



**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ**  
**ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет»**  
**(БГТУ)**

Политехнический колледж (ПК БГТУ)

УТВЕРЖДАЮ

Ректор ФГБОУ ВО БГТУ

\_\_\_\_\_ О.Н. Федонин

«29».04. 2022 г.

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**  
**по выполнению самостоятельной работы**  
**по учебной дисциплине**  
**ОП.05. Материаловедение**

Специальность:	<b>15.02.14 Оснащение средствами автоматизации технологических процессов и производств (по отраслям)</b>
Уровень образования выпускника:	среднее профессиональное образование (СПО)
Программа подготовки специалиста среднего звена (ППССЗ):	базовая
Присваиваемая квалификация:	Техник
Форма обучения:	очная
Срок получения СПО по ППССЗ:	3 года 10 месяцев
Уровень образования, необходимый для приема на обучение по ППССЗ:	основное общее образование
Год приема на обучение на 1-й курс:	2021

Брянск 2022

**Методические указания**  
**по выполнению самостоятельной работы**  
**по учебной дисциплине ОП. 05. Материаловедение**  
**для специальности 15.02.14 Оснащение средствами автоматизации**  
**технологических процессов и производств (по отраслям)**

Разработал(и):

– преподаватель ПК БГТУ

Грибанов В.Е

РП рассмотрена и одобрена на заседании  
предметно-цикловой комиссии «Автоматизация  
технологических процессов и производств» ПК  
БГТУ (далее — ПЦК)  
от 29.04. 2022г., протокол № 9

Председатель ПЦК

Сергеева Е.Г.

Согласовано:

Заместитель директора ПК БГТУ  
по учебно-методической работе

Т.Е.Балашова

© Грибанов В.Е.

© ФГБОУ ВО «Брянский государственный  
технический университет»

# ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ»

## Задача №1 Поверка технических приборов и основы метрологии

Технический амперметр магнитоэлектрической системы с номинальным током  $I_n$ , числом номинальных делений  $a_n = 100$  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. 1.

Таблица 1 – Числовые значения для задачи № 1

Проверяемый амперметр	Ед. измерения	Предпоследняя цифра шифра	Последняя цифра шифра									
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Абсолютная погрешность	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	А	0; 5	2,5	20	15	20	5,0	10	5,0	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	25	10	5,0	5,0	20	5,0	20	10
		4; 9	15	2,5	10	5,0	20	15	2,5	15	1,0	20

Примечание. Абсолютная погрешность в табл. 1 указана для каждого оцифрованного деления шкалы после нуля в порядке их возрастания, включая номинальный ток амперметра.

1. Указать условия поверки технических приборов.
2. Определить поправки измерений.
3. Построить график поправок.
4. Определить приведенную погрешность.
5. Указать, к какому ближайшему стандартному классу точности относится данный прибор.

Если прибор не соответствует установленному классу точности, указать на это особо.

6. Написать ответы на вопросы:

- 1) Что называется измерением?
- 2) Что такое мера и измерительный прибор? Как они подразделяются по назначению?
- 3) Что такое погрешность? Дайте определение абсолютной, относительной и приведенной погрешности.

## Задача № 2 Измерение тока и напряжения в цепях постоянного тока

Измерительный механизм (ИМ) магнитоэлектрической системы рассчитан на ток  $I_n$  и напряжение  $U_n$  и имеет шкалу на  $a_n$  делений.

Таблица 3 – Числовые значения для задачи № 2

Наименование величин	Ед. измерения	Предпоследняя цифра шифра	Последняя цифра шифра									
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Напряжение ИМ $U_n$ Ток ИМ $I_n$ Число делений $a_n$	мВ	–	45	75	50	100	75	60	100	75	80	100
	мА	–	5	7,5	10	10	7,5	15	30	25	40	50
	дел	–	50	75	100	50	150	75	100	150	50	100
Напряжение $U_n$	В	0; 5	45	300	15	200	30	60	25	75	200	100
		1; 6	90	150	45	20	60	30	50	150	40	15
		2; 7	18	75	50	150	90	150	100	300	80	30
		3; 8	135	225	100	50	120	300	150	15	160	50
		4; 9	150	15	150	100	150	15	250	30	120	10
Ток $I_n$	А	0; 1	1,0	1,5	2,0	10	1,5	3,0	25	30	20	5
		6; 2	1,5	3,0	10	2,0	3,0	1,5	2,5	25	5,0	15
		7; 3	2,0	6,0	5,0	3,0	4,5	6,0	5,0	15	10	0,5
		8; 4	2,5	4,5	1,5	5,0	15	4,5	7,5	1,5	0,5	1,0
		9; 5	3,0	7,5	0,5	2,5	30	0,3	0,6	7,5	4,0	20

1. Составить схему включения измерительного механизма с шунтом и дать вывод формулы  $r_{ш}$ .
2. Определить постоянную измерительного механизма по току  $C_I$ , величину сопротивления шунта  $r_{ш}$  и постоянную амперметра  $C'_I$ , если этим прибором нужно измерять ток  $I_n$ .
3. Определить мощность, потребляемую амперметром при номинальном значении тока  $I_n$ .
4. Составить схему включения измерительного механизма с добавочным сопротивлением и дать вывод формулы  $r_d$ .
5. Определить постоянную измерительного механизма по напряжению  $C_U$ , величину добавочного сопротивления  $r_d$  и постоянную вольтметра  $C'_U$ , если этим прибором нужно измерять напряжение  $U_n$ .
6. Определить мощность, потребляемую вольтметром при номинальном значении напряжения  $U_n$ .

### Задача № 3 Методы и погрешности электрических измерений

Для измерения сопротивления косвенным методом использовались два прибора: амперметр и вольтметр магнитоэлектрической системы.

Измерение сопротивления производилось при температуре  $t^{\circ}\text{C}$  приборами группы А, Б или В. Данные приборов, их показания, а также группа приборов и температура окружающего воздуха, при которой производилось измерение сопротивления, приведены в табл. 4.

Таблица 4 – Числовые значения для задачи № 3

Наименование величин		Ед. измерения	Предпоследняя цифра шифра	Последняя цифра шифра									
				0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
В о л т м е т р	Предел измерения $U_n$	В	—	300	150	15	75	300	30	300	150	75	30
	Ток полного отклонения стрелки прибора при $U_n$	мА	—	3	7,5	1	1	7,5	1	1	3	1	7,5
	Класс точности	%	—	0,2	0,5	1,0	0,2	0,5	1,0	1,0	0,5	0,5	1,0
	Показание вольтметра U	В	0; 5	220	140	12	60	240	27	270	100	50	20
			1; 6	280	130	10	70	260	25	180	110	60	26
			2; 7	250	120	8	65	210	23	230	140	70	18
			3; 8	170	110	11	75	250	28	240	120	65	22
			4; 9	290	150	14	55	200	29	160	130	75	25
	А	Предел измерения $I_n$	А	—	1,5	3,0	1,5	7,5	0,3	15	1,5	1,5	0,3

м п е  р м е т р	Падение напряжения на зажимах прибора при In  Класс точности	мВ	—	100	95	100	140	27	100	100	100	27	100
		%	—	1,5	1,0	0,2	0,5	1,0	0,2	1,0	0,5	0,2	1,5
	Показание вольтметра I	А	0; 1	1,0	0,5	1,0	5	0,29	9	0,5	0,4	0,1	10
			6; 2	1,3	0,7	1,2	6	0,18	10	0,6	0,5	0,15	8
			7; 3	1,1	0,7	1,2	6	0,18	10	0,6	0,5	0,15	8
			8; 4	1,5	1,1	0,6	4	0,24	11	1,0	1,0	0,17	14
			9; 5	1,4	1,3	0,7	3,5	0,16	13	1,5	0,8	0,3	5
Группа приборов		—	—	А	Б	В	А	Б	В	А	Б	В	А
Температура t		°С	—	10	0	−10	30	10	0	25	30	40	10

Определить:

- 1) величину сопротивления  $R_x$  по показаниям приборов и начертить схему;
- 2) величину сопротивления  $R_x$  с учетом схемы включения приборов;
- 3) наибольшие возможные (относительную и абсолютную) погрешности результата измерения этого сопротивления;
- 4) в каких пределах находятся действительные значения измеряемого сопротивления.

## Задача № 4 Измерение активной мощности в цепях трехфазного тока

Для измерения активной мощности трехпроводной цепи трехфазного тока с симметричной активно-индуктивной нагрузкой, соединенной звездой или треугольником, необходимо выбрать два одинаковых ваттметра с номинальным током  $I_n$ , номинальным напряжением  $U_n$  и числом делений шкалы  $a_n = 150$  дел.

Исходные данные для решения задачи приведены в табл. 7.

Таблица 7 – Числовые значения для задачи № 4

Наименование величин	Ед. измерения	Предпоследняя цифра шифра	Последняя цифра шифра										
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Мощность цепи S	кВ·А	0; 5	3,0	6,0	5,5	5,0	3,2	1,5	2,0	2,5	3,5	1,8	
		1; 6	3,5	5,5	6,0	5,5	3,0	2,0	2,5	2,0	3,0	2,2	
		2; 7	2,5	5,0	6,5	6,0	3,6	2,5	1,5	1,8	2,5	2,8	
		3; 8	2,0	4,5	5,0	4,5	5,0	3,0	5,0	3,0	2,0	1,4	

		4; 9	1,8	4,0	4,5	4,0	6,0	3,5	5,8	3,5	1,5	3,5
Коэффициент мощности $\cos\phi$	–	0; 1	0,7	0,8	0,9	0,72	0,82	0,88	0,83	0,92	0,84	0,72
		6; 2	0,72	0,82	0,92	0,74	0,83	0,80	0,85	0,90	0,86	0,70
		7; 3	0,74	0,84	0,73	0,76	0,84	0,81	0,87	0,88	0,85	0,76
		8; 4	0,76	0,86	0,75	0,78	0,85	0,82	0,89	0,86	0,83	0,74
		9; 5	0,78	0,88	0,71	0,80	0,86	0,84	0,91	0,83	0,74	0,80
Фазное напряжение $U_{\phi}$	В	–	127	220	380	220	380	127	380	220	127	127
Схема соединения	–	–	Звезда	Звезда	Треугольник	Звезда	Треугольник	Звезда	Треугольник	Треугольник	Звезда	Звезда
Последовательные обмотки ваттметров включены в провода	–	–	А и В	В и С	С и А	А и В	В и С	С и А	А и В	В и С	С и А	А и В
Обрыв фазы	–	–	А	В	АВ	С	ВС	А	СА	АВ	В	С

1. По данным варианта для нормального режима работы цепи:

а) начертить схему включения ваттметров в цепь;

б) доказать, что активную мощность трехпроводной цепи трехфазного тока можно представить в виде суммы двух слагаемых;

в) построить в масштабе векторную диаграмму, выделив на ней векторы напряжений и токов, под действием которых находятся параллельные и последовательные обмотки ваттметров; г) определить мощности  $P_1$  и  $P_2$ , измеряемые каждым из ваттметров;

д) определить число делений шкалы  $a_1$  и  $a_2$ , на которые отклоняются стрелки ваттметров.

2. По данным варианта при обрыве одной фазы приемника энергии:

а) начертить схему включения ваттметров в цепь;

б) построить в масштабе векторную диаграмму, выделив на ней векторы напряжений и токов, под действием которых находятся параллельные и последовательные обмотки ваттметров; в) определить мощности  $P_1$  и  $P_2$  измеряемые каждым из ваттметров;

г) определить число делений шкалы  $a_1$  и  $a_2$  на которые отклоняются стрелки ваттметров.

Результаты расчетов записать в табл. 8.

Примечание. Заданная трехпроводная цепь трехфазного тока представляет собой соединение трех неподвижных магнитно-несвязанных катушек.

## Задача № 5 Измерение реактивной энергии в цепях трехфазного тока

Симметричный трехфазный приемник электрической энергии соединен по схеме звезда или по схеме треугольник.

Напряжение на фазе приемника  $U_{\phi}$ .

Активное и индуктивное сопротивления фаз приемника соответственно равны  $r_{\phi}$ ,  $X_{\phi}$ .

В цепь приемника включен одноэлементный счетчик активной энергии для измерения реактивной энергии. Последовательная обмотка счетчика включена в один из проводов трехфазной цепи, как указано в табл. 9.

Таблица 9 – Числовые значения для задачи № 5

Наименование величин	Ед. измерения	Предпоследняя цифра шифра	Последняя цифра шифра									
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Схема соединения	–	–	треуг.	треуг.	звезда	треуг.	звезда	треуг.	звезда	звезда	треуг.	треуг.
Последовательная обмотка счетчика включена в провод	–	–	В	А	А	С	С	В	В	А	А	С
Время $t$	ч	–	30	50	20	20	40	40	30	30	50	30
Фазовое напряжение $U_{\phi}$	В	–	220	380	127	220	220	380	127	220	220	380
Активное сопротивление фазы $r_{\phi}$	Ом	0; 5	20	30	10	16	15	25	15	20	14	20
		1; 6	19	29	11	17	16	24	18	21	16	14
		2; 7	18	28	12	18	17	23	21	22	18	16
		3; 8	17	27	13	19	18	22	24	23	20	18
		4; 9	16	26	14	20	19	21	27	24	22	26
Индуктивное сопротивление фазы $X_{\phi}$	Ом	0; 1	18	25	15	24	20	30	10	18	28	40
		6; 2	19	26	16	23	21	29	11	17	27	38
		7; 3	20	27	17	22	23	28	12	16	26	36
		8; 4	21	28	18	21	24	27	13	15	25	31
		9; 5	22	29	19	20	25	26	14	21	24	32

Приемник электрической энергии работает непрерывное время  $t$ .

1. Начертить схему включения счетчика в соответствии с данными варианта, сделать разметку генераторных зажимов его обмоток.
  2. Определить линейное напряжение  $U_l$  линейный ток  $I_l$ , коэффициент мощности  $\cos\phi$  и угол  $\phi$ .
  3. Для заданной цепи построить в масштабе векторную диаграмму, выделить в ней векторы напряжения и тока, под действием которых находятся параллельная и последовательная обмотки счетчика.
  4. Пользуясь векторной диаграммой, доказать, что счетчик, включенный по такой схеме, измеряет реактивную энергию.
- Определить расход реактивной энергии, учитываемой счетчиком за время  $t$ .

Наименование величин	Ед. из-	Предпоследняя	Последняя цифра шифра
----------------------	---------	---------------	-----------------------

5. Подсчитать за время  $t$  реактивную энергию всего приемника.
6. Найти численное соотношение между энергией, учитываемой счетчиком, и энергией приемника.

### Задача № 6 **Выбор измерительной аппаратуры**

В высоковольтной трехпроводной цепи трехфазного тока необходимо измерить линейные токи, линейное напряжение, коэффициент мощности цепи и расход активной энергии всей цепи.

Подобрать для этой цели два измерительных трансформатора тока (ИТТ), два измерительных трансформатора напряжения (ИТН) и подключить к ним следующие измерительные приборы: два амперметра электромагнитной системы; два однофазных индукционных счетчика активной энергии; один трехфазный фазометр электромагнитной или электродинамической системы; один вольтметр электромагнитной системы.

Расстояние от трансформатора до измерительных приборов  $l$  (провод медный, сечением  $S = 2,5 \text{ мм}^2$ ), номинальное напряжение сети  $U_1$  и линейный ток  $I_1$  приведены в табл. 10. Начертить схему включения ИТТ и ИТН в цепь, а также показать подключение к ним всех измерительных приборов.

Таблица 10 – Числовые значения для задачи № 6

			0	1	2	3	4	5	6	7	8
Номинальное напряжение сети $U_1$	В	–	6000	500	3000	10000	15000	6000	500	3000	10000
Линейный ток $I_1$	А	0; 5	40	100	75	30	20	50	150	50	40
		1; 6	15	75	50	15	25	30	100	30	20
		2; 7	30	150	75	25	30	40	200	40	30
		3; 8	60	200	40	40	15	60	250	50	25
		4; 9	50	250	60	20	40	75	100	75	50
Расстояние от измерительных приборов до трансформатора $l$	м	0; 1	15	10	10	15	20	15	10	20	10
		6; 2	14	11	14	18	21	16	12	19	9
		7; 3	13	12	15	19	22	17	14	18	8
		8; 4	12	13	16	20	23	18	16	17	12
		9; 5	11	14	17	16	24	19	8	16	15

Выполнить разметку зажимов обмоток ИТТ, ИТН, счетчиков и фазометра.

Задача № 7 (задача № 5) **Измерение тока в цепях переменного несинусоидального тока** В цепь несинусоидального тока включены: амперметр магнитоэлектрической системы и амперметр электродинамической системы. Амперметры имеют одинаковые номинальные токи  $I_H = 5 \text{ А}$  и шкалы с одинаковым номинальным числом делений  $a_H = 100$  дел. Начертить схему цепи и определить, на какое число делений шкалы отклонится стрелка: а) магнитоэлектрического амперметра;

б) электродинамического  
амперметра, если в цепи  
проходит ток:

$$i = I_0 + I_{1m} \sin \omega t + I_{3m} \sin (3\omega t + \Psi_3).$$

Построить в масштабе в одних осях координат графики заданного тока  $i = f(t)$  за время одного периода основной гармоники тока.

Значения  $I_0$ ,  $I_{1m}$ ,  $I_{3m}$  и угол сдвига фазы третьей гармоники для отдельных вариантов даны в табл.

14.

1. В цепь несинусоидального тока включены: амперметр электродинамической системы и амперметр детекторной (выпрямительной) системы. Амперметры имеют одинаковые номинальные токи  $I_H = 5 \text{ А}$  и шкалы с одинаковым номинальным числом делений  $\alpha_H = 100$  дел.

На какое число делений шкалы отклонится стрелка: а) электродинамического амперметра; б) детекторного амперметра, если в цепи проходит ток:

$$i = I_{1m} \sin \omega t + I_{3m} \sin (3\omega t + \Psi_3).$$

Таблица 14 – Числовые значения для задачи № 7

Наименование величин	Ед. измерения	Предпоследняя цифра шифра	Последняя цифра шифра									
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ток $I_0$	В	–	0,5	1,5	1,5	2,0	2,5	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
Ток $I_{1m}$	А	0; 5	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	4,0	3,5	3,0	2,5	4,0
		1; 6	4,0	4,5	3,8	3,2	3,0	4,4	4,0	3,5	3,0	4,0
		2; 7	3,5	3,0	4,0	3,4	3,6	4,2	3,8	4,0	3,5	4,2
		3; 8	3,0	2,5	4,2	3,6	4,0	3,5	4,4	4,5	4,0	3,8
		4; 9	2,5	3,5	4,4	3,8	4,5	3,8	4,2	3,6	4,2	4,4
Ток $I_{3m}$	м	0; 1	2,5	2,0	1,5	1,0	1,5	1,0	2,0	1,5	1,0	2,0
		6; 2	2,0	2,5	1,8	1,4	2,0	1,2	1,8	1,8	1,2	2,2
		7; 3	1,5	1,0	2,0	1,6	2,5	1,4	1,6	2,0	2,2	2,8
		8; 4	1,0	1,5	2,2	2,5	1,2	1,6	1,5	2,4	1,8	3,0
		9; 5	1,5	2,0	2,4	2,0	2,6	1,8	1,4	2,5	1,6	3,2
угол сдвига фазы третьей гармоники			0	$\pi/6$	$\pi$	$\pi/3$	$\pi/2$	$\pi$	$\pi/6$	0	$\pi$	$\pi/3$

Список рекомендуемой литературы

1. **Электрические измерения** / Под ред. А.В. Фремке. — М.: — Энергия, 1973 или 1980.
2. Справочник по электроизмерительным приборам / Под ред. К.К. Илюнина. — М.: Энергия, 1973.

В случае отсутствия учебника под редакцией А. В. Фремке студенты могут пользоваться одной из следующих книг:

3. **Электрические измерения** Под ред. Е.Г. Шрамкова. — М.: Высшая школа, 1972.
4. Вострокнутов Н. Г. **Электрические измерения**. — М: Высшая школа, 1966.
5. Попов В. С. **Электрические измерения**. — М.: Энергия, 1974.