



**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ**  
**ФГБОУ**

**ВО «Брянский государственный технический  
университет» (БГТУ)**

**Политехнический колледж (ПК БГТУ)**

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН  
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 00DF212636081B4F2FEC2C849AFF43F11D  
Владелец: Федонин Олег Николаевич  
Действителен: с 27.07.2023 до 19.10.2024

**УТВЕРЖДАЮ Ректор**

**ФГБОУ ВО БГТУ**

**О.Н. Федонин**

**«28» мая 2024 г.**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ 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:                               | 2024   |

Брянск 2024

**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 «28» мая 2024 г., протокол № 7

Председатель ПЦК

Сергеева Е.Г.

Согласовано:

Заместитель директора ПК БГТУ  
по учебной работе

Л.А. Лазарева

© *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

| Проверяем<br>ы<br><br>й<br>амперметр | Ед.<br>из-<br>мерен<br>и я | Предпоследн<br>я<br><br>цифра<br>цифра<br>цифра | Последняя цифра шифра |            |            |            |            |            |            |            |            |            |
|--------------------------------------|----------------------------|---|-----------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
|                                      |                            |   | 0                     | 1          | 2          | 3          | 4          | 5          | 6          | 7          | 8          | 9          |
| Абсолютная<br>погрешност<br>ь        | А                          | —   | -<br>0,01             | +0,<br>0 3 | -<br>0,04  | +0,<br>0 2 | -<br>0,03  | +0,<br>0 5 | -<br>0,04  | +0,<br>0 2 | -<br>0,06  | +0,<br>0 3 |
|                                      |                            | —   | +0,<br>0 2            | -<br>0,04  | +0,<br>0 6 | -<br>0,08  | +0,<br>0 5 | -<br>0,08  | +0,<br>0 3 | 0,0<br>4   | -<br>0,03  | +0,<br>0 6 |
|                                      |                            | —   | -<br>0,03             | +0,<br>0 5 | -<br>0,03  | +0,<br>0 7 | +0,<br>0 4 | -<br>0,04  | +0,<br>0 6 | -<br>0,05  | +0,<br>0 8 | -<br>0,05  |
|                                      |                            | —   | +0,<br>0 4            | -<br>0,06  | +0,<br>0 2 | -<br>0,05  | -<br>0,08  | +0,<br>0 2 | -<br>0,07  | +0,<br>0 6 | -<br>0,02  | +0,<br>0 4 |
|                                      |                            | —   | -<br>0,05             | +0,<br>0 7 | -<br>0,01  | +0,<br>0 4 | -<br>0,06  | +0,<br>0 3 | -<br>0,02  | -<br>0,08  | +0,<br>0 5 | -<br>0,02  |
| Номинальн<br>ы<br><br>й<br>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 $U_n$<br>Ток ИМ $I_n$<br>Число делений $a_n$ | мВ            | —                         | 4<br>5                | 7<br>5      | 5<br>0      | 1<br>0<br>0 | 7<br>5      | 6<br>0      | 1<br>0<br>0 | 7<br>5      | 8<br>0      | 1<br>0<br>0 |
|  | мА            | —                         | 5                     | 7<br>,<br>5 | 1<br>0      | 1<br>0      | 7<br>,<br>5 | 1<br>5      | 3<br>0      | 2<br>5      | 4<br>0      | 5<br>0      |
|  | дел           | —                         | 5<br>0                | 7<br>5      | 1<br>0<br>0 | 5<br>0      | 1<br>5<br>0 | 7<br>5<br>0 | 1<br>0<br>0 | 1<br>5<br>0 | 5<br>0      | 1<br>0<br>0 |
| Напряжение $U_n$   | В             | 0; 5                      | 4<br>5                | 3<br>0<br>0 | 1<br>5<br>0 | 2<br>0<br>0 | 3<br>0      | 6<br>0      | 2<br>5      | 7<br>5      | 2<br>0<br>0 | 1<br>0<br>0 |
|  |               | 1; 6                      | 9<br>0                | 1<br>5<br>0 | 4<br>5      | 2<br>0      | 6<br>0      | 3<br>0      | 5<br>0      | 1<br>5<br>0 | 4<br>0      | 1<br>5      |
|  |               | 2; 7                      | 1<br>8                | 7<br>5      | 5<br>0      | 1<br>5<br>0 | 9<br>0      | 1<br>5<br>0 | 1<br>0<br>0 | 3<br>0<br>0 | 8<br>0      | 3<br>0      |
|  |               | 3; 8                      | 1<br>3<br>5           | 2<br>5      | 1<br>0<br>0 | 5<br>0      | 1<br>2<br>0 | 3<br>0<br>0 | 1<br>5<br>0 | 1<br>5<br>0 | 1<br>6<br>0 | 5<br>0      |
|  |               | 4; 9                      | 1                     | 1           | 1           | 1           | 1           | 1           | 2           | 3           | 1           | 1           |

|           |   |      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |
|-----------|---|------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--|--|--|
|           |   | 5    | 5 | 5 | 0 | 5 | 5 | 5 | 0 | 2 | 0 |   |  |  |  |
|           |   | 0    |   | 0 | 0 | 0 |   | 0 |   | 0 |   |   |  |  |  |
| 0; 1      |   | 1    | 1 | 2 | 1 | 1 | 3 | 2 | 3 | 2 | 5 |   |  |  |  |
|           |   | ,    | , | , | 0 | , | , | 5 | 0 | 0 |   |   |  |  |  |
| Ток $I_n$ | А | 0    | 5 | 0 |   | 5 | 0 |   |   |   |   |   |  |  |  |
|           |   | 6; 2 | 1 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 2 | 5 | 1 |  |  |  |
|           |   |      | , | , | 0 | , | , | , | , | 5 | , | 5 |  |  |  |
|           |   |      | 5 | 0 |   | 0 | 0 | 5 | 5 |   | 0 |   |  |  |  |
|           |   | 7; 3 | 2 | 6 | 5 | 3 | 4 | 6 | 5 | 1 | 1 | 0 |  |  |  |
|           |   |      | , | , | , | , | , | , | , | 5 | 0 | , |  |  |  |
|           |   |      | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 |   |   | 5 |  |  |  |
|           |   | 8; 4 | 2 | 4 | 1 | 5 | 1 | 4 | 7 | 1 | 0 | 1 |  |  |  |
|           |   |      | , | , | , | , | 5 | , | , | , | , | , |  |  |  |
|           |   |      | 5 | 5 | 5 | 0 |   | 5 | 5 | 5 | 5 | 0 |  |  |  |
|           |   | 9; 5 | 3 | 7 | 0 | 2 | 3 | 0 | 0 | 7 | 4 | 2 |  |  |  |
|           |   |      | , | , | , | , | 0 | , | , | , | , | 0 |  |  |  |
|           |   |      | 0 | 5 | 5 | 5 |   | 3 | 6 | 5 | 0 |   |  |  |  |

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           |
| Предел измерения $I_n$<br>Ток полного отклонения стрелки прибора при $I_n$<br>Класс точности | В             | —                         | 3<br>0<br>0           | 1<br>5<br>0 | 1<br>5      | 7<br>5      | 3<br>0<br>0  | 3<br>0<br>0 | 3<br>0<br>0 | 1<br>5<br>0 | 7<br>5       | 3<br>0      |
|  | мА            | —                         | 3                     | 7<br>,<br>5 | 1           | 1           | 7<br>,<br>5  | 1           | 1           | 3           | 1            | 7<br>,<br>5 |
|  | %             | —                         | 0<br>,<br>2           | 0<br>,<br>5 | 1<br>,<br>0 | 0<br>,<br>2 | 0<br>,<br>5  | 1<br>,<br>0 | 1<br>,<br>0 | 0<br>,<br>5 | 0<br>,<br>5  | 1<br>,<br>0 |
| Показание вольтметра U   | В             | 0; 5                      | 2<br>2<br>0           | 1<br>4<br>0 | 1<br>2      | 6<br>0      | 2<br>4<br>0  | 2<br>7<br>0 | 2<br>7<br>0 | 1<br>0<br>0 | 5<br>0       | 2<br>0      |
|  |               | 1; 6                      | 2<br>8<br>0           | 1<br>3<br>0 | 1<br>0      | 7<br>0      | 2<br>6<br>0  | 2<br>5<br>0 | 1<br>8<br>0 | 1<br>0<br>0 | 6<br>0       | 2<br>6      |
|  |               | 2; 7                      | 2<br>5<br>0           | 1<br>2<br>0 | 8           | 6<br>5      | 2<br>1<br>0  | 2<br>3<br>0 | 2<br>3<br>0 | 1<br>4<br>0 | 7<br>0       | 1<br>8      |
|  |               | 3; 8                      | 1<br>7<br>0           | 1<br>1<br>0 | 1<br>1      | 7<br>5      | 2<br>5<br>0  | 2<br>8<br>0 | 2<br>4<br>0 | 1<br>2<br>0 | 6<br>5       | 2<br>2      |
|  |               | 4; 9                      | 2<br>9<br>0           | 1<br>5<br>0 | 1<br>4      | 5<br>5      | 2<br>0<br>0  | 2<br>9<br>0 | 1<br>6<br>0 | 1<br>3<br>0 | 7<br>5       | 2<br>5      |
| Предел измерения $I_n$<br>Падение напряжения на зажимах прибора при $I_n$<br>Класс точности  | А             | —                         | 1<br>,<br>5           | 3<br>,<br>0 | 1<br>,<br>5 | 7<br>,<br>5 | 0<br>,<br>3  | 1<br>5      | 1<br>,<br>5 | 1<br>,<br>5 | 0<br>,<br>3  | 1<br>5      |
|  | мВ            | —                         | 1<br>0<br>0           | 9<br>5<br>0 | 1<br>0<br>0 | 1<br>4<br>0 | 2<br>7       | 1<br>0<br>0 | 1<br>0<br>0 | 1<br>0<br>0 | 2<br>7       | 1<br>0<br>0 |
|  | %             | —                         | 1<br>,<br>5           | 1<br>,<br>0 | 0<br>,<br>2 | 0<br>,<br>5 | 1<br>,<br>0  | 0<br>,<br>2 | 1<br>,<br>0 | 0<br>,<br>5 | 0<br>,<br>2  | 1<br>,<br>5 |
| Показание вольтметра I   | А             | 0; 1                      | 1<br>,<br>0           | 0<br>,<br>5 | 1<br>,<br>0 | 5           | 0,<br>2<br>9 | 9           | 0<br>,<br>5 | 0<br>,<br>4 | 0<br>,<br>1  | 1<br>0      |
|  |               | 6; 2                      | 1<br>,<br>3           | 0<br>,<br>7 | 1<br>,<br>2 | 6           | 0,<br>18     | 1<br>0      | 0<br>,<br>6 | 0<br>,<br>5 | 0,<br>1<br>5 | 8           |

|                 |    |   |        |                 |                 |             |                       |            |             |             |              |             |   |
|-----------------|----|---|--------|-----------------|-----------------|-------------|-----------------------|------------|-------------|-------------|--------------|-------------|---|
|                 |    |   | 7; 3   | 1<br>,<br>1     | 0<br>,<br>7     | 1<br>,<br>2 | 6<br><br>0,<br>18     | 1<br><br>0 | 0<br>,<br>6 | 0<br>,<br>5 | 0,<br>1<br>5 | 8           |   |
|                 |    |   | 8; 4   | 1<br>,<br>5     | 1<br>,<br>1     | 0<br>,<br>6 | 4<br><br>0,<br>2<br>4 | 11         | 1<br>,<br>0 | 1<br>,<br>0 | 0,<br>1<br>7 | 1<br>4      |   |
|                 |    |   | 9; 5   | 1<br>,<br>4     | 1<br>,<br>3     | 0<br>,<br>7 | 3<br>,<br>5           | 0,<br>16   | 1<br>3      | 1<br>,<br>5 | 0<br>,<br>8  | 0<br>,<br>3 | 5 |
| Группа приборов | –  | – | А      | Б               | В               | А           | Б                     | В          | А           | Б           | В            | А           |   |
| Температура t   | °C | – | 1<br>0 | 0<br><br>1<br>0 | –<br><br>1<br>0 | 3<br>0      | 1<br>0                | 0          | 2<br>5      | 3<br>0      | 4<br>0       | 1<br>0      |   |

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,  | 6   | 6,  | 3,  | 2,  | 1,  | 1,8 | 2   | 2,  |



|                   |   |      |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|-------------------|---|------|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|                   |   |      |   | ,5 | 0  | ,5 | 0  | 6  | 5  | 5  |    | ,5 | 8  |
|                   |   | 3; 8 |   | 2, | 4, | 5, | 4, | 5, | 3, | 5, | 3, | 2, | 1, |
|                   |   |      |   | 0  | 5  | 0  | 5  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 4  |
|                   |   | 4; 9 |   | 1, | 4, | 4  | 4, | 6, | 3, | 5, | 3, | 1, | 3, |
|                   |   |      |   | 8  | 0  | ,5 | 0  | 0  | 5  | 8  | 5  | 5  | 5  |
|                   |   | 0; 1 |   | 0  | 0, | 0  | 0, | 0, | 0, | 0, | 0, | 0, | 0, |
|                   |   |      |   | ,7 | 8  | ,9 | 72 | 8  | 8  | 8  | 92 | 8  | 72 |
|                   |   | 6; 2 |   | 0, | 0, | 0, | 0, | 0, | 0, | 0, | 0, | 0, | 0, |
|                   |   |      |   | 72 | 82 | 9  | 74 | 8  | 8  | 8  | 90 | 8  | 70 |
|                   |   |      |   |    |    | 2  |    | 3  | 0  | 5  |    | 6  |    |
|                   |   | 7; 3 |   | 0, | 0, | 0, | 0, | 0, | 0, | 0, | 0, | 0, | 0, |
|                   |   |      |   | 74 | 8  | 73 | 76 | 8  | 81 | 87 | 88 | 8  | 76 |
|                   |   |      |   |    | 4  |    |    | 4  |    |    |    | 5  |    |
|                   |   | 8; 4 |   | 0, | 0, | 0, | 0, | 0, | 0, | 0, | 0, | 0, | 0, |
|                   |   |      |   | 76 | 8  | 75 | 78 | 85 | 82 | 8  | 86 | 8  | 74 |
|                   |   |      |   |    | 6  |    |    |    |    | 9  |    | 3  |    |
|                   |   | 9; 5 |   | 0, | 0, | 0, | 0, | 0, | 0, | 0, | 0, | 0, | 0, |
|                   |   |      |   | 7  | 8  | 71 | 8  | 8  | 8  | 91 | 83 | 74 | 8  |
|                   |   |      |   | 8  | 8  |    | 0  | 6  | 4  |    |    |    | 0  |
| Фазное напряжение | В | –    | – | 1  | 2  | 3  | 2  | 3  | 1  | 3  | 2  | 1  | 1  |
| Uф                |   |      |   | 2  | 2  | 8  | 2  | 8  | 2  | 8  | 2  | 2  | 2  |
|                   |   |      |   | 7  | 0  | 0  | 0  | 0  | 7  | 0  | 0  | 7  | 7  |
| Схема соединения  | – | –    |   | Зв | Зв | Тр | Зв | Тр | Зв | Тр | Тр | Зв | Зв |
|                   |   |      |   | ез | ез | еу | ез | еу | е  | еу | еу | ез | ез |
|                   |   |      |   | да | да | г. | да | г. | з  | г. | .н | да | да |
|                   |   |      |   |    |    |    |    |    | а  |    |    |    |    |
| Последовательные  |   |      |   |    |    | С  |    | В  |    | А  |    |    |    |
| обмот ки ватт-    |   |      |   | А  | В  |    | А  |    | С  |    | В  | С  | А  |
| метров            | – | –    |   | и  | и  | и  | и  | и  | и  | и  | и  | и  | и  |
| включены в        |   |      |   | В  | С  | А  | В  | С  | А  | В  | С  | А  | В  |
| провода           |   |      |   |    |    | А  |    | С  |    | В  |    |    |    |
| Обрыв фазы        | – | –    |   | А  | В  | А  | С  | В  | А  | С  | А  | 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 P1 и P2, 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  $U_{\text{ф}}$ .

Активное и индуктивное сопротивления фаз приемника соответственно равны  $R_{\text{ф}}$ ,  $X_{\text{ф}}$ .

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                                    | —             | —                         | треуголь.             | треуголь. | звезда | треуголь. | звезда | треуголь. | звезда | звезда | треуголь. | треуголь. |
| 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                                  | В             | —                         | 22                    | 38        | 12     | 22        | 22     | 38        | 12     | 22     | 22        | 38        |

|  |    |      |  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|--|----|------|--|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Uф   |    |      |  | 0  | 0  | 7  | 0  | 0  | 0  | 7  | 0  | 0  | 0  |
|  |    | 0; 5 |  | 2  | 3  | 10 | 16 | 15 | 25 | 15 | 20 | 14 | 2  |
|  |    |      |  | 0  | 0  |    |    |    |    |    |    |    | 0  |
| Активное<br>сопротивление фазы $r_\phi$    | Ом | 1; 6 |  | 19 | 29 | 11 | 17 | 16 | 24 | 18 | 21 | 16 | 14 |
|  |    | 2; 7 |  | 18 | 2  | 12 | 18 | 17 | 23 | 21 | 22 | 18 | 16 |
|  |    |      |  |    | 8  |    |    |    |    |    |    |    |    |
|  |    | 3; 8 |  | 17 | 27 | 13 | 19 | 18 | 22 | 24 | 23 | 2  | 18 |
|  |    |      |  |    |    |    |    |    |    |    |    | 0  |    |
| Индуктивное<br>сопротивление фазы $x_\phi$ | Ом | 4; 9 |  | 16 | 26 | 14 | 2  | 19 | 21 | 27 | 24 | 22 | 2  |
|  |    |      |  |    |    |    | 0  |    |    |    |    |    | 6  |
|  |    | 0; 1 |  | 18 | 25 | 15 | 24 | 20 | 3  | 10 | 18 | 2  | 4  |
|  |    |      |  |    |    |    |    |    | 0  |    |    | 8  | 0  |
|  |    | 6; 2 |  | 19 | 26 | 16 | 23 | 21 | 29 | 11 | 17 | 27 | 3  |
|  |    |      |  |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 8  |
|  |    | 7; 3 |  | 2  | 27 | 17 | 22 | 23 | 2  | 12 | 16 | 26 | 36 |
|  |    |      |  | 0  |    |    |    |    | 8  |    |    |    |    |
|  |    | 8; 4 |  | 21 | 2  | 18 | 21 | 24 | 27 | 13 | 15 | 25 | 31 |
|  |    |      |  |    | 8  |    |    |    |    |    |    |    |    |
|  |    | 9; 5 |  | 22 | 29 | 19 | 2  | 25 | 26 | 14 | 21 | 24 | 32 |
|  |    |      |  |    |    |    | 0  |    |    |    |    |    |    |

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  $U_\text{л}$  линейный ток  $I_\text{л}$ , 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  $t$ .

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

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

| Наименование величин                                       | Ед. из-мерен-ия | Предпоследн-ая цифра шифра | Последняя цифра шифра |             |          |           |           |          |             |          |           |
|--|-----------------|----------------------------|-----------------------|-------------|----------|-----------|-----------|----------|-------------|----------|-----------|
|  |                 |                            | 0                     | 1           | 2        | 3         | 4         | 5        | 6           | 7        | 8         |
| Номинальное напряжение сети $U_1$                          | В               | –                          | 60<br>00              | 5<br>0<br>0 | 30<br>00 | 100<br>00 | 150<br>00 | 60<br>00 | 5<br>0<br>0 | 30<br>00 | 100<br>00 |
| Линейный ток $I_1$   | А               | 0; 5                       | 4<br>0<br>0           | 1<br>0<br>0 | 7<br>5   | 3<br>0    | 2<br>0    | 5<br>0   | 1<br>5<br>0 | 5<br>0   | 4<br>0    |
|  |                 | 1; 6                       | 1<br>5                | 7<br>5      | 5<br>0   | 15        | 25        | 3<br>0   | 1<br>0<br>0 | 3<br>0   | 2<br>0    |
|  |                 | 2; 7                       | 3<br>0                | 1<br>5<br>0 | 7<br>5   | 25        | 3<br>0    | 4<br>0   | 2<br>0<br>0 | 40       | 3<br>0    |
|  |                 | 3; 8                       | 6<br>0                | 2<br>0<br>0 | 40       | 4<br>0    | 15        | 6<br>0   | 2<br>5<br>0 | 5<br>0   | 25        |
|  |                 | 4; 9                       | 5<br>0                | 2<br>5<br>0 | 6<br>0   | 2<br>0    | 4<br>0    | 7<br>5   | 1<br>0<br>0 | 7<br>5   | 50        |
| Расстояние от измерительных приборов до трансформатора $l$ | м               | 0; 1                       | 1<br>5                | 1<br>0      | 1<br>0   | 15        | 2<br>0    | 1<br>5   | 1<br>0      | 2<br>0   | 10        |
|  |                 | 6; 2                       | 1<br>4                | 1<br>1      | 1<br>4   | 18        | 21        | 1<br>6   | 1<br>2      | 1<br>9   | 9         |
|  |                 | 7; 3                       | 1<br>3                | 1<br>2      | 1<br>5   | 19        | 22        | 17       | 1<br>4      | 1<br>8   | 8         |
|  |                 | 8; 4                       | 1<br>2                | 1<br>3      | 1<br>6   | 2<br>0    | 23        | 1<br>8   | 1<br>6      | 17       | 12        |
|  |                 | 9; 5                       | 11                    | 1<br>4      | 17       | 16        | 2<br>4    | 1<br>9   | 8           | 1<br>6   | 15        |

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  $a_H = 100$  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<br>величин | Ед. измерения | Предпоследняя<br>цифра шифра | Последняя цифра шифра |             |             |             |             |             |             |             |             |             |
|-------------------------|---------------|------------------------------|-----------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|                         |               |                              | 0                     | 1           | 2           | 3           | 4           | 5           | 6           | 7           | 8           | 9           |
| Ток $I_0$               | В             | –                            | 0<br>,<br>5           | 1<br>,<br>5 | 1<br>,<br>5 | 2<br>,<br>0 | 2<br>,<br>5 | 0<br>,<br>5 | 1<br>,<br>0 | 1<br>,<br>5 | 2<br>,<br>0 | 2<br>,<br>5 |

|  |   |      |             |             |             |             |             |             |             |             |             |             |
|--|---|------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Ток $I_{1m}$                             | А | 0; 5 | 4<br>,<br>5 | 4<br>,<br>0 | 3<br>,<br>5 | 3<br>,<br>0 | 2<br>,<br>5 | 4<br>,<br>0 | 3<br>,<br>5 | 3<br>,<br>0 | 2<br>,<br>5 | 4<br>,<br>0 |
|  |   | 1; 6 | 4<br>,<br>0 | 4<br>,<br>5 | 3<br>,<br>8 | 3<br>,<br>2 | 3<br>,<br>0 | 4<br>,<br>4 | 4<br>,<br>0 | 3<br>,<br>5 | 3<br>,<br>0 | 4<br>,<br>0 |
|  |   | 2; 7 | 3<br>,<br>5 | 3<br>,<br>0 | 4<br>,<br>0 | 3<br>,<br>4 | 3<br>,<br>6 | 4<br>,<br>2 | 3<br>,<br>8 | 4<br>,<br>0 | 3<br>,<br>5 | 4<br>,<br>2 |
|  |   | 3; 8 | 3<br>,<br>0 | 2<br>,<br>5 | 4<br>,<br>2 | 3<br>,<br>6 | 4<br>,<br>0 | 3<br>,<br>5 | 4<br>,<br>4 | 4<br>,<br>5 | 4<br>,<br>0 | 3<br>,<br>8 |
|  |   | 4; 9 | 2<br>,<br>5 | 3<br>,<br>5 | 4<br>,<br>4 | 3<br>,<br>8 | 4<br>,<br>5 | 3<br>,<br>8 | 4<br>,<br>2 | 3<br>,<br>6 | 4<br>,<br>2 | 4<br>,<br>4 |
| Ток $I_{3m}$                             | М | 0; 1 | 2<br>,<br>5 | 2<br>,<br>0 | 1<br>,<br>5 | 1<br>,<br>0 | 1<br>,<br>5 | 1<br>,<br>0 | 2<br>,<br>0 | 1<br>,<br>5 | 1<br>,<br>0 | 2<br>,<br>0 |
|  |   | 6; 2 | 2<br>,<br>0 | 2<br>,<br>5 | 1<br>,<br>8 | 1<br>,<br>4 | 2<br>,<br>0 | 1<br>,<br>2 | 1<br>,<br>8 | 1<br>,<br>8 | 1<br>,<br>2 | 2<br>,<br>2 |
|  |   | 7; 3 | 1<br>,<br>5 | 1<br>,<br>0 | 2<br>,<br>0 | 1<br>,<br>6 | 2<br>,<br>5 | 1<br>,<br>4 | 1<br>,<br>6 | 2<br>,<br>0 | 2<br>,<br>2 | 2<br>,<br>8 |
|  |   | 8; 4 | 1<br>,<br>0 | 1<br>,<br>5 | 2<br>,<br>2 | 2<br>,<br>5 | 1<br>,<br>2 | 1<br>,<br>6 | 1<br>,<br>5 | 2<br>,<br>4 | 1<br>,<br>8 | 3<br>,<br>0 |
|  |   | 9; 5 | 1<br>,<br>5 | 2<br>,<br>0 | 2<br>,<br>4 | 2<br>,<br>0 | 2<br>,<br>6 | 1<br>,<br>8 | 1<br>,<br>4 | 2<br>,<br>5 | 1<br>,<br>6 | 3<br>,<br>2 |
| угол сдвига<br>фазы третьей<br>гармоники |   |      | о           | п<br>/<br>6 | п           | п<br>/<br>3 | п<br>/<br>2 | п           | п<br>/<br>6 | о           | п           | п<br>/<br>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.