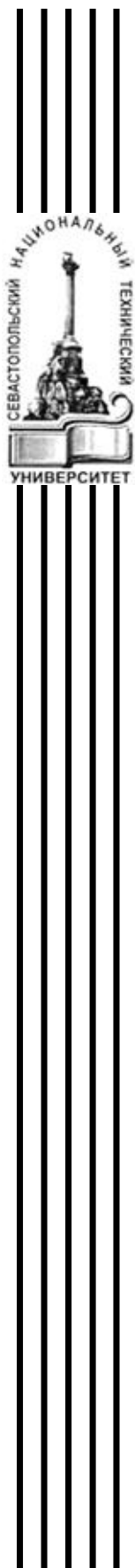


Министерство образования и науки Украины
Севастопольский национальный технический университет



ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ РАСШИРЕНИЯ ПРЕДЕЛОВ ИЗМЕРЕНИЙ ПРЯМОПОКАЗЫВАЮЩИХ ПРИБОРОВ

Методические указания
к выполнению лабораторной работы
по дисциплине «Основы метрологии»
для студентов направления подготовки 050201
«Системная инженерия»
дневной и заочной форм обучения

Севастополь
2013



УДК 621.317

Исследование методов расширения пределов прямопоказывающих приборов: Методические указания к выполнению лабораторной работы по дисциплине «Основы метрологии» для студентов направления подготовки 050201 «Системная инженерия» дневной и заочной форм обучения / Разраб. С.П. Быков, В.В. Чмут В.В. – Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2013.- 15 с.

Целью методических указаний является обеспечение наглядного изучения методов расширения пределов измерения прямопоказывающих приборов, методов обработки результатов измерений с многократными наблюдениями; приобретение студентами практических навыков работы с аналоговыми и цифровыми измерительными приборами.

Методические указания предназначены для студентов направления подготовки 050201 «Системная инженерия» дневной и заочной форм обучения.

Методические указания рассмотрены на заседании кафедры технической кибернетики, протокол № 5 от 21.02.2013 г.

Допущено учебно-методическим центром СевНТУ в качестве методических указаний

Рецензент:

Кудрявченко И.В., к.т.н., доцент кафедры ИС

СОДЕРЖАНИЕ

1. Цель работы	4
2. Краткие теоретические сведения	4
3. Описание лабораторной установки	6
4. Порядок выполнения экспериментальных исследований.....	6
5. Порядок выполнения теоретических расчетов	11
6. Содержание отчета о выполнении лабораторной работы	12
7. Контрольные вопросы	13
Библиографический список	14
Приложение А. Обработка результатов измерения с многократными наблюдениями	15

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью работы является углубление и закрепление полученных теоретических знаний о методах расширений пределов измерений прямопоказывающих приборов.

В ходе выполнения лабораторной работы студенты должны приобрести навыки поверки микроамперметра; расширения пределов измерения по току и напряжению; расчетов значения сопротивлений шунта и добавочного резистора; определения доверительного интервала результата.

2. КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

2.1. Шунт

На рисунке 1 приведена схема подключения шунта к аналоговому микроамперметру.

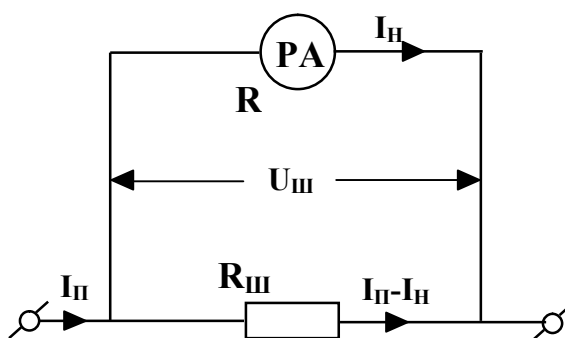


Рисунок 1 – Схема подключения шунта

Шунт представляет собой четырехзажимный резистор и является простейшим измерительным преобразователем тока в напряжение. Два входных зажима, к которым подводится ток I_{Π} , называются токовыми, а два выходных, с которых снимается напряжение $U_{\text{Ш}}$ - потенциальными. К потенциальным зажимам подключается микроамперметр РА.

Предельное значение измеряемого тока примем равным I_{Π} , а ток полного отклонения стрелки прибора – равным I_H (см. шкалу микроамперметра).

Сопротивление шунта $R_{\text{Ш}}$ определяют из равенства напряжений:

$$I_H R = (I_{\Pi} - I_H) R_{\text{Ш}}, \text{ откуда } R_{\text{Ш}} = \frac{R}{N - 1},$$

где $N = I_{\Pi}/I_H$ - коэффициент расширения шкалы;

R - сопротивление рамки измерительного механизма прибора РА;

I_{Π} - предельное значение измеряемого тока;

I_H - номинальное значение тока прибора РА.

В результате расширения предела измерения изменяется цена деления шкалы прибора, что следует учитывать при отсчете по шкале значений измеряемых величин.

2.2. Добавочный резистор

На рисунке 2 приведена схема подключения добавочного резистора к новому микроамперметру (вольтметру).

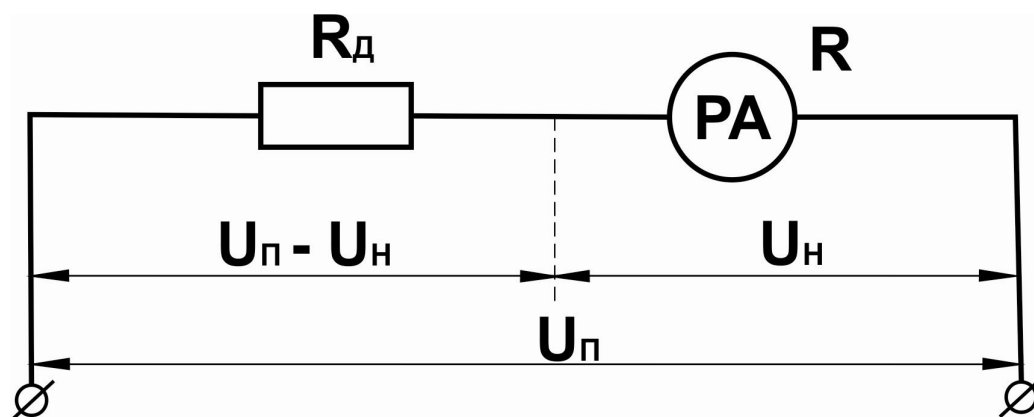


Рисунок 2 - Схема подключения добавочного резистора

Добавочный резистор является измерительным преобразователем напряжения в ток. Поэтому добавочный резистор R_d , включенный последовательно с прибором PA , может служить для расширения предела измерения по напряжению.

Сопротивление добавочного резистора определяют, исходя из постоянства тока для элементов цепи, то есть:

$$\frac{U_H}{R} = \frac{U_{\Pi} - U_H}{R_d}, \text{ откуда } R_d = R \cdot (N - 1),$$

где $N = U_{\Pi} / U_H$ - коэффициент расширения шкалы по напряжению;

R - сопротивление рамки измерительного механизма;

U_{Π} - предельное значение измеряемого напряжения;

U_H - номинальное напряжение на выходных клеммах прибора PA , соответствующее номинальному току I_H .

Следует отметить, что добавочный резистор уменьшает, а шунт – увеличивает температурную погрешность прибора.

3. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Лабораторная работа выполняется на установке, которая монтируется на приборной доске, закрепленной на лабораторном столе в вертикальном положении, и содержит следующие средства измерения, контроля и управления:

- микроамперметр М 906 в комплекте с переменными резисторами $R_{ш}$ и $R_{д}$ - обеспечивает возможность измерения токов в пределах от 50 мкА до 5 мА и напряжений от 96 мВ до 6 В;
- источник питания (ИП) постоянного тока Б5-9 - обеспечивает стабилизированное напряжение питания схемы 6 В (подключается к клеммам $U_{пит}$);
- вольтметр универсальный В7-16А (ЦВ) - обеспечивает измерение напряжений и сопротивлений (подключается к клеммам «1000 Ом», «U», « $R_{ш}$ » и « $R_{д}$ »);
- ручки ГРУБО и ТОЧНО и $R_{д}$ ГРУБО и ТОЧНО - предназначены для регулировки сопротивлений $R_{ш}$ и $R_{д}$;
- потенциометр R - предназначен для регулировки напряжения питания схемы;
- переключатель СХЕМА - предназначен для переключения измерительных схем, соответствующих рисункам 3÷5;
- выключатель СЕТЬ - обеспечивает подключение сетевого напряжения 220 В к схеме питания индикаторной лампы, предназначенной для индикации номера схемы измерения (в соответствии с номерами принципиальных схем, размещенных на приборной доске).

4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

4.1. Поверка микроамперметра

Схема поверки микроамперметра приведена на рисунке 3.

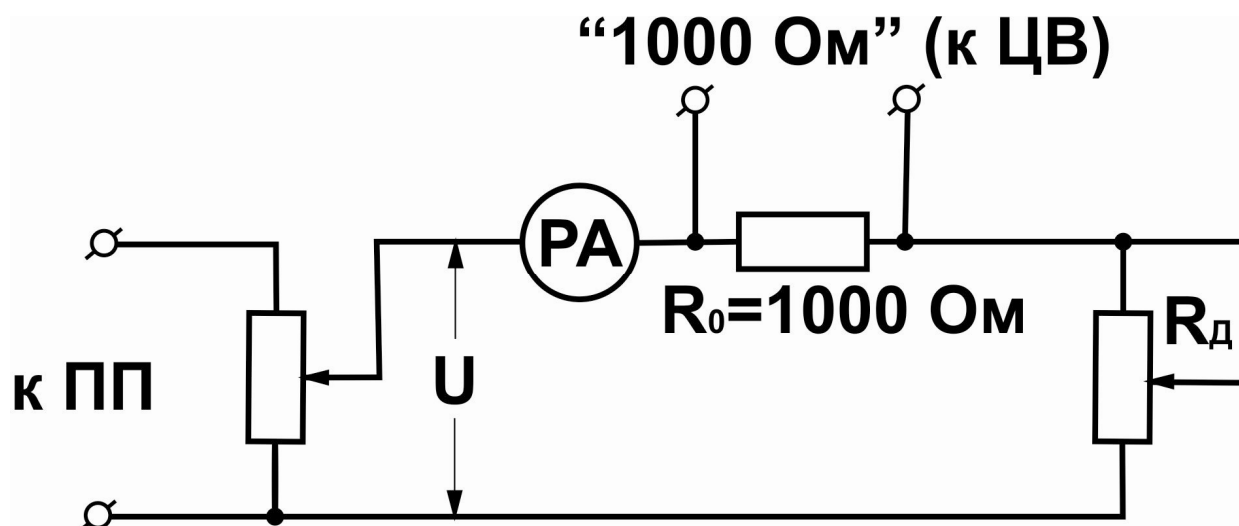


Рисунок 3 - Схема поверки микроамперметра

4.1.1 Переключатель СХЕМА установить в положение 1. Подключить цифровой вольтметр (ЦВ) к клеммам «1000 Ом». Установить ручки резисторов R и R_d в крайнее левое положение (повернуть против часовой стрелки до упора), что соответствует значениям $U = 0$ и $R_d = 0$.

Установить тумблер СЕТЬ в положение ВКЛ. Прогреть стабилизированный источник питания (ИП) в течение 10 минут и подать в измерительную схему напряжение 6 В.

4.1.2. Вращая ручку резистора R вправо, установить стрелку шкалы микроамперметра на отметке 50...51 мкА; измерить с помощью ЦВ падение напряжения на образцовом резисторе R_0 (сопротивление $R_0 = 1000 \text{ Ом}$).

4.1.3. Установить R_d вправо до упора. С помощью резистора R_d последовательно установить токи, соответствующие оцифрованным отметкам шкалы поверяемого микроамперметра.

Показания цифрового вольтметра, деленные на сопротивление образцового резистора, следует принимать за действительные значения тока (показания образцового микроамперметра). Например, при токе 50 мкА напряжение ЦВ будет равно 50 мВ, то есть, для получения отсчета действительного значения тока в мкА необходимо показания цифрового вольтметра в мВ разделить на 1000.

Занести измеренные значения тока в таблицу 1.

Таблица 1 - Таблица наблюдений

Показания поверяемого микроамперметра, мкА	0	10	20	30	40	50	40	30	20	10	0
Показания образцового микроамперметра, мкА											
Абсолютная погрешность, мкА											
Относительная погрешность, %											
Вариация показаний, мкА											

Примечания:

1. При поверке микроамперметра положение стрелки прибора необходимо изменять (устанавливать на оцифрованные отметки шкалы) строго в одном направлении, т.е. увеличивать значения тока от 0 до 50 мкА (стрелка поверяемого микроамперметра смещается по отметкам шкалы слева направо) и уменьшать от 50 до 0 мкА (стрелка поверяемого микроамперметра смещается по тем же отметкам шкалы справа налево).

2. Вариация показаний определяется как разность отсчетов показаний поверяемого прибора для одних и тех же отметок шкалы при подходе к ним «слева» и «справа».

4.1.4 Установить ручки R и R_d в крайнее левое положение.

4.2. Расширение предела измерения по току

На рисунке 4 приведена схема расширения предела измерения по току.

4.2.1. Согласовать с преподавателем величину предельного измеряемого тока.

4.2.2. Переключатель СХЕМА установить в положение 2. Подключить цифровой вольтметр к образцовому резистору R_0 ($R_0 = 1000 \text{ Ом}$). Установить ручки резисторов R и R_d в крайнее правое положение, а резистора $R_{ш}$ - в крайнее левое (что соответствует значениям $U = 6 \text{ В}$; $R = R_{\text{MAX}}$; $R_{ш} = 0$; $R_d = R_{d\text{MAX}}$). По показаниям цифрового вольтметра с помощью резистора R_d установить величину предельного измеряемого тока $I_{\text{П}}$. Ввести такое сопротивление шунта $R_{ш}$, при котором стрелка микроамперметра отклонится до отметки шкалы, соответствующей предельному значению шкалы прибора ($I_{\text{Н}} = 50 \text{ мкА}$).

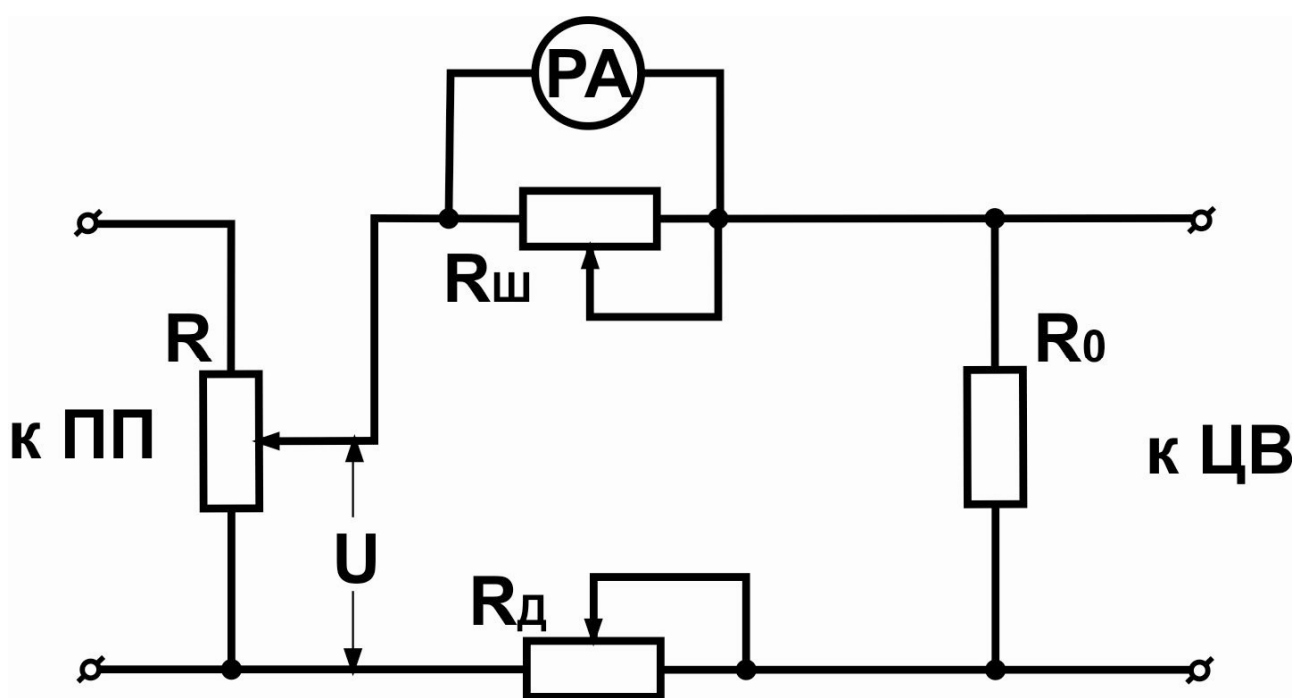


Рисунок 4 - Схема расширения предела измерения по току

4.2.3. С помощью резистора R установить нулевой ток цепи, после чего этим же резистором последовательно установить токи, соответствующие оцифрованным отметкам шкалы микроамперметра (см. примечание 1 к п.4.1.3). По показаниям цифрового вольтметра определить действительные значения тока. Заполнить таблицу 2.

4.2.4. Установить переключатель измерительных схем в положение 3 и измерить цифровым универсальным вольтметром величину сопротивления $R_{ш}$ при соответственно установленном роде работы вольтметра).

4.2.5. Измерение $R_{ш}$ произвести многократно ($n \geq 10$). Для этого необходимо повторить операции по п. 4.2.2 и 4.2.4 ($n-1$) раз.

Результаты измерения по п.п.4.2.4 и 4.2.5 занести в таблицу 3.

Таблица 2 - Таблица наблюдений

Показания поверяемого микроамперметра, мкА (мА)	0	10 ×N	20 ×N	30 ×N	40 ×N	50 ×N	40 ×N	30 ×N	20 ×N	10 ×N	0
Показания образцового микроамперметра, мкА (мА)											
Абсолютная погрешность, мкА (мА)											
Относительная погрешность, %											
Вариация показаний, мкА (мА)											

Таблица 3 - Результаты измерения $R_{ш}$

№ измерения	Сопротивление $R_{шi}$, Ом	$\overline{R_{ш}}$, Ом	Оценка СКО $S(\overline{R_{ш}})$, Ом	Доверительный интервал $\Delta R_{ш}$, Ом
1				
2				
...				
n				

4.3. Расширение предела измерения по напряжению

4.3.1. Согласовать с преподавателем предельное значение измеряемого напряжения. Цифровой вольтметр подключить к клеммам «U» лабораторной установки.

4.3.2. Переключатель СХЕМА установить в положение 3, а ручку резистора R_d - в крайнее правое положение. Схема расширения предела измерения по напряжению приведена на рисунке 5.

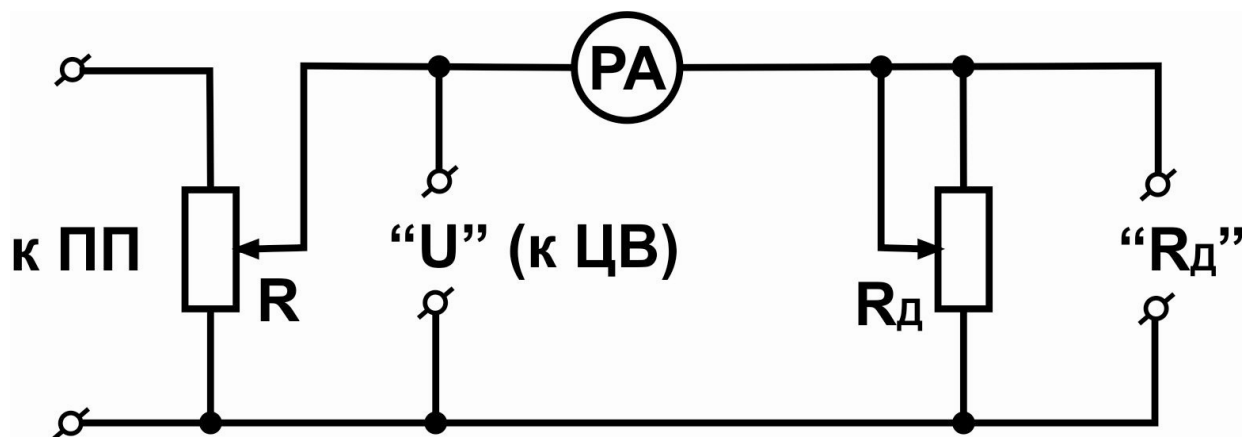


Рисунок 5 - Схема расширения предела измерения по напряжению

еС помощью резистора R установить предельное значение измеряемого напряжения по показаниям цифрового вольтметра. Вращая ручку резистора R_d (не изменяя положение ручки резистора R), установить стрелку микроамперметра на предельную отметку шкалы (50 мкА).

4.3.3. С помощью резистора R уменьшить входное напряжение до нуля, после чего этим же резистором последовательно установить напряжения, соответствующие оцифрованным отметкам шкалы микроамперметра (см. примечание 1 к п.4.1.3). По показаниям цифрового вольтметра определить действительные значения напряжения. Заполнить таблицу 4.

Таблица 4 - Таблица наблюдений

Показания поверяемого микроамперметра, мВ (В)	0	10 $\times N$	20 $\times N$	30 $\times N$	40 $\times N$	50 $\times N$	40 $\times N$	30 $\times N$	20 $\times N$	10 $\times N$	0
Показания образцового микроамперметра, мВ (В)											
Абсолютная погрешность, мВ (В)											
Относительная погрешность, %											
Вариация показаний, мВ (В)											

4.3.4. Установить переключатель СХЕМА в положение 4 и измерить цифровым универсальным вольтметром величину добавочного сопротивления R_d .

4.3.5. Измерение R_d произвести многократно ($n > 10$). Для этого необходимо повторить операции по п. 4.3.2 и 4.3.4 ($n-1$) раз.

Результаты измерения по п.п.4.3.4 и 4.3.5 занести в таблицу 5.

Таблица 5 - Результаты измерения R_d

№ измерения	Сопротивление R_{di} , Ом	$\bar{R}_d$, Ом	Оценка СКО $S(\bar{R}_d)$, Ом	Доверительный интервал ΔR_d , Ом
1				
2				
...				
n				

4.3.6. Ручки резисторов R и R_d установить в крайнее левое положение (повернуть против часовой стрелки до упора). Переключатель СХЕМА установить в положение 1. Тумблер СЕТЬ установить в положение ВЫКЛ.

5. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ

Обработать экспериментальные данные согласно ГОСТ 8.207-76; результаты расчетов записать с указанием доверительного интервала и вероятности.

Примечание: Упрощенный вариант обработки результатов измерения с многократными наблюдениями (согласно ГОСТ 8.207-76) приведен в приложении А к данным методическим указаниям.

5.1. Заполнить таблицу 1. Рассчитать максимальную приведенную погрешность и сделать заключение о возможном классе точности поверяемого прибора.

5.2. Заполнить таблицу 2 и по полученным данным определить класс точности миллиамперметра.

5.3. Заполнить таблицу 3 и по полученным данным определить измеренное значение сопротивления шунта. Сравнить расчетное значение $R_{ш}$ с измеренной величиной.

5.4. Заполнить таблицу 4 и по полученным данным определить класс точности милливольтметра.

5.5. Заполнить таблицу 5 и по полученным данным определить измеренное значение добавочного сопротивления. Сравнить расчетное значение R_d с измеренной величиной.

6. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА О ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

Отчет, представляемый к защите после окончания исследования, должен содержать:

- титульный лист;
- цель исследования;
- принципиальную схему лабораторной установки;
- перечень используемых приборов;
- результаты эксперимента;
- результаты расчетов;
- выводы по результатам исследования.

На оформление студентом индивидуального отчета отводиться внеаудиторное время в количестве 0,5 от числа аудиторных часов. Защита отчета производится на очередном занятии.

Студент, не оформивший или не защитивший отчет по предыдущей работе, к выполнению очередной работы не допускается.

7. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 7.1. Какие характеристики средств измерений являются основными?
- 7.2. Какая погрешность нормируется в качестве класса точности?
- 7.3. Как установить класс точности прибора экспериментальным путем?
- 7.4. Какие преобразователи используются для расширения пределов измерения по току и напряжению? Как они рассчитываются?
- 7.5. Как рассчитывается доверительный интервал по заданной вероятности результата измерения?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Душин Е.М. Основы метрологии и электрические измерения / Б.Я. Авдеев, Е.М. Антонюк, Е.М. Душин; под ред. Е.М. Душина. – Л.: Энергоатомиздат, 1987.- 480с.
2. Шишкин И.Ф. Теоретическая метрология. Часть 1. Общая теория измерений: учебник для вузов. 4-е изд., перераб. и доп. / И.Ф. Шишкин. – СПб.: Питер, 2010. – 192 с. (Учебник для вузов).
3. Сергеев А.Г. Метрология: учебник / А.Г. Сергеев. – М.: Логос, 2005. – 272 с.
4. Шишмарев В.Ю. Электрорадиоизмерения: уч. пособие для студ. образоват. учреждений сред. проф. образ. / В.Ю. Шишмарев, В.И. Шанин; под ред. В.Ю. Шишмарева. – М.: ИЦ «Академия», 2004.- 336 с.; ил. (Среднее специальное образование).
5. Хрусталева З.А. Электротехнические измерения: учебник. / З.А. Хрусталева. - М.: КноРус, 2011. – 208 с.
6. Панфилов В.А. Аналоговые методы и средства электрических измерений / В.А. Панфилов. – М.: Энергопресс, 2006. – 112 с.
7. Шишмарев В.Ю. Средства измерений / В.Ю. Шишмарев.. - М.: ИЦ «Академия», 2010.- 320 с.
8. Хромоин П.К. Электротехнические измерения: уч. пособие / П.К. Хромоин. – М.: Форум, 2008. – 288 с., ил. (Профессиональное образование).
9. Пустовая О.А. Электрические измерения: уч. пособие / О.А. Пустовая. - М.: КноРус, 2010. – 247 с. (Высшее образование).
10. Афанасьев А.А. Физические основы измерений: учебник / А.А. Афанасьев. - М.: ИЦ «Академия», 2010. (Высшее профессиональное образование).
11. Кудасов Ю.Б. Электротехнические измерения: уч. пособие / Ю.Б. Кудасов. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. – 184 с.
12. Засоби та методи вимірювань неелектричних величин: підруч. для студ. вищ. навч. закл. / Є. С. Поліщук, М. М. Дорожовець, Б. І. Стадник и др.; Ред. Є. С. Поліщук; Ін-т інновац. технологій і змісту освіти. - Львів : Бескид Біт, 2008. - 618 с. : іл.
13. Сергеев А.Г. Метрология и метрологическое обеспечение: учеб. для студ. вузов, обуч. по спец. "Метрология и метрологическое обеспечение", "Стандартизация и сертификация" и "Управление качеством" / А. Г. Сергеев. - М. : Высшее образование, 2008. - 576 с.: ил.
14. Назаров Н.Г. Метрология : основные понятия и математические модели: учеб. пособие для студ. вузов / Н. Г. Назаров. - М.: Высшая школа, 2002. - 348 с.: ил.
15. Желєзна А.О. Основи взаємозамінності, стандартизації та технічних вимірювань: навч. посіб. для студ. машинобуд. та приладобуд. спец. / А. О. Желєзна, В. А. Кирилович ; Житомир. держ. технолог. ун-т. - К.: Кондор, 2004. - 796 с.: ил.
16. Методы электрических измерений: учеб. для студ. вузов, обуч. по спец. "Информационно-измер. техника" / Ред. Э. И. Цветков. - Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1990. - 388 с.: ил.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(справочное)

Обработка результатов измерения с многократными наблюдениями

За результат измерения принимаем среднее арифметическое результатов наблюдений, в которые предварительно введены поправки для исключения систематических погрешностей. Величину систематической погрешности можно вычислить как среднее арифметическое абсолютных погрешностей измерений:

$$\Delta_C = \sum_{i=1}^n \Delta_i / n.$$

Соответствующее значение поправки равно: $-\Delta_C$.

Исключив из результатов наблюдений систематическую погрешность, записываем результат измерений в виде: $\bar{A} \pm \Delta, P$,

где $\bar{A} = \frac{\sum X_i}{n}$ - среднее арифметическое (математическое ожидание)) результатов наблюдений X_i ;

$\Delta = t \cdot S(\bar{A})$ - доверительный симметричный интервал;

t – коэффициент Стьюдента из таблицы А1, составленной для заданной доверительной вероятности P .

$$S(\bar{A}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{A})^2}{n(n-1)}} - \text{оценка среднего квадратичного отклонения (СКО)}$$

погрешности Δ от ее математического ожидания;

n – число наблюдений.

Таблица А1 - Коэффициенты Стьюдента.

(n-1)	P=0,95	P=0,99	(n-1)	P=0,95	P=0,99
3	3,182	5,841	16	2,120	2,891
4	2,776	4,604	18	2,101	2,878
5	2,571	4,032	20	2,086	2,845
6	2,447	3,707	22	2,074	2,819
7	2,365	3,499	24	2,064	2,797
8	2,306	3,355	26	2,056	2,779
9	2,262	3,250	28	2,048	2,763

Примечание. Численное значение результата измерения должно оканчиваться цифрой того же разряда, что и значение погрешности Δ .

Заказ № _____ от «_» _____ 2013 г. Тираж _____ экз.

Изд-во СевНТУ