследовать форму и определить частоту выходного напряжения тахогенератора¹.

Определить крутизну выходной характеристики ТГ. Результаты занести в таблицу.

Определить зону нечувствительности ТГ.

Определить амплитудную, фазовую погрешности ТГ во всем диапазоне скоростей, приняв за идеальную выходную характеристику, снятую в режиме холостого хода. Результаты занести в таблицу². Задачи в пп.4 - 7 выполнить для режимов работы ТГ в холостом ходе и под нагрузкой³ (активной, активно-индуктивной и емкостной) при вращении "вперед" и "назад".

1 При исследовании ТГ постоянного тока определить частоту пульсации выходного напряжения.

2 Фазовую погрешность определять для асинхронного ТГ.

При исследовании работы ТГ под нагрузкой нагрузочные сопротивления подключать к соответствующим гнездам; XSS-X516.

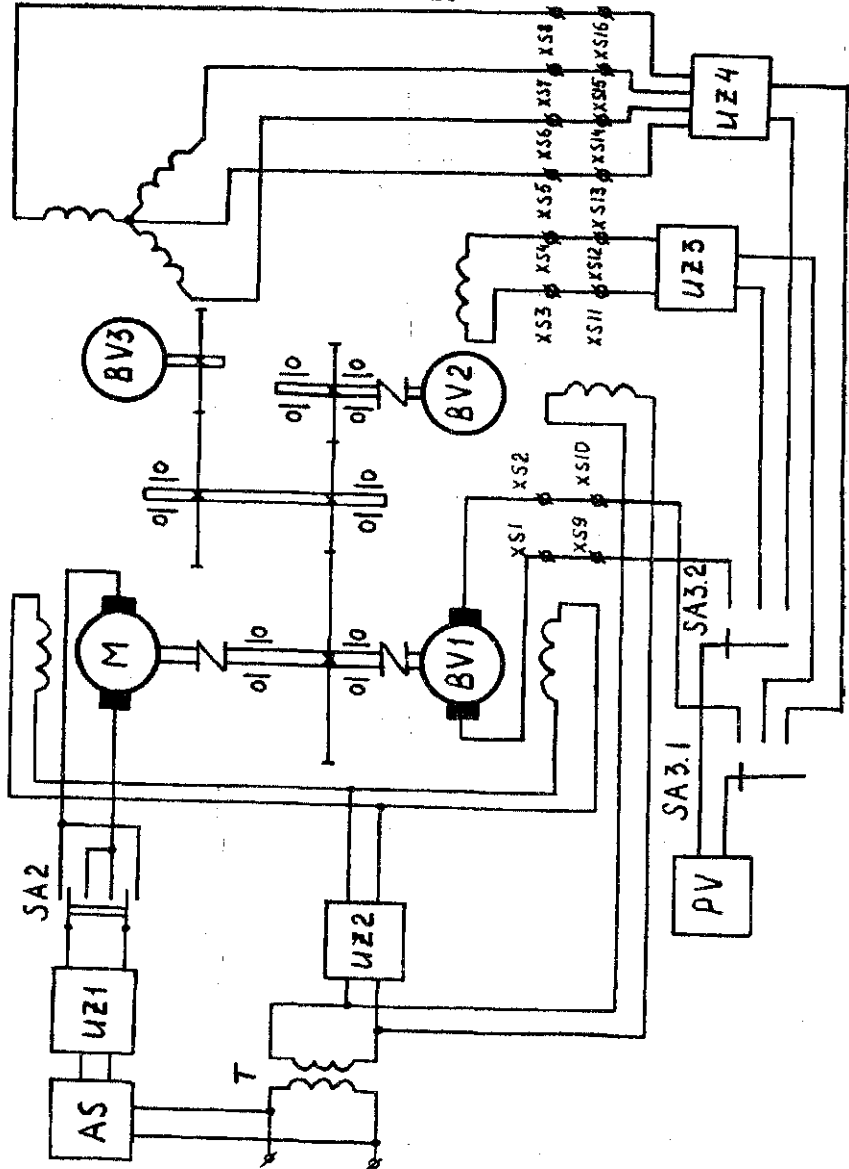


Рис. 2.3. Функциональная схема лабораторного стенда

9. По результатам экспериментальных исследований построить графики выходной характеристики, погрешностей отображения и фазовой.

Параметр	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
ω														
U _{ВЫХ}														
Ктг														
ΔU														
$\Delta \varphi$														

6. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Результаты экспериментов по пп.4 - 9 (графики, таблицы).

Выводы.

Отчет оформляется в соответствии с требованиями ЕСКД.

РЕКОМЕНДАТЕЛЬНЫЙ БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Потаков Л.А., Юферев Ф.М. Измерение вращающих моментов и скоростей вращения микроэлектродвигателей. М.; Энергия, 1974. 128 с

Армейский Е.В., Кузина И.В., Фал к Г.В. Электромашинные устройства автоматики. М.- Высш.шк., 1986. 247 с.

Бессекерский В. А., Попов Е.П. Теория систем автоматического регулирования. М.; Наука, 1966. 992 с.

Лабораторная работа N 3

ИЗУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ДАТЧИКОВ СИЛОМОМЕНТНОГО ОЧУВСТВЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОВ

Цель работы. Знакомство с принципом действия и конструкциями силомоментных датчиков и исследование их характеристик и особенностей работы в системах управления промышленными роботами.

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Силомоментные датчики (СВД) очувствления промышленных роботов (ПР) - технические средства, предназначенные для измерения компонент главного вектора сил и моментов, действующих на рабочий орган манипулятора.

1. ОСНОВНЫЕ КЛАССИФИКАЦИОННЫЕ ПРИЗНАКИ СМД

1. Способ размещения

Различают датчики, устанавливаемые непосредственно на губках схвата между звеном ротации и охватом или в основании координатного стола роботизированного технологического модуля.

2. Принцип преобразования сил и моментов, возникающих при физическом контакте схвата с объектом, в электрический сигнал. Можно выделить две основные группы датчиков. В первой осуществляется непосредственное измерение поверхностных деформаций упругих элементов с помощью тензорезисторов, пьезоэлементов или магнестрикционных материалов. Во второй - микроперемещения калиброванных пружин известными электрическими, магнитными и оптическими методами [13].

3. Число контролируемых компонент главного вектора силового взаимодействия ПР с объектом манипулирования. Все СМД подразделяются на одно- и многокомпонентные.

4. Способ выделения требуемых проекций вектора силового взаимодействия ПР с объектам. Существуют два подхода в решении данной задачи. Первый ориентируется преимущественно на выделение требуемых проекции 2 механической части датчика. При втором подходе данные проекции выделяются в электронном блоке датчика по выходным сигналам всех

чувствительных элементов.

Основными требованиями, предъявляемыми к СМД, являются:

- малая масса и небольшие габаритные размеры (для датчиков, устанавливаемых непосредственно в губках схвата или кисти робота);
- большая жесткость (для обеспечения высокой собственной резонансной частоты и снижения; влияния упругих деформаций датчика на точность позиционирования схвата);
- минимальный уровень перекрестных связей между каналами измерения различных компонент вектора сил и моментов;
- высокая линейность и малые гистерезис и зона нечувствительности;
- возможность измерения числа проекций вектора сил и моментов, достаточных для эффективного выполнения ПР технологической операции.

2. УПРУГИЕ МОДУЛИ СИЛОМОМЕНТНЫХ ДАТЧИКОВ

Наиболее распространенным способом определения сил и моментов в устройствах очувствления ПР является непосредственное измерение деформаций ;упругих модулей одно- и многокомпонентных датчиков с помощью тензометрических мостов. Для этих целей в робототехнике используется широкая номенклатура полупроводниковых и проводниковых тензорезисторов [2].

Полупроводниковые тензорезисторы - пластина кремния длиной 2 - 7 мм, шириной и толщиной 0,2 и 0,15 мм соответственно с приваренными к ней выводными проводниками. Применяются, когда допускается температурная погрешность дрейфа нуля выше $5 \cdot 10^{-2} \text{ } ^\circ\text{C}$ и требуется высокая чувствительность при малых габаритных размерах датчика. Проводниковые (проволочные и фольговые) отличаются высокой стабильностью характеристик и низким температурным дрейфом, однако имеют низкую чувствительность. В СМД роботов используются три основные типа упругих модулей с соответствующими схемами наклейки и включения в измерительный мост тензорезисторов [2, 3].

1. Упругая балка с прямоугольным профилем поперечного сечения ($a \times h$)

длиной L (рис.3.1, а) служит для измерения изгибающих моментов M_x относительно оси параллельной широкой грани поперечного сечения балки. Тензорезисторы 1 наклеиваются в центре широких граней балки 2 вдоль их нейтральных линий 3 и включаются по схеме (рис.3.1, б).

2. Упругий параллелограмм (рис.3.2, а) состоит из двух жестких оснований 1, соединенных двумя параллельными упругими балками. Тензорезисторы 3 наклеиваются вдоль нейтральной линии широкой грани одной из балок 2 вблизи жестких оснований включаются в измерительный мост по схеме (рис.3.2, б).

3. Модуль для измерения крутящих моментов (рис.3.3) состоит из двух кольцевых фланцев 1, соединенных четырьмя (тремя) упругими балками 2 (см.рис.3.1, а), расположенными через 90° (120°) друг от друга на одинаковом расстоянии от продольной оси модуля и ориентированными широкой стороной по радиусу. Тензорезисторы 3 наклеиваются вдоль нейтральной линии широкой балки 2 вблизи от оснований кольцевых фланцев 1 и включаются по схеме (рис.3.2, б).

Требуемые чувствительность и избирательность измеряемых компонентов главного вектора сил и моментов обеспечиваются соответствующим выбором параметров поперечного сечения упругих балок (a и h), конструкции модуля, схемой наклейки тензорезисторов на поверхность деформируемых слоев и схемы их включения в измерительный мост [2,3].

Одной из перспективных конструкций многокомпонентных СМД, устанавливаемых между звеном ротации и схватом ПР, является упругий модуль 1, представленный на чертеже (рис.3.4) [1,3].

Модуль позволяет измерять усилие растяжения-сжатия F_x и изгибающие моменты M_x и M_y . Для этого используются 12 тензорезисторов $R1 - R12$, шесть из которых ($R1 - R6$) - измерительные-наклеиваются вблизи очагов концентрации напряжений, остальные шесть ($R6 - R12$) - компенсационные-наклеиваются на основание модуля. Для измерения моментов M_x и M_y тензорезисторы включаются по схеме (см.рис.3.1,б), а усилия F_z по схеме

(рис.3.2, б).

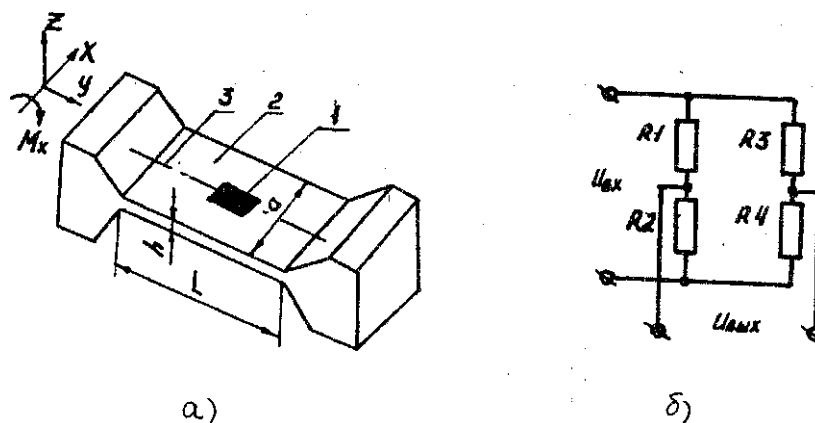


Рис. 3.1. - Модуль "Упругая балка" (а); схема тензомоста (б) (R_1, R_3 - измерительные тензорезисторы, R_2, R_4 - компенсационные)

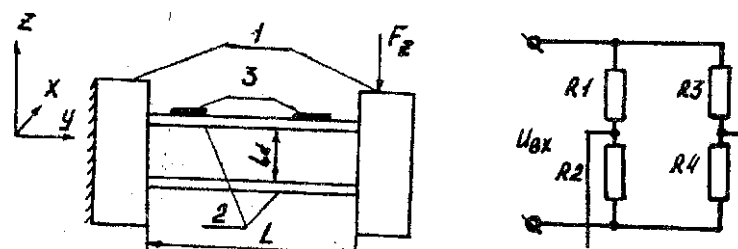


Рис. 3.2. Модуль "Упругий параллелограмм" (а), схема тензомоста (б) (R_1, R_4 - измерительные тензорезисторы, R_2, R_3 - компенсационные)

3. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Установка состоит из механической конструкции 1 (упругий модуль) и лабораторного стенда 2, связь между которыми осуществляется кабелем через разъем ХА (рис.3.5).

Механический блок представляет собой упругий модуль 1 (схема приведена на рис.3.4), расположенный на основании 3. Состоит из четырех грузов 4-7, предназначенных для формирования моментов M_x, M_y и усилия F_z , свободно перемещающихся по горизонтальным направляющим, жестко закрепленным в верхней части модуля 1, шести измерительных 3 ($R_1 - R_6$) и шести компенсационных 9 тензорезисторов ($R_7 - R_{12}$), выводы которых через разводную колодку 10, кабель 11 и разъем ХА соединены с лабораторным стендом 2. Блок служит для преобразований усилий и моментов в напряжения разбаланса на выходе тензометрических мостов.

Лабораторный стенд 2 предназначен для усиления и регистрации

сигналов разбаланса тензометрических мостов в процессе выполнения работы. Стенд состоит из блока питания UZ, трех унифицированных усилителей постоянного тока А1 - А3 и передней панели.

1. Блок питания UZ выполнен в виде двух компенсационных стабилизаторов напряжением 3 и 15 В для питания всех устройств лабораторной установки. Для питания тензометрических мостов на передней панели стенда расположены 12 гнезд (XS1 - XS12), соединенных с выходами стабилизаторов $\pm 3В$.

2. Усилители постоянного тока А1 - А3 выполнены на микросхемах. Переключатели SA1 - SA3 служат для изменения сопротивления в цепи обратной связи. При этом изменяется коэффициент усиления усилителей, что необходимо при балансировке измерительных мостов. Балансировка осуществляется потенциометрами R13 и R18. Входы усилителей соединены с гнездами XS13 - XS24 на передней панели стенда для подключения тензометрических мостов, а выходы через пакетный переключатель SA4 к измерительному прибору РА (миллиамперметр) .

3. На передней панели стенда расположены тумблер включения стенда в сеть 220 В 50 Гц SA5, предохранитель FU, лампочка сигнализации включения стенда в сеть HL, измерительная головка РА, тумблеры ZA1 - ZA3, потенциометры R13 - R18, пакетный переключатель SA4 и наборное поле с гнездами XS1 - XS48. Гнезда XS25 - XS48 через разъем ХА и кабель 11 соединены с выводами тензорезисторов R1 - R12, наклеенных на упругий модуль 1.

4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Подключить кабель 11 к разъему ХА.

2. Собрать тензометрические мосты R1, R3, R7 и R9, R4, R8 и R10 и R5, R6, R11 и R12, используя гнезда XS1 - XS48 на наборном поле стенда, для измерения моментов M_x , M_y и усилия F_z соответственно.

3. Включить стенд в сеть 220 В и 50 Гц (тумблер SA5 в положение "Вкл."). При этом должна загореться сигнальная лампочка на передней панели стенда HL.

4. Снять передвижные грузы 4 - 7 с направляющих упругого модуля и с помощью потенциометров R13 - R18 и переключателей SA1 -SA3 отбалансировать измерительные тензометрические мосты по показаниям прибора РА (стрелка должна находиться в положении 0), (Балансировку усилителей выполнять в положении переключателей SA1 - SA3 "грубо". При уменьшении сигнала разбаланса ивых до 3 мВ балансировку выполнять в положении переключателей SA1 - SA3 "точно").

5. Установить грузы 4 - 7 на направляющих. Изменяя их положение по рискам, нанесенным на направляющие, и массу по показаниям миллиамперметра РА, снять выходные характеристики для каждой измерительной схемы $U_{вых i} = f(M_i, F_i)$. Результаты внести в табл. 3.1, 3.2. При моделировании усилия F_z использовать все грузы 4 -7, а моментов - $+M_x$ - груз 4, $-M_x$ - груз 6, $+M_y$ - груз 5, $-M_y$ -груз 7.

6. Устанавливая грузы 4 - 7 в положение 6, соответствующее максимальным значениям M_x , M_y , F_z , определить избирательность каждой измерительной схемы к действию неизмеряемых компонент силового взаимодействия

$$K_{U_i} = U_{вых i} / U_{вых i} ',$$

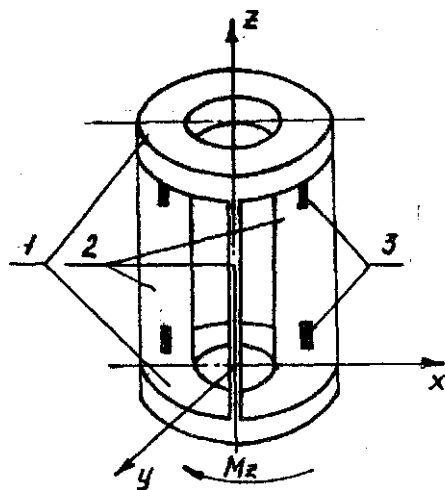


Рис. 3.3. Модуль для измерения много-крутящих моментов

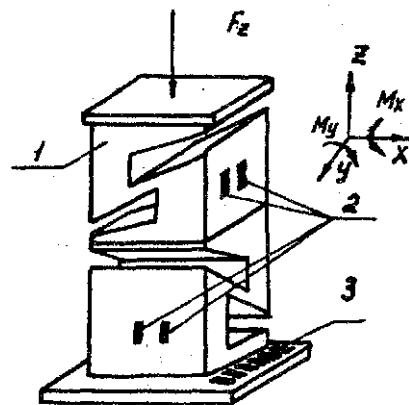


Рис. 3.4. Конструкция компонентного силомоментного

где K_{i1} - коэффициент избирательности; $U_{B_{i1}}$ - напряжение на выходе i -й схемы при действии на модуль одного неконтролируемого данной схемой параметра; $U_{U_{i1}}$ - напряжение на выходе i -й схемы при действии на модуль одного контролируемого данной схемой параметра.

7. Включить стенд 2, отсоединить кабель 11 от разъема ХА1.
8. Построить графики $U_{\text{вых}1} = f(F_z)$, $U_{\text{вых}2} = f(M_x)$, $U_{\text{вых}3} = f(M_y)$.

Таблица 3.1.

Масса груза, г

F_z , Н

$U_{\text{вых}}$, В

Таблица 3.2.

Масса груза, г

Плечо l , мм

$M_{x,y}$, Нм

$U_{\text{вых}}$, В

5. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Результаты экспериментов по пп.5 - 7 (таблицы, графики, краткие пояснения, выводы).
2. Отчет оформляется в соответствии с требованиями ЕСКД.

РЕКОМЕНДАТЕЛЬНЫЙ БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Системы очувствления и адаптивные промышленные роботы/Под ред.Е.П.Попова, В.В.Клюева. М., 1985, 255 с.
2. Ш у ш к е в и ч В.А. Основы электротензометрии. Минск, 1975. 349 с.
3. Вишняков Р.С, Шахнин В.А. Информационные устройства робототехнических систем: Учеб.пособие. Владимир, 1988, 96 с.

ИЗУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ ПОЛОЖЕНИЯ

Цель работы. Знакомство с конструкцией, принципом действия и особенностями работы фотоэлектрических преобразователей перемещения в исполнительных системах роботов и металлорежущих станков.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Фотоэлектрические преобразователи перемещения (ФПП) преобразуют линейное X или угловое d перемещения в изменение интенсивности светового потока, поступающего на приемник излучения (фотоприемник). ФПП подразделяются: по характеру воздействия светового потока на фотоприемник на преобразователи с перекрытием светового потока, растровые и с кодовыми масками, по виду выходного сигнала на непрерывные и дискретные (как с импульсным, так и с квантовым выходным сигналом).

ФПП с перекрытием светового потока и растровые используются при построении датчиков скорости и положения последовательного счета как накапливающего типа, так и циклических. Датчики на основе ФПП с кодовыми масками относятся к цифровым преобразователям считывания.

В настоящее время разработаны и получают все более широкое применение в технике конструкции датчиков' на основе оптического лазера и волоконной оптики [1]. Широкое распространение ФПП в качестве датчиков металлорежущих станков (МРС) и промышленных роботов (ПР) определяется их высоким быстродействием, малыми габаритными размерами и массой, высокой помехозащищенностью и надежностью работы и др.

2. ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ С ПЕРЕКРЫТИЕМ СВЕТОВОГО ПОТОКА

Различают конструкции преобразователей, работающие в амплитудном (рис.4.1) и импульсном (рис.4.2) режимах.

В преобразователях первой группы (рис.4.1,а) при изменении положения

заслонки 3, связанной с подвижным органом МРС или ПР, относительно отверстия диафрагмы 2 изменяется величина светового потока, идущего от источника излучения ИИ с конденсатором 1 к объективу 4 и фотоприемнику ФП.

Несмотря на явные преимущества (простота конструкции и надежность работы, высокое быстродействие), ФПП характеризуются невысокой точностью измерений, нестабильностью показаний и нелинейностью выходной характеристики.

Более высокую точность имеют дифференциальные (рис.4.1,б) и импульсные (рис.4.2) ФПП с перекрытием светового потока. Общим недостатком ФПП данного типа является принципиальная возможность появления систематической погрешности, обусловленной воздействием на преобразователь электромагнитных помех, изменением характеристик источника излучения и фотоприемника в процессе эксплуатации и ряда других причин.

3. РАСТРОВЫЕ ФПП

Основным узлом любого растрового ФПП является оптический модулятор, состоящий из сопряжения измерительного (связанного с подвижным органом станка или робота) и индикаторного (неподвижного) элемента(растров) [2].

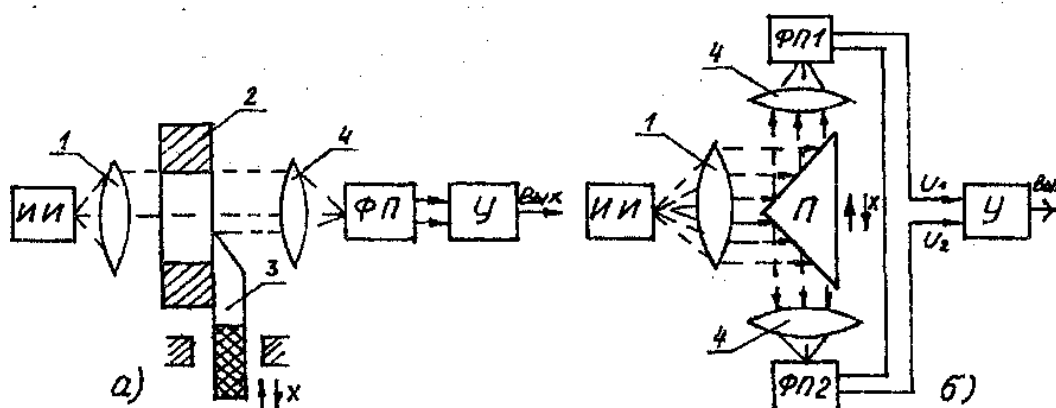


Рис. 4.1. Конструктивная схема фотоэлектрических преобразователей перемещений с перекрытием светового потока и амплитудной модуляцией: а - прямого преобразования; б - дифференциальный

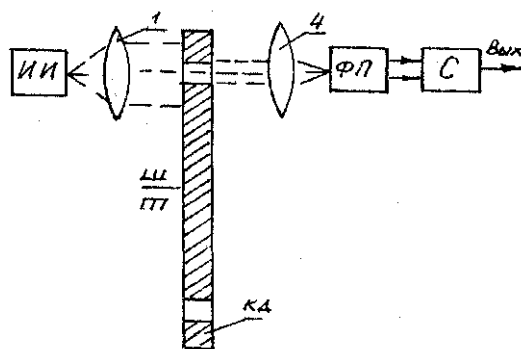


Рис. 4.2. Конструктивная схема импульсного Фотоэлектрического преобразователя перемещения с перекрытием светового потока

По воздействию на лучистый поток растры подразделяются на пропускающие и отражающие. Пропускающие представляют собой систему прозрачных и непрозрачных элементов, образующих одну общую решетку. Отражающие растры выполняются в виде решеток с элементами, зеркально отражающими свет.

В зависимости от сопряжения штриховых растр в лучах проходящего или отражающего света образуются комбинационные фигуры (полосы), шаг, форма и направление перемещения которых определяются взаимным расположением штрихов-сопрягаемых растр (обтюрационные, нониусные и муаровые) [1,2].

Принцип действия растровых ФПП заключается в следующем. При перемещении измерительного растра относительно индикаторного происходит модуляция светового потока по амплитуде в функции перемещения, а следовательно, и освещенности чувствительного элемента, расположенного за полем растрового сопряжения.

Освещенность фотоприемника максимальна при совпадении штрихов измерительного и индикаторного растр и минимальна при наложении штрихов одного растра на прозрачные или зеркальные участки другого.

Полный цикл изменения освещенности фотоприемника заканчивается при перемещении измерительного растра на величину шага штрихов. Величина перемещения рабочего органа станка определяется числом полных циклов изменения освещенности фотоприемника, а точность измерения определяется

величиной шага расположения штрихов раstra.

С целью повышения точности измерения применяют растровые интерполяторы, позволяющие определять величину перемещения рабочих органов в долях :шага растров [1,2].

4. ФПП С КОДОВЫМИ МАСКАМИ

ФПП с кодовыми масками относятся к преобразователям считывания, отличительной особенностью которых является то, что выходным сигналом у них служит непосредственно код.

Основным элементом ФПП является диск, выполненный из оптического стекла с нанесенной на него (обычно фотохимическим способом) в соответствии с принятым двоичным кодом кодовой маски. Кодовая маска представляет собой ряд концентрических дорожек с прозрачными и непрозрачными участками. Количество дорожек n (разрядов датчика) определяется диапазоном измеряемых перемещений d и требуемой точностью измерений Δd

$$n = \log_2 d/\Delta d$$

Диск закрепляется на валу, угловое перемещение которого необходимо измерять. Световой поток от источника излучения, находящегося по одну сторону диска, проходит сквозь прозрачные участки кодовой маски и щелевую диафрагму, находящуюся с другой стороны диска, и поступает на фотоприемники. Сигналы на выходе освещенных фотоприемников принимаются за двоичные единицы, а отсутствие сигнала на других фотоприемниках, перекрытых непрозрачными участками кодовой маски, за двоичные нули.

Таким образом, каждому угловому положению диска соответствует определенный двоичный код на выходе датчика. Обычно с целью упрощения конструкции фотоприемники располагают вдоль радиуса диска, что позволяет упростить задачу формирования узкого светового луча считывания.

Основным недостатком ФПП является неоднозначность считывания, обусловленная погрешностью изготовления кодовой маски диска и отверстия диафрагмы и расположением фотоприемников относительно линии считывания

[3,4].

Для устранения погрешности, обусловленной неоднозначностью считывания, в кодовых датчиках применяют специальные дорожки, ограничивающие зоны считывания, специальный способ V-считывания и кодовые маски со специальными циклическими кодами (например, кодом Грея) [3,4].

5. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА

Функциональная схема лабораторного стенда приведена на рис.4.3. В состав стенда входят: импульсный ФПП с перекрытием светового потока BL1, выполненный по схеме рис.4.2, кодовые ФПП

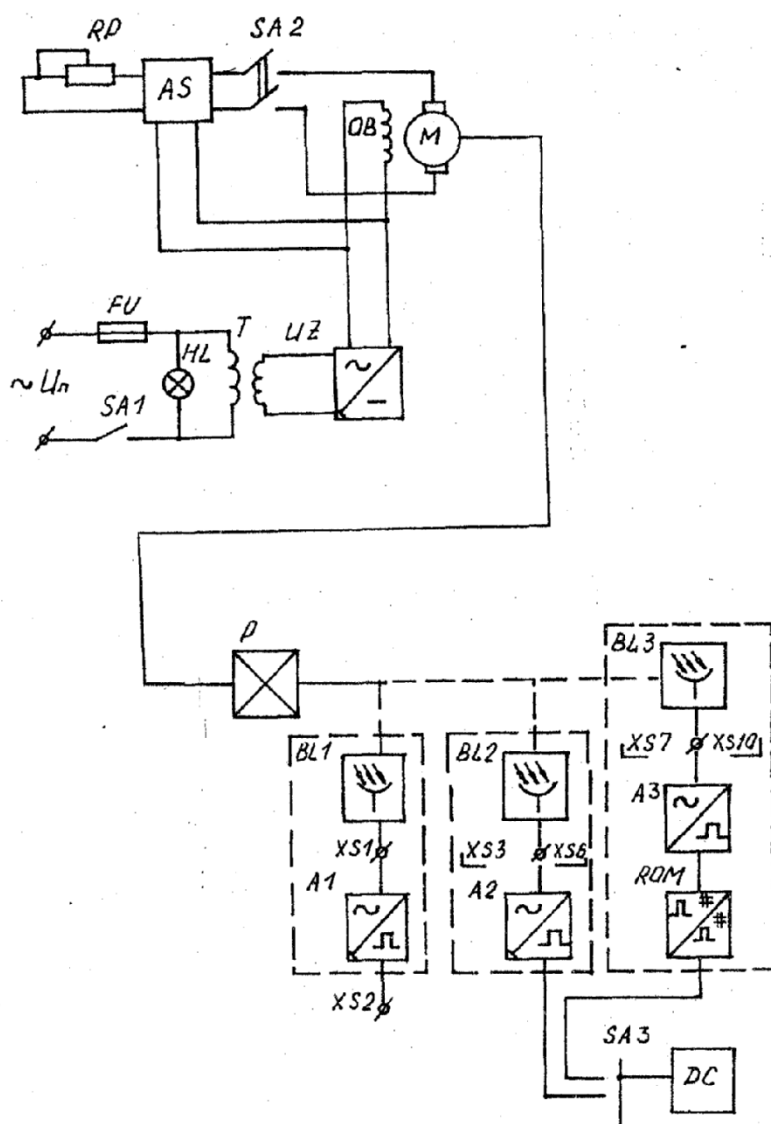


Рис. 4.3. Функциональная схема лабораторного стенда с двоичным кодом BL2 и циклическим кодом Грея BL3, выполненные по схеме рис.4.2, три формирователя импульсов А1 - А3, преобразователь

кодов ROM, выполненный на ПЗУ, знакосинтезирующие преобразователи С, исполнительный двигатель м, связанный клиноременной передачей с выходным валом, на котором закреплены ФЛП, BL1, BL2 и BL3, регулятор скорости вращения двигателя МАБ, источник постоянного напряжения Uz, переключателя BL1 – BL3, силовой трансформатор Т, предохранитель ПЗ и лампа индикации включения питания HL

Стенд питается от сети переменного напряжения величиной 220 В и частотой 50 Гц. Включение стенда осуществляется тумблером А1. При этом загорается сигнальная лампа HL. Регулирование скорости исполнительного двигателя осуществляется изменением положения движка задатчика RP в регуляторе АЗ. Выходы ФПП BL1 подключены к гнездам XS1, XS2 на передней панели стенда, а выходы BL2 и BL3 с помощью пакетного переключателя к знакосинтезирующему преобразователю ДС.

Для выполнения работы необходимы контрольно-измерительные приборы: реверсивный счетчик Ф5007, частотомер и осциллограф С1-68.

6. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Включить стенд (переключатель А1 в положении «Вкл»).
2. С помощью задатчика SP, регулятора AS установить требуемую скорость исполнительного двигателя М.
3. Последовательно подключая вход осциллографа 01-68 к гнездам XS1, XS2, определить форму сигнала на выходе фотоприемника. и усилителя преобразователя импульсов А1 ФПП BL1.
4. Подключить вход частотомера к гнезду XS2. Определить скорость вращения двигателя по формуле $w = f N^{-1} [С^{-1}]$, где f - показания частотомера; N - число активных элементов на диске BL1.
5. Подключить к гнезду X32 вход реверсивного счетчика Ф5007. Отключить двигатель М (переключатель SA2 в положении «Выкл»). Поворачивал вал двигателя с помощью рукоятки, определить:
 - а) разрешающую способность с0 с перекрытием светового потока BL1 и кодовых ФПП с двоичным BL2 и циклическим BL3 кодами, ре зультаты

занести в табл.4.1; сравнить размеры активных участков кодовых шкал в младших разрядах ФПП с двоичным и циклическими кодами (BL2 и BL3 соответственно);

б) максимальную погрешность ФПП с двоичным кодом BL2, обусловленную неоднозначностью считывания, результаты занести в табл.4.2;

в) составить таблицы соответствия кодов на выходе фотоприемников, ROM и знакосинтезирующих преобразователей ФПП с двоичным BL2 и циклическим BL3 кодами, результаты занести в табл.4.3.

Примечания: 1. Исследования по пп. 2-4 выполнить для 3-4 различных скоростей вращения двигателя М.

2. Исследования по п. 5 (подпункты б, в) выполнить для каждого дискретного двоичного состояния фотоприемников кодовых датчиков BL2 и BL3.

Таблица 4.1

Тип ФПП	BL1	BL2	BL3
$\sin \alpha$			

Таблица 4.2

N_{10}	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
N_2														
ΔN_{\max}														

Таблица 4.3

датчик	Код		
	$N_{\text{ФП}}$	N_{ROM}	N_{DC}
BL1			
BL2			

7. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Результаты исследований по пп.2 - 5 (графики, таблицы).
2. Выводы.
3. Отчет оформляется в соответствии с требованиями ЕСКД.

РЕКОМЕНДАТЕЛЬНЫЙ БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. В.Г.Д о м р а ч е в, В.Р.М атвеевский, Ю.С.С м и-р н о в. Схемотехника цифровых преобразователей перемещений. М.: Энергоатомиздат, 1987, 392 с.
2. Фотоэлектрические преобразователи информации /Под ред.л.Н.Преснухина. м.: Машиностроение, 1974, 375 с.
3. ВульветДж. Датчики в цифровых системах. Пер. с англ. /Под ред. В.С.Яроменка. М.: Энергоатомиздат, 1981. 199 с.
4. Конюхов Н.Е., П л ю т А.А., Шаповалов В.И. Оптоэлектронные измерительные преобразователи. Л.: Энергия, 1977, 160 с.

ИЗУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ФАЗА-КОД

Цель работы. Знакомство с конструкцией, принципом действия и режимами работы первичных преобразователей перемещения (ППШ в параметры выходного напряжения, изучение принципов преобразования фазового сдвига выходных напряжений ППП в двоичный код и принципиальных электрических схем преобразователей фаза-код на примере блока преобразования сигнала фазового сдвига с датчиков положения типа БСГК, ВТМ-ИМ, используемого; в измерительных устройствах металлорежущих станков (МРС), в двоично-десятичный код в системах числового программного управления (ЧПУ) типа 2P-22, 2C-42-65.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Для связи датчиков обратной связи (ДОС) с современными системами ЧПУ МРС и ПР используются цифровые преобразователи перемещения (ЦПП). ЦДЛ строятся по трем основным схемам: с непосредственным преобразованием перемещения в код, с косвенным преобразованием и комбинированным [1].

В ЦПП первой группы цифровому преобразованию подвергается само механическое перемещение. ЦПП второй группы перемещение образуют в удобный аналоговый параметр (амплитуда или фаза выходного напряжения), который в дальнейшем преобразуется в цифровой эквивалент. Третья группа представляет различные сочетания первых двух.

Применение ЦПП второй группы на сегодняшний день более предпочтительно вследствие линейности выходной характеристики, высоких разрешающих способностей, быстродействия и надежности. С другой стороны, высокие помехоустойчивость, точность, простота осуществления многоканального преобразования и соединения первичного преобразователя с электронной схемой, высокий уровень унификации и технологичности делают более предпочтительным использование в системах ЧПУ ЦПП с промежуточным преобразованием перемещения в фазовый сдвиг. Преобразование перемещения

в код здесь осуществляется в два этапа: на первом этапе измеряемое перемещение преобразуется в фазовый сдвиг выходного напряжения ППП относительно опорного, а на втором - выделенный фазовый сдвиг - в двоичный код.

2. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПЕРВИЧНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ

Для формирования фазового сдвига пропорционального перемещению рабочих органов МРС и ПР в их исполнительных системах в качестве датчиков обратной связи по положению широкое применение находят электромагнитные первичные преобразователи перемещений (ЭПП) трансформаторного типа: одно и многополюсные вращающиеся трансформаторы (ВТ), сельсины, редуктосины и индуктосины.

Особенностью многополюсных ВТ, редуктосинов и индуктосинов является реализация принципа электрической редукции, что позволяет уменьшить погрешность измерения в число раз, пропорциональное передаточному отношению электрической редукции. Недостатком перечисленных ЭПП является большая величина коэффициента ослабления выходного сигнала.

В зависимости от способа питания первичных обмоток различают два основных режима работы ЭПП: амплитудный и фазовый. Высокая помехозащищенность, а следовательно, и точность обусловили более широкое распространение фазового метода измерения перемещения в электромагнитных преобразователях перемещений (ЭПП).

По числу фаз питания фазовые ППП делятся на одно и многофазные. Основные сведения о параметрах и характеристиках ФППП, а также возможные варианты структурных схем их включения приведены в литературе 121.

3. ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ФАЗА-КОД (ПФК)

Служат для реализации второго этапа измерения перемещений: преобразования аналогового сигнала на выходе ЭППП в цифровой код.

В зависимости от структуры построения различают ПФК компенсационного типа и прямого преобразования. В свою очередь, по принципу преобразования

кодového сигнала первые подразделяют на ПФК с механическим и цифровым эталонным фазовращателем, а ПФК прямого преобразования - на ПФК с промежуточным, время-импульсным преобразованием и ПФК с преобразованием частоты [1].

Высокая точность преобразования и простота конструкции определили более широкое распространение в технике ПФК прямого измерения с время-импульсным преобразованием, работающих по схеме: фазовый сдвиг - временный интервал - код. Различают две группы таких преобразователей: с изменением фазового сдвига за один период изменения рабочего напряжения (рис.5.1) и с изменением за несколько периодов (рис.5.2).

В преобразователях первой группы нуль-органы Н01 и Н02 фиксируют моменты перехода от положительной полуволны к отрицательной опорного U_0 и измерительного U_u напряжений фазовращателя (ФВ) через ноль и выдают короткие импульсы на входы триггера Т. При этом на выходе триггера формируется импульс, длительность которого пропорциональна фазовому сдвигу между U_0 и U_u . Временной интервал, равный длительности импульса на выходе Т, с помощью генератора (G) импульсов и схемы совпадения преобразуется в последовательность импульсов высокой частоты. При этом число импульсов, подсчитанных двоичным счетчиком СТ, связано с преобразуемым фазовым сдвигом выражением

$$N = (\theta/2\pi)f_G f_0^{-1},$$

где f_G и f_0 - частоты генератора импульсов и опорного напряжения ФВ, θ - фазовый сдвиг.

Точность преобразования таких ПФК зависит от стабильности частот f_G и f_0 , погрешности, обусловленной неоднозначностью считывания, ограниченностью времени преобразования, неопределенностью старт и стоп импульсов относительно импульсов G [1].

Применение ПФК с измерением фазы за несколько периодов изменения U_0 (рис.5.2) позволяет в значительной степени уменьшить большинство из перечисленных погрешностей преобразования.

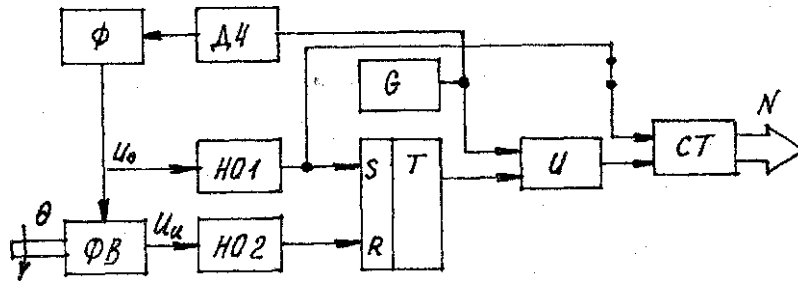


Рис. 5.1. Функциональная схема ПФК с изменением фазового сдвига за один период изменения U_0 : Ф - фильтр; ДЧ - делитель частоты; ФВ - фазовращатель; НО $_i$ - ноль-орган; Б - генератор импульсов; Т - триггер; И - схема совпадения; СТ - двоичный счетчик

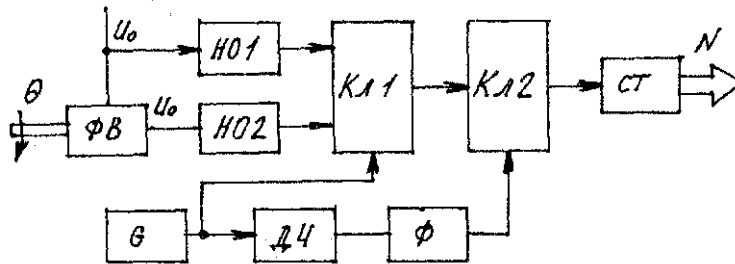


Рис. 5.2. Функциональная схема ПФК с постоянным временем измерения (Кл1, Кл2 - ключевые схемы)

Период усреднения T_y здесь формируют с помощью схемы, состоящей из делителя ДУ, формирователя Ф и триггера К 2, на выходе которого формируется импульс длительностью

$$T_y = K f_G^{-1}, \quad (2)$$

где K - коэффициент деления ДУ.

При этом число импульсов, поступающих на вход ДС, равно

$$\begin{aligned} N &= (\theta/2\pi) \cdot (f_Q/f_0) \cdot (T_y/T_0) = ((\theta/2\pi) (f_G/f_0) - (K/f_G)) f_0 = \\ &= K \cdot (\theta/2\pi). \end{aligned} \quad (3)$$

4. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

В основу лабораторной установки положен блок связи с датчиками обратной связи (БСКТ) УЧПУ 2Р-22, применяемый для программного управления МРС и ПР.

Блок состоит из схемы питания датчиков, формирующей сигналы $\sin 15700t$ и $\cos 15700t$ для питания обмоток возбуждения БСКТ, фильтра компаратора

(ФК), предназначенного для фильтрации опорного сигнала с; последующим преобразованием синусоидального сигнала в прямоугольный, схемы оцифровки (ОИ) "999" и "999," , предназначенной для полного преобразования изменения фазы в функции перемещения в двоично-десятичный код, и фильтров компаратора измерительного сигнала [2].

В основу принципа действия блоков положена функциональная схема ПФК время-импульсного типа (см.рис.5.1, 5.2). Для формирования высокочастотного сигнала в стенде используется штатная плата УЧПУ 2Р-22 генератора импульсов (G) [2,3]. Контроль угла поворота вала ЕСКТ осуществляется с помощью панели индикаторов ИН-14, связанных с выходами блока согласования через дешифратор DC, выполненный на микросхемах К155ИД1.

Функциональная схема стенда приведена на рис.5.3.

Принципиальные электрические схемы заимствованных блоков приведены в техническом описании УЧПУ 2Р-22 С33.

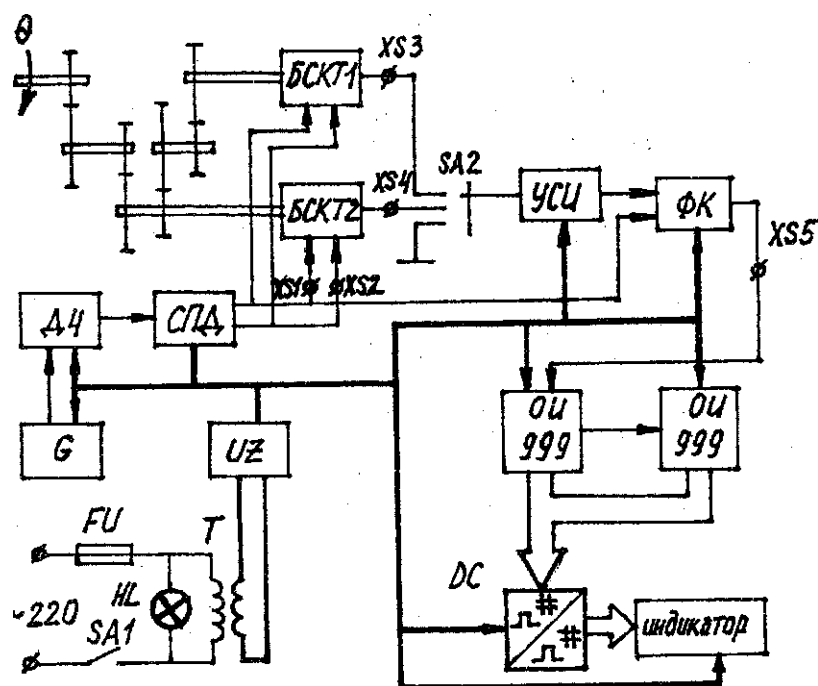


Рис. 5.3. Функциональная схема лабораторного стенда

5. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучить конструкцию, принцип действия, режимы работы электромагнитных преобразователей перемещений [1].
2. Изучить функциональные электрические схемы платы оцифровки измерительного сигнала и принципиальную электрическую схему: платы питания датчиков (ЕСКТ) УЧПУ 2Р-22 [2,3].
3. Включить стенд. При этом должна загореться лампа сигнализации на лицевой панели стенда.
4. С помощью осциллографа снять и построить временные диаграммы изменения напряжений в контрольных точках X51...XS5 блока связи при различных положениях ротора датчика обратной связи (БСКТ). Построить статическую характеристику преобразователя.
5. Снять статическую характеристику преобразователя при отклонении фазового сдвига напряжения возбуждения фазовращателя от 90° . Построить графики статических погрешностей преобразователя.
6. Снять статическую характеристику преобразователя при несовпадении амплитуд напряжения возбуждения фазовращателя. Построить графические зависимости для статической погрешности преобразователя.
7. По полученным диаграммам объяснить функциональное назначение основных узлов измерительной системы УЧПУ 2Р-22.

6. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Основные положения, схемы, выводы.
2. Временные диаграммы изменения напряжений.
3. Отчет оформляется в соответствии с требованиями ЕСКД.

РЕКОМЕНДОВАННЫЙ БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Домрачев В.Г., Матвеевский В.Р., Смирнов Ю.С. Схемотехника цифровых преобразователей перемещений. М.: Энергоатомиздат, 1987, 392 с.
2. Электроника устройств' информационной автоматики: Учеб. /Под общ.ред.А.А.Краснопрошиной. Киев: Выща шк. 1989, 236 с.

3. Техническое описание УЧПУ 2Р-22. Блок приборный. 1982, 28 с.