

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО

ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

"МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ»

МГУПС (МИИТ)

**Одобрено кафедрой
«Электрификация и
электрообеспечение»**

**СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ И ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ
ИЗМЕРЕНИЙ**

ЗАДАНИЕ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ

по дисциплине

МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ

с методическими указаниями

для студентов II курса

направления подготовки 190901.65 Системы обеспечения движения поездов
(СДс)

профили «Автоматика и телемеханика на железнодорожном транспорте
(СА)»

«Телекоммуникационные системы и сети железнодорожного транспорта
(СТ)»

«Электрообеспечение железных дорог (СЭ)»
(полный циклы обучения)

Москва 2012

Составители : канд. техн. наук, доц. Л.Г. Ручкина
канд. техн. наук, доц. В.И. Седов
ст. преп. Г.М. Мамедов

Требования к оформлению контрольных работ

Оформление контрольной работы должно удовлетворять следующим требованиям:

1. В начале каждой контрольной работы должны быть указаны: номер контрольной работы; дисциплина; фамилия, имя, отчество; курс, факультет, специальность; учебный шифр студента.

2. Работы, оформленные небрежно, вызывающие затруднения или сомнения при их чтении, возвращаются студенту для переработки.

Страница тетради должны быть пронумерованы, на каждой из них следует оставлять поля шириной не менее 3 см для замечаний рецензента.

3. Все расчетные действия должны сопровождаться краткими, но четкими пояснениями.

4. Для обозначения электрических величин могут применяться только условные буквенные обозначения в соответствии с действующим ГОСТом.

5. Обозначения электрических величин в тексте, в формулах, на векторных диаграммах и электрических схемах должны быть согласованы и расшифрованы один раз в каждой задаче.

6. Схемы, векторные диаграммы и графики должны выполняться с применением чертежных инструментов согласно ЕСКД “Обозначения условные графические в схемах”. Кривые и графики должны иметь размеры не менее 10 × 10 см.

Задача № 1

ВЕРОЯТНОСТНЫЕ ОЦЕНКИ ПОГРЕШНОСТИ РЕЗУЛЬТАТА ИЗМЕРЕНИЙ

В электрической цепи постоянного тока цифровыми приборами произведены прямые измерения напряжения и сопротивления.

Для уменьшения влияния случайных помех на результаты измерений произведено n -независимых наблюдений одного и того же напряжения и сопротивления.

Результаты измерений представлены в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Число наблюдений, n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Показание вольтметра, В	8,906	8,915	8,913	8,921	8,925	8,929	8,917	8,915	8,919	8,914	8,921	8,921	8,925	8,923	8,917
Показание омметра, Ом	16,812	17,015	16,930	16,783	16,861	16,744	17,055	16,856	16,978	16,900	16,856	16,813	16,833	16,909	16,878

Таблица 2

Наименование величин	Предпоследняя цифра шифра	Последняя цифра учебного шифра									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Измеряемая величина и число наблюдений (n)	напряжение 1, 3, 5, 7, 9	8	5	12	9	14	7	13	6	10	15
	сопротивление 0, 2, 4, 6, 8	12	8	6	13	10	5	4	11	7	9
Значения доверительных вероятностей, P _д	0 — 9	0,80; 0,95	0,95; 0,98	0,80; 0,99	0,95; 0,99	0,80; 0,99	0,95; 0,99	0,95; 0,98	0,80; 0,98	0,80; 0,99	0,80; 0,95

По исходным данным, приведенным в таблицах 1 и 2, требуется определить:

- выборочное среднее значение проведенных наблюдений — \bar{A} ;
- абсолютную погрешность каждого из n-наблюдений — $\bar{\Delta}_i$;
- среднеквадратичное отклонение результата наблюдений — $\bar{\delta}$ и среднеквадратичное отклонение результата измерения — $\bar{\delta}_{\text{ср}}$;
- верхнюю $\Delta_{\text{В}}$ и нижнюю границу $\Delta_{\text{Н}}$ доверительного интервала, используя распределение Стьюдента, для значений двух доверительных вероятностей, указанных в табл. 2;
- записать результат обработки измерений в виде $X = \bar{A} \pm \Delta$;

Методические указания к решению задачи №1

При практическом осуществлении процесса измерения, независимо от точности средств измерений и правильности методики измерений, результаты измерений отличаются от истинного значения измеряемой величины, т.е. неизбежны погрешности результата измерений.

Погрешности измерений имеют случайные Δ° и систематические погрешности $\Delta_{\text{СИ}}$.

Систематические погрешности имеют определенную закономерность и в ряде случаев их можно вычислить и исключить.

Влияние случайной погрешности определяют использованием многократных измерений.

Аналитически случайная погрешность измерений описывается и оценивается с помощью аппарата теории вероятностей и математической статистики.

По результатам наблюдений находят наилучшую оценку истинного значения $X_{И}$ и интервал, в котором находится сама величина $X_{И}$ с заданной вероятностью.

Абсолютной случайной погрешностью Δ_i , выражаемой в единицах измеряемой величины, называют отклонение результата i -го наблюдения X_i от истинного значения $X_{И}$.

$$\Delta_i = X_i - X_{И}.$$

При нормальном законе распределения погрешности Δ_i за истинную величину $X_{И} = A$ принимают ее оптимальную оценку $\bar{X} = \bar{A}$ в виде среднего арифметического значения (оценки математического ожидания) выполненного ряда наблюдений

$$\bar{X} = \bar{A} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n}{n} = \sum_{i=1}^n \frac{X_i}{n}.$$

Абсолютную погрешность каждого из n наблюдений вычисляют

$$\bar{\Delta}_i = X_i - \bar{X}.$$

Алгебраическая сумма случайных отклонений отдельных наблюдений от среднего арифметического значения при достаточно большом числе измерений равна нулю:

$$\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X}) = 0.$$

Далее определяется оценка среднеквадратичного отклонения $\bar{\delta}$ наблюдений, характеризующая точность метода измерений:

$$\bar{\delta} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\bar{\Delta}_i)^2}.$$

Оценка $\bar{X} = \bar{A}$ измеряемого истинного значения $X_{И} = A$ зависит от числа наблюдений n и является случайной величиной. В связи с этим определяют среднеквадратичное отклонение результата измерения, которое характеризует степень разброса значений $\bar{X} = \bar{A}$ по отношению к истинному значению и определяется по формуле:

$$\bar{\delta}_{\text{ср}} = S(\bar{A}) = \frac{\bar{\delta}}{\sqrt{n}}.$$

На практике для оценки точности и надежности полученных результатов пользуются доверительной вероятностью и доверительным интервалом.

Под доверительной вероятностью P_d понимается вероятность появления погрешности, не выходящей за некоторые принятые границы. Этот интервал называется доверительным интервалом, а характеризующая его вероятность — доверительной вероятностью.

Определим вероятность P_d того, что измеряемая величина $X_{и} = A$ находится в заранее заданном интервале с нижней и верхней границами $(\bar{A}-\Delta_r, \bar{A}+\Delta_r)$.

Учитывая, что \bar{A} случайная величина, можно записать

$$P_d = P(\bar{A}-\Delta_r \leq X_{и} \leq \bar{A}+\Delta_r),$$

где P — вероятность выполнения соответствующих неравенств.

При поиске доверительного интервала вероятность P_d задают равной 0,8-0,99. Если число наблюдений $n < 20$, то для расчета доверительной границы Δ_r можно использовать распределение Стьюдента, учитывающее число «n». Значения коэффициентов $t(P_d, n)$ этого распределения приведены в табл. 3.

Таблица 3

Коэффициенты Стьюдента $t(P_d, n)$

n	P			
	0,80	0,95	0,98	0,99
1	3,08	12,71	31,82	63,66
2	1,89	4,30	6,97	9,93
3	1,64	3,18	4,54	5,84
4	1,53	2,78	3,75	4,60
5	1,48	2,57	3,36	4,03
6	1,44	2,45	3,14	3,71
7	1,42	2,37	3,00	3,50
8	1,40	2,31	2,90	3,35
9	1,38	2,26	2,82	3,25
10	1,37	2,23	2,76	3,17

11	1,36	2,20	2,72	3,11
12	1,36	2,18	2,68	3,05
13	1,35	2,16	2,65	3,01
14	1,34	2,14	2,62	3,00
15	1,34	2,13	2,60	2,95
16	1,34	2,12	2,58	2,92
17	1,33	2,11	2,57	2,90
18	1,33	2,10	2,55	2,88
19	1,33	2,10	2,54	2,86
20	1,32	2,09	2,53	2,84
25	1,32	2,06	2,49	2,79
30	1,31	2,04	2,46	2,75
∞	1,28	1,96	2,33	2,58

Весь необходимый теоретический материал, а также формулы для решения этой задачи могут быть получены из рекомендуемой литературы. [1,2,3]

Задача № 2

ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ

Технический амперметр электродинамической системы с номинальным током I_n , с числом номинальных делений $\alpha_n = 100$ имеет оцифрованные деления от нуля до номинального значения, проставленные на каждой пятой части шкалы (стрелки обесточенных амперметров занимают нулевое положение). Поверка технического амперметра осуществлялась образцовым амперметром той же системы.

Исходные данные для выполнения задачи указаны в табл. 4.

1. Привести схему поверки .
2. Определить поправки измерений.
3. Построить график поправок.
4. Определить приведенную погрешность.

Таблица 4

Числовые значения для задачи №2

Поверяемый амперметр	Предпоследняя цифра цифра цифра	Последняя цифра шифра									
Абсолютная погрешность Δ_1 , А	-	-0,01	+0,03	-0,04	+0,02	-0,03	+0,05	- 0,04	+0,02	-0,06	+0,03
	-	+0,02	-0,04	+0,06	-0,08	+0,05	-0,08	+0,03	+0,04	-0,03	+0,06
	-	- 0,03	+0,05	-0,03	+0,07	+0,04	-0,04	+0,06	-0,05	+0,08	-0,05
	-	+0,04	-0,06	+0,02	-0,05	-0,08	+0,02	- 0,07	+0,06	-0,02	+0,04
	-	-0,05	+0,07	-0,01	+0,04	-0,06	+0,03	-0,02	-0,08	+0,05	-0,02
Номинальный ток I_n , А	0;5	2,5	20	15	20	5,0	10	5	10	2,5	15
	1;6	10	1,0	20	15	1,0	2,5	15	20	5,0	2,5
	2;7	5,0	10	1,0	2,5	2,5	20	10	2,5	10	5,0
	3;8	20	15	2,5	10	5	5	20	5,0	20	10
	4;9	15	2,5	10	5	20	15	2,5	15	1,0	20

5. Указать, к какому ближайшему стандартному классу точности относится данный прибор. Если прибор не соответствует установленному классу точности, указать на это особо.

Методические указания к решению задачи № 2

Весь необходимый теоретический материал, а также формулы для решения этой задачи могут быть получены из рекомендуемой литературы. [3]. Результаты решения задачи записать в табл. 5.

Таблица 5

Оцифрованные деления шкалы, А	Абсолютная погрешность Δ_1, A	Поправка измерений δ_1, A	Приведенная погрешность $\gamma_n, \%$

Задача №3

ПРИНЦИП РАБОТЫ ЦИФРОВЫХ ВОЛЬТМЕТРОВ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИХ ПОГРЕШНОСТЕЙ

Для измерения напряжения в цепи постоянного тока использовался цифровой вольтметр (ЦВ) с времяимпульсным преобразованием. Исходные данные приведены в табл. 13

Принять для вариантов (последняя цифра шифра):

0; 2; 4; 6; 8 — времяимпульсный вольтметр с генератором линейно изменяющегося напряжения (ГЛИН);

1; 3; 5; 7; 9 — времяимпульсный вольтметр с двойным интегрированием.

В соответствии с вариантом:

1. Составить структурную схему цифрового измерительного прибора (ЦИП) и временную диаграмму аналого-цифрового преобразователя (АЦП).

2. Объяснить назначение отдельных узлов ЦИП.

3. Определить время измерений и число импульсов, прошедших на вход счетчика импульсов (СИ).

4. Объяснить составляющие погрешности ЦИП.

5. Определить погрешность измерения заданного напряжения.

6. Пояснить достоинства и недостатки ЦИП.

Таблица 13

Наименование величин	Предпоследняя цифра шифра	Последняя цифра шифра									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Показание вольтметра $U_x, U_{xcp}, В$	0; 5	9,74	13,6	27,5	36,8	4,53	93,6	21,4	0,79 1	73,5	2,78
	1; 6	8,35	12,5	26,1	41,3	3,85	87,1	23,6	0,83 5	68,4	2,36
	2; 7	6,24	14,8	27,9	45,1	2,94	74,5	18,4	0,96 4	72,9	2,84
	3; 8	9,11	13,3	22,5	28,6	4,18	94,8	17,9	0,73 1	64,8	2,55
	4; 9	7,65	9,65	28,3	32,4	3,48	76,9	20,7	0,93 9	79,2	2,10
Номинальное напряжение вольтметра — $U_n, В$	0 — 9	10	15	30	50	5	100	25	1,0	80	3,0
Коэффициент скорости	0 — 9	5,2	7,5	7,2	12,5	5,0	8,0	25	4,5	15	3,9

изменения напряжения на выходе ГЛИН — s, В/с											
Частота генератора счетных импульсов — f ₀ , МГц	0 — 9	2,6	2,5	1,2	1,0	4,0	3,2	2	9,0	1,5	2,6
Напряжение на выходе интегратора — U _и = U _{ион} , В	0 — 9	0,62 4	0,6	0,64 8	0,75	0,65	0,56	0,50	0,80	0,60	0,78
Интервал времени интегрирования входного напряжения — T ₁ , с	0 — 9	0,12	0,08	0,09	0,06	0,13	0,07	0,02	0,18	0,04	0,5

Методические указания к решению задачи №3

Пределы допускаемой основной погрешности δ в процентах принято выражать по формуле:

$$\delta = \pm \left[c + d \left(\frac{u_k}{u} - 1 \right) \right],$$

т.е. в виде дольного значения предела допускаемой основной погрешности, где c, d — отвлеченные положительные числа из ряда чисел $1 \cdot 10^n$; $1,5 \cdot 10^n$; $2 \cdot 10^n$; $2,5 \cdot 10^n$; $4 \cdot 10^n$; $5 \cdot 10^n$, где n = 1, 0, -1, -2 т.д.;

u_k — конечное значение диапазона измерений прибора;

u — измеряемое напряжение.

Класс точности цифровых средств измерений, у которых аддитивная и мультипликативная составляющие основной погрешности соизмеримы, обозначаются отношением $\frac{c}{d}$, которое должно удовлетворять условию

$$\frac{c}{d} > 1.$$

При определении погрешности измерения в задаче можно принять c = 0,05, d = 0,03.

Более подробно с устройствами и принципами работы цифровых измерительных приборов можно ознакомиться в рекомендуемой литературе. [2,4,5]

Задача №4

АВТОМАТИЗАЦИЯ ИЗМЕРЕНИЙ

В задаче необходимо ответить на два вопроса в соответствии с вариантом. Из табл. 14 по двум последним цифрам учебного шифра выбираются номера вопросов, а из табл. 15 содержание вопросов.

Таблица 14

Вариант (последняя цифра учебного шифра)	Номер вопроса	Вариант (предпоследняя цифра учебного шифра)	Номер вопроса
0; 5	1	0; 9	6
1; 6	2	2; 7	7
2; 7	3	4; 5	8
3; 8	4	6; 1	9
4; 9	5	8; 3	10

Таблица 15

№ опроса	Содержание вопроса
1	Назначение, структурная схема и архитектура построения компьютерных измерительных систем.
2	Общие сведения, структурное построение, описание структурной схемы и основные характеристики виртуальных приборов.
3	Основные понятия об информационно-измерительных системах (ИИС) и их классификация.
4	Обобщенная структурная схема информационно-измерительной системы, ее краткое описание и назначение функциональных блоков.
5	Назначение и виды измерительных систем (ИС) и обобщенная структурная схема.
6	Измерительные системы последовательного и последовательно-параллельного действия.
7	Многомерные и аппроксимирующие измерительные системы.
8	Автоконтроль. Назначение, основные функции и упрощенная структурная схема.
9	Интеллектуальные измерительные системы.
10	Техническое обеспечение информационно-измерительных систем и совокупность устройств входящих в систему.

Методические указания к решению задачи №4

Ответ на вопрос должен содержать не менее 3-4 страниц.
Весь необходимый теоретический материал для ответа на вопросы может быть получен из рекомендуемой литературы. [4,5,8]

Рекомендуемая литература

Основная

1. Метрология, стандартизация, сертификация и электроизмерительная техника: Учебное пособие. Ким К.К., Анисимов Г.Н., Барбарович В.Ю., Литвинов Б.Я. СПб.: Питер, 2008
2. Метрология, стандартизация и сертификация Терегеря В.В. М., Юрайт, 2011
3. Метрология, стандартизация, сертификация: Учебное пособие. Сергеев А.Г., Латышев М.В., Терегеря В.В. М.: Логос, 2005
4. Метрология и электрорадиоизмерения в телекоммуникационных системах: Учебник для вузов. В.И. Нефедов, В.И. Хахин, Е.В. Федорова и др.; Под ред. В.И. Нефедова. М.: Высшая школа, 2005
5. Приборы и методы измерения электрических величин: Учебное пособие. Атамалян Э.Г. М.: Дрофа, 2005

Дополнительная

6. Основы стандартизации, метрологии и сертификации: Учеб. для вузов. Лифиц И. М. М.: Юрайт, 2001
7. Метрология, стандартизация, сертификация: Учебное пос. Ручкина Л. Г. М.: РГОТУПС, 2004
8. Информационно-измерительная техника и технологии Под ред. Г.Г. Раннева. М.: Высшая школа, 2002
9. Стандартизация, метрология, сертификация Уч.-практич. пос. Гуторова И. А. М.: Приор, 2001