

Кафедра «Приборостроение, метрология и сертификация»

К.В. Подмастерьев

ТОЧНОСТЬ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

Методические указания по выполнению расчетно-графических работ
по дисциплине «Точность измерительных устройств»

Дисциплина «Точность измерительных устройств»

Направление 12.03.01 – Приборостроение

Автор: доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой
приборостроения, метрология и сертификация К.В. Подмастерьев;

Рецензент: кандидат технических наук доцент кафедры «Приборостроение,
метрология и сертификация» В.В. Марков

Методические указания предназначены для студентов, обучающихся по направлению подготовки бакалавров 12.03.01 «Приборостроение», Указания содержат общие положения по содержанию и оформлению расчетно-графической работы, задания и исходные данные (25 вариантов), порядок выполнения работы и список рекомендованной литературы.

Методические указания рассмотрены и одобрены:

на заседании кафедры ПМиС

протокол № ____ от «____» _____ 2016 г.,

Заведующий кафедрой _____

К.В. Подмастерьев

Методические указания утверждены на заседании НМС ИПАИТ

протокол № ____ от «____» _____ 2016 г.

Председатель НМС:

_____ К.В. Подмастерьев

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Содержание расчетно-графических работ

Одной из основных задач изучения дисциплины «Точность измерительных устройств» является формирование практических навыков проведения синтеза измерительных цепей по точностным критериям и анализа точности измерительных приборов и систем на этапе их проектирования. Решению указанной задачи и посвящена данная расчетно-графическая работа. В процессе выполнения работы студент углубляет теоретические знания и получает практические навыки в области составления математического описания измерительных цепей в статическом режиме, проведения их параметрического синтеза по критерию минимума погрешности приближения, выявления и расчета основных составляющих погрешностей измерительных цепей, проведения анализа точности прибора методами максимума-минимума, вероятностного анализа, ситуационного моделирования.

Программой курса предусмотрено выполнение двух расчетно-графических работ, первая из которых посвящена анализу точности измерительного устройства, а вторая – синтезу измерительного устройства по точностным параметрам.

В настоящих методических указаниях представлены двадцать пять вариантов индивидуальных заданий. Изложены цели работ, описан объект проектирования, представлены исходные данные для проектирования, методические указания по выполнению расчетов, правила оформления работы, список рекомендованной литературы.

Основным источником литературы, необходимым для выполнения расчетно-графической работы, является учебное пособие [1], в котором в достаточном объеме представлена теоретическая часть, рассмотрены базовые алгоритмы и примеры проведения требуемых расчетов. Настоящие указания (раздел «Порядок выполнения работы») содержат ссылки на конкретные главы и параграфы источника [1] по мере выполнения различных этапов работы. В качестве справочной литературы при решении различных задач синтеза и анализа точности могут использоваться сведения из иных источников.

Оформление работы

Расчетно-графические работы оформляются на листах стандартного формата А4 (297х210 мм). Форма титульного листа представлена в приложении А.

Работа должна включать: схемы проектируемого устройства; исходные данные для проектирования; условие задачи; основные результаты; графики погрешностей; выводы и рекомендации. Все схемы и рисунки необходимо выполнять в соответствии с требованиями действующих стандартов ЕСКД.

В конце работы необходимо представить список использованных источников.

2 ЗАДАНИЕ

2.1 Цель расчетно-графических работ:

- формирование практических навыков проведения анализа точности измерительных цепей с учетом погрешностей от несоответствия действительных значений внутренних параметров номинальным значениям (работа № 1);
- формирование практических навыков проведения параметрического синтеза измерительных цепей по критерию минимума погрешности приближения аналитическим методом (работа № 2).

2.2 Объект проектирования:

- синусный рычажно-зубчатый измерительный механизм по схеме рисунка 1.

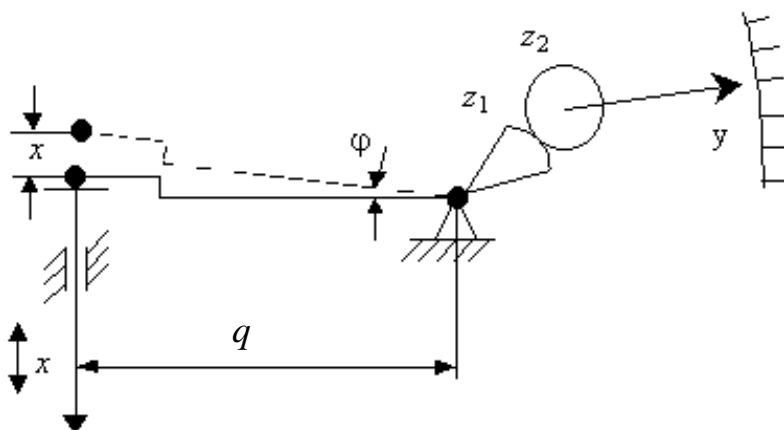


Рисунок 1 – Схема синусного рычажно-зубчатого механизма

2.3 Исходные данные

При проектировании рычажно-зубчатого измерительного механизма необходимо определить параметры измерительной цепи, обеспечивающие минимальную погрешность приближения, а также рассчитать погрешность измерительного устройства при обеспечении характеристик точности отдельных параметров согласно данным таблицы 1, где q – длина рычага; $Z_{1(2)}$ – число зубьев колес в зубчатой паре; $\Theta_{шк}$ – угол шкалы; $Z_{шк}$ – число делений шкалы; C – цена деления шкалы; α – погрешность начального положения рычага; β – перекося (отклонение от перпендикулярности) площадки толкателя; $\Delta\Phi$ – отклонение формы рабочей поверхности (отклонение от плоскостности) толкателя.

Таблица 1 – Исходные данные для расчета

№ вар.	Исходные данные для проектирования						Характеристики точности параметров				
	Диапазон, мм	Z_1/Z_2	$\Theta_{шк},$ рад	$Z_{шк}$	$C,$ мм	$\Delta y_{мак},$ мм	$\Delta \Theta_{шк},$ рад	$\Delta q,$ мм	$\alpha, \text{ рад}$	$\beta, \text{ рад}$	$\Delta \Phi,$ мм
1	-0,5; 0,5	8	$2\pi/3$	100	0,01	0,01	$\pm 0,070$	$\pm 0,0005$	-0,0175	0,0175	$\pm 0,001$
2	-0,4; 0,4	8	$\pi/2$	80	0,01	0,01	$\pm 0,035$	$\pm 0,0005$	$\pm 0,0175$	-0,0175	$\pm 0,002$
3	-0,25; 0,25	10	$2\pi/3$	100	0,005	0,005	$\pm 0,035$	$\pm 0,0005$	0,035	0,0175	$\pm 0,0005$
4	0; 1,0	6	$3\pi/4$	100	0,01	0,01	$\pm 0,070$	$\pm 0,0005$	0,0175	$\pm 0,035$	$\pm 0,001$
5	-0,5; 0,5	10	$3\pi/4$	50	0,02	0,02	$\pm 0,035$	$\pm 0,0005$	-0,0175	-0,0175	$\pm 0,002$
6	-0,4; 0,4	10	$2\pi/3$	80	0,01	0,01	$\pm 0,035$	$\pm 0,0005$	0,0175	0,0175	$\pm 0,002$
7	-0,25; 0,25	8	$\pi/2$	50	0,01	0,01	$\pm 0,035$	$\pm 0,0005$	-0,035	0,035	$\pm 0,001$
8	0; 1,0	4	$2\pi/3$	100	0,01	0,01	$\pm 0,035$	$\pm 0,0005$	$\pm 0,0175$	-0,0175	$\pm 0,002$
9	-0,5; 0,5	8	$3\pi/4$	100	0,01	0,01	$\pm 0,070$	$\pm 0,0005$	0,035	$\pm 0,0175$	$\pm 0,001$
10	-0,4; 0,4	10	$2\pi/3$	160	0,005	0,005	$\pm 0,035$	$\pm 0,0005$	$\pm 0,0175$	$\pm 0,035$	$\pm 0,0005$
11	-0,25; 0,25	10	$\pi/2$	100	0,005	0,005	$\pm 0,035$	$\pm 0,0005$	-0,0175	0,0175	$\pm 0,0005$
12	0; 1,0	4	$2\pi/3$	50	0,02	0,02	$\pm 0,035$	$\pm 0,0005$	$\pm 0,035$	$\pm 0,035$	$\pm 0,002$
13	-0,5; 0,5	5	$2\pi/3$	100	0,01	0,01	$\pm 0,035$	$\pm 0,0005$	-0,0175	0,0175	$\pm 0,001$
14	-0,4; 0,4	5	$3\pi/4$	80	0,01	0,01	$\pm 0,070$	$\pm 0,0005$	$\pm 0,0175$	$\pm 0,0175$	$\pm 0,001$
15	-0,25; 0,25	10	$\pi/2$	50	0,01	0,01	$\pm 0,035$	$\pm 0,0005$	0,0175	-0,0175	$\pm 0,001$
16	0; 1,0	4	$4\pi/5$	100	0,01	0,01	$\pm 0,070$	$\pm 0,0005$	$\pm 0,035$	0,035	$\pm 0,001$
17	-0,5; 0,5	8	$4\pi/5$	100	0,01	0,01	$\pm 0,070$	$\pm 0,0005$	0,0175	$\pm 0,0175$	$\pm 0,001$
18	-0,4; 0,4	8	$4\pi/5$	80	0,01	0,01	$\pm 0,070$	$\pm 0,0005$	-0,035	0,0175	$\pm 0,002$
19	-0,25; 0,25	8	$\pi/2$	50	0,01	0,01	$\pm 0,035$	$\pm 0,0005$	$\pm 0,0175$	-0,035	$\pm 0,001$
20	0; 1,0	10	$\pi/2$	50	0,02	0,02	$\pm 0,035$	$\pm 0,0005$	0,0175	$\pm 0,0175$	$\pm 0,002$
21	-0,5; 0,5	6	$2\pi/3$	50	0,02	0,02	$\pm 0,035$	$\pm 0,0005$	-0,035	0,035	$\pm 0,002$
22	-0,4; 0,4	6	$3\pi/4$	80	0,01	0,01	$\pm 0,070$	$\pm 0,0005$	$\pm 0,0175$	$\pm 0,0175$	$\pm 0,001$
23	-0,25; 0,25	6	$2\pi/3$	100	0,005	0,005	$\pm 0,035$	$\pm 0,0005$	$\pm 0,0175$	0,0175	$\pm 0,0005$
24	0; 1,0	6	$2\pi/3$	100	0,01	0,01	$\pm 0,070$	$\pm 0,0005$	-0,035	0,035	$\pm 0,001$
25	-0,5; 0,5	5	$2\pi/3$	100	0,01	0,01	0,035	$\pm 0,0005$	0,0175	$\pm 0,0175$	$\pm 0,001$

3 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ «АНАЛИЗ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА»

3.1 Составление математического описания измерительного устройства. Выполняется в соответствии с алгоритмом п. 2.1 и примера 1 п.4.1 пособия [1].

3.2 Определение выражения для погрешности приближения.

3.3 Определение значения внутреннего параметра q из условия равенства нулю значения погрешности приближения по максимальной значении входной величины (на пределе измерений).

3.4 Проведение анализа точности измерительного устройства

При анализе точности в качестве основных составляющих погрешности рассматриваются:

- погрешность приближения;
- погрешности от несоответствия действительных значений внутренних параметров расчетным значениям (см.: таблицу 1).

При расчете погрешности от несоответствия действительных значений внутренних параметров расчетным значениям следует использовать аналитический метод определения частных погрешностей согласно алгоритмам расчета, представленным в п 5.3.1, 5.4, 5.6 и 5.8 с учетом примера 2 п. 5.3.1 источника [1].

Алгоритм расчета погрешности от несоответствия действительных значений внутренних параметров расчетным значениям следующий:

- анализ первичных погрешностей, определение их вида, характера изменения, численных значений, математическое описание первичных погрешностей;
- расчет частных погрешностей в зависимости от вида первичных;
- определение суммарной погрешности по совокупности частных.

Анализ точности произвести тремя методами;

- методом максимума-минимума (п. 7.2 [1]);
- методом вероятностного анализа (п. 7.3 [1]);
- методом ситуационного моделирования (п. 7.4 [1])

Анализ полученных результатов, выводы.

3.5. Содержание графической части работы:

- схема кинематическая принципиальная синусного рычажно-зубчатого измерительного механизма;
- схема функциональная синусного рычажно-зубчатого измерительного механизма;
- графики изменения погрешности приближения и частных погрешностей объекта расчета при различных методах анализа;
- графики изменения суммарной погрешности синусного рычажно-зубчатого измерительного механизма при различных методах анализа.

4 ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ «СИНТЕЗ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА ПО ТОЧНОСТНОМУ КРИТЕРИЮ»

4.1 Проведение синтеза параметров на основе полученного в работе № 1 математического описания измерительного устройства.

В качестве определяемого параметра рассчитываемого устройства выступает длина рычага q . Осуществляется в соответствии с п. 4.3.3 [1] и примера 1 п. 4.3.4 [1].

Итогом синтеза должно явиться оптимальное значение внутреннего параметра q .

4.2 Проведение анализа точности измерительного устройства с учетом полученного оптимального значения параметра.

При анализе точности в качестве основных составляющих погрешности рассматриваются:

- погрешность приближения;
- погрешности от несоответствия действительных значений внутренних параметров расчетным значениям (см.: таблицу 1).

При расчете погрешности от несоответствия действительных значений внутренних параметров расчетным значениям следует использовать аналитический метод определения частных погрешностей согласно алгоритмам расчета, представленным в п 5.3.1, 5.4, 5.6 и 5.8 с учетом примера 2 п. 5.3.1 источника [1].

Алгоритм расчета погрешности от несоответствия действительных значений внутренних параметров расчетным значениям следующий:

- анализ первичных погрешностей, определение их вида, характера изменения, численных значений, математическое описание первичных погрешностей;
- расчет частных погрешностей в зависимости от вида первичных;
- определение суммарной погрешности по совокупности частных.

Анализ точности произвести тремя методами;

- методом максимума-минимума (п. 7.2 [1]);
- методом вероятностного анализа (п. 7.3 [1]);
- методом ситуационного моделирования (п. 7.4 [1])

Анализ полученных результатов, сравнение полученных зависимостей и предельного значения погрешности с результатами, полученными при выполнении работы № 1. Выводы по работе

4.3. Содержание графической части данного этапа работы:

- схема кинематическая принципиальная синусного рычажно-зубчатого измерительного механизма;
- схема функциональная синусного рычажно-зубчатого измерительного механизма;
- графики изменения погрешности приближения и частных погрешностей

объекта расчета при различных методах анализа;

- графики изменения суммарной погрешности синусного рычажно-зубчатого измерительного механизма при различных методах анализа.

- графики изменения суммарной погрешности синусного рычажно-зубчатого измерительного механизма до и после оптимизации погрешности приближения при различных методах анализа.

4 РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Подмастерьев К.В. Точность измерительных устройств; Учебное пособие (Рекомендовано УМО по образованию в области приборостроения и опто-техники в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений). – Орел: ОрелГТУ, 2004. – 140 с.

Приложение А
Форма титульного листа

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «ОГУ им. И.С. ТУРГЕЕВА»

Кафедра ПМиС

РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1 (№ 2)
АНАЛИЗ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА
(СИНТЕЗ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА
ПО ТОЧНОСТНОМУ КРИТЕРИЮ)

по дисциплине:
«ТОЧНОСТЬ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ»

СТУДЕНТ _____

ШИФР _____

ГРУППА _____

ОТМЕТКА О ЗАЧЕТЕ _____

ОРЕЛ, (год)