

1. Измерение электрических и неэлектрических величин: Учебное пособие для вузов. Под ред. Н.Н. Евтихиева. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 352с. (25 экз.)
2. Кукуш В.Д. Электрорадиоизмерения: Учебное пособие для вузов по спец.: Радиотехника. – М.: Радио и связь, 1985. – 368с. (24 экз.)
3. Кушнир Ф.В. Электрорадиоизмерения: Учебное пособие. – Л.: Энергоатомиздат, 1983. – 319с. (10 экз.)
4. Мардин В.В., Кривоносов А.И. Справочник по электронным измерительным приборам. - М.: Связь, 1978. – 416с. (19 экз.)
5. Мейзда Фрейдун Электронные измерительные приборы и методы измерений – М.: Мир, 1990. – 535с. (24 экз.)
6. Орнатский П.П. Автоматические измерения и приборы (аналоговые и цифровые): Учебник для вузов. – Киев,: Высшая школа, 1980. – 560с. (9 экз.)
7. Электронные приборы: Учебник для вузов под ред. Г.Г. Шишкина – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 490с. (50 экз.)

#### 6. Контрольная работа по дисциплине

Учебный план предусматривает выполнение контрольного задания, которое является проверкой усвоения студентами изучаемого материала. Задания заключаются в письменном ответе **на контрольные вопросы и решении задач.**

Вначале следует написать вопрос или условие задачи, затем кратко и по существу дать ответ. Ответы на контрольные вопросы обязательно иллюстрировать чертежами и схемами, а решения задач - краткими пояснениями. Условные обозначения на схемах должны соответствовать единой системе конструкторской документации, графики иметь масштаб, все величины, входящие в решение задач - обозначения размерности- После ответа на каждый вопрос обязательно указывать использованную литературу. Чертежи и схемы выполнять карандашом или тушью с применением чертежных инструментов. В тетради оставлять поля шириной не менее 40 мм для заметок преподавателя.

Контрольные задания (обязательно с шифром студента) высылаются в университет на проверку. Без сдачи задания студент к зачету или экзамену **не** допускается.

Номера контрольных вопросов всех разделов, **на которые должен** ответить студент, соответствуют последней цифре шифра, поставленного в зачетной книжке.

По итогам обучения студенты специальностей 100100 (ЭС) , 100401 (Э11) сдают экзамен.

## Задача 1

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

1. Составить схему включения измерительного механизма с шунтом и дать вывод формулы  $r_{ш}$ .
2. Определить постоянную измерительного механизма по току  $C$ , величину сопротивления шунта  $r_{ш}$  и постоянную амперметра  $C'$ , 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  $r$ .
5. Определить постоянную измерительного механизма по напряжению  $C$ , величину добавочного сопротивления  $r$  и постоянную вольтметра  $C'$ , если этим прибором нужно измерять напряжение  $U_n$ .
6. Определить мощность, потребляемую вольтметром при номинальном значении напряжения  $U_n$ .

Исходные данные для решения задачи 1 приведены в **табл. 1**.

**Таблица 1 - Числовые значения для задачи 1**

| Наименование величины | Единица измерения | Предпоследняя цифра шифра | Последняя цифра шифра |     |     |     |     |     |     |     |     |      |
|-----------------------|-------------------|---------------------------|-----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
|                       |                   |                           | 0                     | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9    |
| Напряжение ИМ $U_n$   | мВ                | -                         | 45                    | 75  | 50  | 100 | 75  | 60  | 100 | 75  | 80  | 100  |
| Ток ИМ $I_n$          | мА                | —                         | 5                     | 7,5 | 10  | 10  | 15  | 30  | 25  | 25  | 40  | 50   |
| Число делений         | дел               | —                         | 50                    | 75  | 100 | 50  | 150 | 75  | 150 | 150 | 50  | 100  |
| Напряжение $U_n$      | В                 | 0,5                       | 45                    | 300 | 15  | 200 | 30  | 60  | 25  | 75  | 200 | 100. |
|                       | В                 | 1;6                       | 90                    | 150 | 45  | 20  | 60  | 30  | 50  | 150 | 40  | 15   |
|                       | В                 | 2;7                       | 18                    | 75  | 50  | 150 | 90  | 150 | 100 | 300 | 80  | 30   |
|                       | В                 | 3;8                       | 135                   | 225 | 100 | 50  | 120 | 300 | 150 | 15  | 100 | 50   |
| Ток $I_n$             | В                 | 4; 9                      | 180                   | 15  | 150 | 100 | 150 | 15  | 250 | 30  | 150 | 10   |
|                       | А                 | 0;1                       | 1,0                   | 1,5 | 2,0 | 10  | 1,5 | 3,0 | 25  | 30  | 20  | 5    |
|                       | А                 | 6;2                       | 1,5                   | 3,0 | 10  | 2,0 | 3,0 | 1,5 | 2,5 | 25  | 5,0 | 15   |
|                       | А                 | 7;3                       | 2,0                   | 6,0 | 5,0 | 3,0 | 4,5 | 6,0 | 5,0 | 15  | 10  | 0,5  |
|                       | А                 | 8;4                       | 2,5                   | 4,5 | 1,5 | 5,0 | 15  | 4,5 | 7,5 | 1,5 | 0,5 | 1,0  |
|                       | А                 | 9;5                       | 3,0                   | 7,5 | 0,5 | 2,5 | 30  | 0,3 | 0,5 | 7,5 | 4,0 | 20   |

### Методические указания к задаче 1

Весь необходимый теоретический материал, а также формулы для решения этой задачи могут быть получены из рекомендуемых учебников [3, с. 79-80, с. 101-103; 10, с. 11-117].

## Задача 2

1. В цепь несинусоидального тока включены: амперметр магнитоэлектрической системы и амперметр электродинамической системы.

Амперметры имеют одинаковые номинальные токи  $I_n = 5\text{А}$  и шкалы с одинаковым номинальным числом делений  $\alpha_n = 100$  дел.

Начертить схему цепи и определить, на какое число делений шкалы

'отклонится стрелка: а) магнитоэлектрического амперметра;

б) электродинамического амперметра, если в цепи проходит ток

$$i = I_0 + I_{1m} \cdot \sin \omega t + I_{3m} \cdot \sin (3 \omega t \pm \psi_3) .$$

Построить в масштабе в одних осях координат графики заданного тока  $i=f(t)$  за время одного периода основной гармоник тока. Значения  $I_0$ ,  $I_{1m}$ ,  $I_{3m}$  и  $\psi_3$  для отдельных вариантов заданы в таблице 2.

2. В цепь несинусоидального тока включены: амперметр электродинамической системы и амперметр выпрямительной системы.

Амперметры имеют одинаковые номинальные токи  $I_n = 5\text{А}$  и шкалы с одинаковым номинальным числом делений  $\alpha_n = 100$  дел.

На какое число делений шкалы отклонится стрелка:

а) электродинамического амперметра; б) выпрямительного амперметра, если в цепи проходит ток

$$i = I_{1m} \cdot \sin \omega t + I_{3m} \cdot \sin (3 \omega t \pm \psi_3) .$$

**Таблица 2** - Числовые значения для задачи 2

| Наименование величин | Единица измерения | Предпоследняя цифра шифра | Последняя цифра шифра |         |       |         |         |       |         |     |       |         |
|----------------------|-------------------|---------------------------|-----------------------|---------|-------|---------|---------|-------|---------|-----|-------|---------|
|                      |                   |                           | 0                     | 1       | 2     | 3       | 4       | 5     | 6       | 7   | 8     | 9       |
| Ток $I_0$            | А                 |                           | 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     | 2,0     | 4,0   | 3,5     | 3,0 | 2,5   | 4,5     |
|                      | А                 | 1;6                       | 4,0                   | 4,5     | 3,8   | 3,2     | 3,0     | 4,4   | 4,0     | 3,5 | 3,0   | 4,0     |
|                      | А                 | 2;7                       | 3,5                   | 3,0     | 4,0   | 3,4     | 3,6     | 4,2   | 3,8     | 4,0 | 3,5   | 4,2     |
|                      | А                 | 3;8                       | 3,0                   | 2,5     | 4,2   | 3,6     | 4,0     | 3,5   | 4,4     | 4,5 | 4,0   | 3,8     |
|                      | А                 | 4;9                       | 2,5                   | 3,5     | 4,4   | 3,8     | 4,5     | 3,8   | 4,2     | 3,6 | 4,2   | 4,4     |
| ТОК $I_{3m}$         | А                 | 0;1                       | 2,5                   | 2,0     | 1,5   | 1,0     | 1,5     | 1,0   | 2,0     | 1,5 | 1,0   | 2,0     |
|                      | А                 | 6;2                       | 2,0                   | 2,5     | 1,8   | 1,4     | 2,0     | 1,2   | 1,8     | 1,8 | 1,2   | 2,2     |
|                      | А                 | 7;3                       | 1,5                   | 1,0     | 2,0   | 1,6     | 2,5     | 1,4   | 1,6     | 2,0 | 2,2   | 2,8     |
|                      | А                 | 8;4                       | 1,0                   | 1,5     | 2,2   | 2,5     | 1,2     | 1,6   | 1,5     | 2,4 | 1,8   | 3,0     |
|                      | А                 | 9;5                       | 1,5                   | 2,0     | 2,4   | 2,0     | 2,6     | 1,8   | 1,4     | 2,5 | 1,6   | 3,2     |
| Угол $\psi_3$        | Рад               | -                         | 0                     | $\pi/6$ | $\pi$ | $\pi/3$ | $\pi/2$ | $\pi$ | $\pi/6$ | 0   | $\pi$ | $\pi/3$ |

## Методические указания к решению задачи 2

Несинусоидальные токи и напряжения могут измеряться приборами различных систем. Так, например, приборы электромагнитной, электродинамической и тепловой систем реагируют на действующие

значения величин, приборы выпрямительной системы - на среднее по модулю значение величины; приборы магнитоэлектрической системы - на постоянную составляющую; амплитудные электронные вольтметры - на максимальное значение функции.

При решении п.1.а. этой задачи необходимо написать выражение мгновенного и среднего вращающих моментов, а затем угла поворота подвижной части амперметра магнитоэлектрической системы.

### Задача 3

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  $I$ , номинальным напряжением  $U$  и числом делений шкалы  $\alpha = 150$  дел. Исходные данные для решения задачи приведены в **таблице 3**.

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, вычертив 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 напряжения токов, под действием которых находятся параллельные и последовательные обмотки ваттметров;
  - в) определить число делений шкалы  $a_1$  и  $a_2$ , на которые отклоняются стрелки ваттметров.

Результаты расчетов записать в **таблицу 4**. ПРИМЕЧАНИЕ: заданная трехпроводная цепь трехфазного тока представляет собой соединение трех неподвижных магнитно-несвязанных катушек.

### Методические указания к задаче 3

При решении п. 1 этой задачи необходимо в соответствии с заданием своего варианта начертить схему включения ваттметров в трехпроводную цепь трехфазного тока и дать на ней разметку генераторных зажимов последовательной и параллельной обмоток каждого из ваттметров.

После этого следует привести доказательство, что активная мощность в трехфазной цепи может быть измерена двумя ваттметрами, при этом должна быть учтена схема соединения приемников энергии (таблица 3).

Если приемники энергии соединены по схеме *звезда*, то вывод формулы активной мощности для этого случая приведен в рекомендуемой литературе. Если приемники энергии соединены по схеме *треугольник*, то мгновенную мощность трехфазной цепи следует представить как:

$$P = P_{AB} + P_{BC} + P_{CA} = U_{AB} I_{AB} + U_{BC} I_{BC} + U_{CA} I_{CA},$$

где  $U_{AB}, U_{BC}, U_{CA}$  - мгновенные значения фазных напряжений

$I_{AB}, I_{BC}, I_{CA}$  - мгновенные значения фазных токов.

После этого следует воспользоваться вторым законом Кирхгофа, по которому  $U_{AB} + U_{BC} + U_{CA} = 0$ . Из этого уравнения исключается одно из напряжений, например  $U_{AB} = -U_{BC} - U_{CA}$  (для схемы, в которой параллельные обмотки ваттметров находятся под действием напряжений  $U_{BC}$  и  $U_{CA}$ ). Затем производятся необходимые преобразования, чтобы получить окончательное выражение мощности, соответствующее схеме включения ваттметров.

Определив токи и напряжения, под действием которых находятся последовательные и параллельные обмотки ваттметров, необходимо выбрать два одинаковых ваттметра с номинальным током  $I_n = 5 \text{ А}$  или  $I_n = 10 \text{ А}$ , номинальным напряжением  $U_n = 150 \text{ В}$ ,  $U_n = 300 \text{ В}$  или  $U_n = 600 \text{ В}$ .

Постоянная ваттметра определяется по формуле  $C_p = U_n \cdot I_n / \alpha_n$

При решении п.2 этой задачи необходимо также начертить схему включения ваттметров, указав на ней обрыв одной из фаз приемника энергии (см. таблицу 3).

Если приемники энергии соединены по схеме *треугольник*, то при обрыве одной из фаз сопротивление ее будет равно бесконечности, следовательно, ток в ней будет равен нулю. Токи в двух других фазах останутся такими, какими были до обрыва фазы. Вследствие этого изменяются линейные токи, что и должно быть учтено при построении векторной диаграммы и определении показаний ваттметров.

Если приемники энергии соединены по схеме *звезда*, то при обрыве одной из фаз ток в ней будет равен нулю. Две другие фазы окажутся соединенными между собой последовательно и включенными на линейное напряжение. Для определения тока в этих фазах, исходя из данных для нормального режима работы приемника

$$Z_\phi = U_\phi / I_\phi$$

Для симметричной трехфазной системы ток в последовательно соединенных фазах определяется как

$$I' = U_L / 2Z_\phi$$

Это значение тока и должно быть принято при построении векторной диаграммы и определении показаний ваттметров при обрыве фазы приемника.

**Таблица 3 - Числовые значения для задачи 3**

| Наименование величин                                   | Единицы измерения | Предпоследняя цифра шифра | Последняя цифра шифра |      |      |      |      |      |      |      |      |     |
|--------------------------------------------------------|-------------------|---------------------------|-----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|
|                                                        |                   |                           | 0                     | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9   |
| Мощность цепи S                                        | кВА               | 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                       | 7.0                   | 45   | 50   | 45   | 5,0  | 30   | 50   | 30   | 7,0  | 14  |
|                                                        |                   | 4.9                       | 1,8                   | 4,0  | 4,5  | 4,0  | 6,0  | 3,5  | 5,8  | 3,5  | 1,5  | 3,5 |
| Коэффициент мощности<br>Cos φ                          | —                 | 0; 1                      | 0,7                   | 0,8  | 0,9  | 0,72 | 0,82 | 0,88 | 0,83 | 0,92 | 0,84 | 0,7 |
|                                                        |                   | 6; 2                      | 0,72                  | 0,82 | 0,92 | 0,74 | 0,83 | 0,80 | 0,85 | 0,90 | 0,86 | 0,7 |
|                                                        |                   | 7; 3                      | 0,74                  | 0,84 | 0,73 | 0,76 | 0,84 | 0,81 | 0,87 | 0,88 | 0,85 | 0,7 |
|                                                        |                   | 8; 4                      | 0,76                  | 0,86 | 0,75 | 0,78 | 0,85 | 0,82 | 0,89 | 0,86 | 0,83 | 0,7 |
|                                                        |                   | 9; 5                      | 0,78                  | 0,88 | 0,71 | 0,80 | 0,86 | 0,84 | 0,91 | 0,83 | 0,74 | 6,8 |
| Фазное напряжение<br>U <sub>φ</sub>                    | В                 | —                         | 127                   | 220  | 380  | 220  | 380  | 127  | 380  | 220  | 127  | 127 |
| Схема соединения                                       | —                 | —                         | λ                     | λ    | Δ    | λ    | Δ    | λ    | Δ    | Δ    |      | λ   |
| Последовательные обмотки ваттметров включены в провода |                   |                           | АиВ                   | ВиС  | СиА  | АиВ  | ВиС  | СиА  | АиВ  | ВиС  | СиА  | АиВ |
| Обрывы фазы                                            | —                 | —                         | А                     | В    | АВ   | С    | ВС   | А    | СА   | АВ   | В    | С   |

**Таблица 4 - Результат расчетов**

|                     | Наименование величины                                 | Единица измерения | Результаты расчета |
|---------------------|-------------------------------------------------------|-------------------|--------------------|
| Определитель по п.1 | Мощности цепи Р                                       | Вт                |                    |
|                     | Линейное напряжение U <sub>л</sub>                    | В                 |                    |
|                     | Линейный ток I <sub>л</sub>                           | А                 |                    |
|                     | Номинальное напряжение ваттметра U <sub>н</sub>       | В                 |                    |
|                     | Номинальный ток ваттметра I <sub>н</sub>              | А                 |                    |
|                     | Постоянная ваттметра С <sub>р</sub>                   | Вт/дел            |                    |
|                     | Мощность, измеряемая первым ваттметром Р <sub>1</sub> | Вт                |                    |
|                     | Мощность, измеряемая первым ваттметром Р <sub>2</sub> | Вт                |                    |
|                     | Число делений шкалы α <sub>1</sub>                    | Дел               |                    |
|                     | Число делений шкалы α <sub>2</sub>                    | Дел               |                    |
| Определитель        | Мощность, измеряемая первым ваттметром Р <sub>1</sub> | Вт                |                    |
|                     | Мощность, измеряемая вторым ваттметром Р <sub>2</sub> | Вт                |                    |
|                     | Число делений шкалы α <sub>1</sub>                    | Дел               |                    |

|                                |     |  |
|--------------------------------|-----|--|
| Число делений шкалы $\alpha_2$ | Дел |  |
|--------------------------------|-----|--|

#### Задача 4

В высоковольтной трехпроводной цепи трехфазного тока необходимо измерить линейные токи, линейное напряжение, коэффициент мощности цепи и расхода 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 таблице 9. Начертить схему включения ИТТ, ИТН в цепь, а также показать подключение к ним всех измерительных приборов. Выполнить разметку зажимов обмоток ИТТ, ИТН, счетчиков и фазометра. Показать заземление вторичных обмоток ИТТ и ИТН.

Таблица 5 - Числовые значения для задачи 4

| Наименование величин                                       | Единица измерения | Предпоследняя цифра шифра | Последняя цифра шифра |     |      |       |       |      |     |      |       |       |
|------------------------------------------------------------|-------------------|---------------------------|-----------------------|-----|------|-------|-------|------|-----|------|-------|-------|
|                                                            |                   |                           | 0                     | 1   | 2    | 3     | 4     | 5    | 6   | 7    | 8     | 9     |
| Линейный ток $I_1$                                         | A                 | 0;5                       | 40                    | 100 | 75   | 30    | 20    | 50   | 150 | 50   | 40    | 30    |
|                                                            | A                 | 1;6                       | 15                    | 75  | 50   | 15    | 25    | 30   | 100 | 30   | 20    | 25    |
|                                                            | A                 | 2; 7                      | 30                    | 150 | 75   | 25    | 30    | 40   | 200 | 40   | 30    | 20    |
|                                                            | A                 | 3;8                       | 60                    | 200 | 40   | 40    | 15    | 60   | 250 | 50   | 25    | 15    |
|                                                            | A                 | 4; 9                      | 50                    | 259 | 60   | 60    | 40    | 75   | 100 | 75   | 50    | 40    |
| Номинальное напряжение $U_1$                               | B                 | -                         | 6000                  | 500 | 3000 | 10000 | 15000 | 6000 | 500 | 3000 | 10000 | 15000 |
| Расстояние от измерительных приборов до трансформатора $l$ | M                 | 0;1                       | 15                    | 10  | 10   | 15    | 20    | 15   | 10  | 20   | 10    | 20    |
|                                                            | M                 | 6; 2                      | 14                    | 11  | 14   | 18    | 21    | 16   | 12  | 19   | 9     | 15    |
|                                                            | M                 | 7;3                       | 13                    | 12  | 15   | 19    | 22    | 17   | 14  | 18   | 8     | 23    |
|                                                            | M                 | 8; 4                      | 12                    | 13  | 16   | 20    | 23    | 18   | 16  | 17   | 12    | 21    |
|                                                            | M                 | 9; 5                      | 11                    | 14  | 17   | 16    | 24    | 19   | 8   | 16   | 15    | 18    |

#### Методические указания к решению задачи 4

При подборе измерительных трансформаторов тока необходимо учитывать, что для обеспечения правильности их работы общее сопротивление всех проводов и обмоток по вторичной цепи не должно

превышать номинальной нагрузки. Номинальной нагрузкой трансформатора тока называется наибольшее сопротивление, на которое может быть замкнута вторичная обмотка при условии, что погрешности не превысили допустимых значений.

Выбор трансформаторов напряжения производится по их допустимой номинальной мощности. Таким образом, к трансформатору напряжения можно подключить такое количество приборов, при котором их мощность при номинальном напряжении не превышает номинальной мощности трансформатора.

Номинальные данные, измерительных трансформаторов **тока и** напряжения приведены в таблицах 6 и 7.

При решении этой задачи, прежде всего, необходимо определить сопротивления обмоток амперметров, а также сопротивления последовательных обмоток счетчиков фазометра,

**При** расчете нагрузки, подключаемой к трансформаторам **тока**, необходимо учитывать не только сопротивление приборов, **но и** сопротивление соединенных проводов.

Параметры обмоток приборов приведены в таблице 8. Более подробно с выбором и схемами включения измерительной аппаратуры можно ознакомиться в рекомендуемой литературе

**Таблица 6 - Измерительные трансформаторы тока**

| Тип | Номинальный ток, А |           | Класс точности | Номинальная нагрузка, Ом | Коэффициент мощности, $\cos \varphi$ |
|-----|--------------------|-----------|----------------|--------------------------|--------------------------------------|
|     | первичный          | вторичный |                |                          |                                      |
| 1   | 2                  | 3         | 4              | 5                        | 6                                    |

|         |                                                                          |     |          |        |           |
|---------|--------------------------------------------------------------------------|-----|----------|--------|-----------|
| И54     | 0,5;1; 2;                                                                | 5   | 0,2      | 0,1    | -         |
|         | 5; 10;<br>20; 50                                                         | 5   | 0,5      |        |           |
| И54/1   | 0,5;1; 2,5;<br>5; 10;25;50                                               | 5   | 0,2      | 0,4    | 0,8-1     |
|         |                                                                          |     | 0,2      | 0,4    | 0,5 - 0,8 |
|         |                                                                          |     | 0,2      | 0,05   | 1         |
|         |                                                                          |     | 0,2      | 0,5    | 0,8       |
|         |                                                                          |     | 0,2      | 0,4    | 0,5-0,8   |
| И55/1   | 0,5; 1; 2;<br>5;10;20;                                                   | 0,5 | 0,1      | 30     | 1         |
| И56М    | 1-1000                                                                   | 1   | 0,1      | 15     | 0,8-1     |
|         |                                                                          | 5   | 0,1      | 0,6    | 0,8-1     |
|         |                                                                          | 5   | 0,05     | 0,2    | 1         |
| И508М   | 100;250;<br>500;600                                                      | 5   | 0,2      | 0,2    | 0,8-1     |
| И509    | 5-1000                                                                   | 5   | 0,2      | 0,6    | 0,5-1     |
| И512    | 0,5-3000                                                                 | 1   | 0,05     | 15 0,6 | 1л        |
| И515    | 0,5; 1;2,5;                                                              | 5   | 0,1      | 0,4    | 0,8-1     |
|         | 5;10;25;50                                                               |     |          |        |           |
| И532    | 5; 6; 7,5;<br>10;15;20;<br>25; 30; 40:50                                 | 1   | 0,05-0,5 | 15     | 1         |
|         | 60; 75;100;<br>150;200;<br>250;300;<br>400;500;<br>600; 750;<br>800;1000 | 5   |          | 0,6    | 1         |
| И1820   | 30;50;75;                                                                | 1   | 1        | 5      | -         |
|         | 100;150;<br>200                                                          |     |          |        |           |
|         | 5                                                                        | 1   | 1        | 5      | -         |
|         | 5                                                                        | 0,5 | 1        | 55     | -         |
| УТТ-5   | 15; 50;100;<br>150; 200;<br>300;600                                      | 5   | 0,2      | 0,2    | 0,8-1     |
| УТТ-6М1 | 100;150;<br>200;250;<br>300;400;                                         | 5   | 0,2      | 0,4    | 0,8-1     |
|         | 500;600;<br>750;1000;<br>1200;1500;<br>2000                              |     | 0,2      | 0,6    | 0,8       |

Таблица 7- Измерительные трансформаторы напряжений

| Тип | Номинальное напряжение |              | Класс точности | Номинальная мощность нагрузки вторичной цепи, В*А | Коэффициент мощности, cos φ |
|-----|------------------------|--------------|----------------|---------------------------------------------------|-----------------------------|
|     | Первичное, кВ          | Вторичное, В |                |                                                   |                             |

| 1     | 2                       | 3                     | 4   | 5                    | 6     |
|-------|-------------------------|-----------------------|-----|----------------------|-------|
| УТН-1 | $0,380/\sqrt{3}$        | 100                   | 0,2 | 15,0                 | 0,8-1 |
|       | 0,380                   | 100                   | 0,2 | 15,0                 | 0,8-1 |
|       | 0,500                   | 100                   | 0,2 | 15,0                 | 0,8-1 |
|       | $0,380/\sqrt{3}$        | $100\sqrt{3}$         | 0,2 | 10,0                 | 0,8-1 |
|       | 0,380                   | $100\sqrt{3}$         | 0,2 | 10,0                 | 0,8-1 |
|       | 0,500                   | $100\sqrt{3}$         | 0,2 | 10,0                 | 0,8-1 |
|       | $0,380/\sqrt{3}$        | $100\sqrt{3}$         | 0,2 | 5,0                  | 0,8-1 |
| УТН-1 | 0,380                   | $100/\sqrt{3}$        | 0,2 | 5,0                  | 0,8-1 |
|       | 0,500                   | $100/\sqrt{3}$        | 0,2 | 5,0                  | 0,8-1 |
| И50   | 3,0;6,0;<br>10,0; 15,0  | $100/\sqrt{3}$<br>100 | 0,2 | 10,0<br>15,0         | 0,8-1 |
| И510  | 3,0; 6,0;<br>10,0; 15,0 | 100/3<br>100<br>150   | 0,1 | 10,0<br>15,0<br>15,0 | 0,8-1 |

**Таблица 8 - Параметры обмоток приборов**

| Тип прибора                          | Номинальные величины |               | Класс точности | Номинальная область частот, Гц | Номинальное сопротивление обмоток, Ом |                |
|--------------------------------------|----------------------|---------------|----------------|--------------------------------|---------------------------------------|----------------|
|                                      | Ток, А               | Напряжение, В |                |                                | Последовательной                      | Параллельной   |
| Амперметр<br>Э513/4                  | 0,5                  | —             | 0,5            | 40-100                         | 0,12                                  | -              |
|                                      | 1,0                  | —             | 0,5            | 40-100                         | 0,035                                 | -              |
| Амперметр<br>Э514/1                  | 1,0                  | -             | 0,5            | 40-100                         | 0,035                                 | -              |
|                                      | 2,0                  | -             | 0,5            | 40-100                         | 0,12                                  | -              |
| Амперметр<br>Э514/2                  | 2,5                  | -             | 0,5            | 40-60                          | 0,012                                 | -              |
|                                      | 5,0                  | -             | 0,5            | 40-60                          | 0,005                                 | -              |
| Амперметр<br>Э514/3                  | 5,0                  | -             | 0,5            | 40 -100                        | 0,008                                 | —              |
| Вольтметр<br>Э515/2                  | -                    | 60            | 0,5            | 40-60                          | —                                     | 2400           |
| Вольтметр<br>Э515/3                  | —                    | 75            | 0,5            | 40 -100                        | —                                     | 10000          |
|                                      |                      | 150           | 0,5            |                                |                                       | 20000          |
|                                      |                      | 300           | 0,5            |                                |                                       | 40000          |
|                                      |                      | 600           | 0,5            |                                |                                       | 80000          |
| Счетчик<br>однофазный<br>СО-2М2      | 5,0                  | 127           | 2,5            | 50                             | 0,08                                  | 10700          |
|                                      |                      | 220           | 2,5            |                                |                                       | 32000          |
| Счетчик<br>однофазный<br>СО-И445/4Т  | 2,5                  | 110           | 2,0            | 50-60                          | 0,25                                  | 8000           |
|                                      |                      | 127           |                |                                |                                       | 10700          |
|                                      |                      | 220           |                |                                |                                       | 32000          |
|                                      |                      | 230           |                |                                |                                       | 35000          |
|                                      | 5,0                  | 250           | 2,0            | 50-60                          | 0,08                                  | 41500          |
| Фазометр<br>трехфазного<br>тока Д120 | 5                    | 127           | 1,5            | 50                             | 0,12                                  | 2500           |
|                                      |                      | 220           |                |                                |                                       | 7500           |
|                                      |                      | 380           |                |                                |                                       | 22000          |
| Фазометр<br>трехфазного<br>тока Э120 | 5                    | 127<br>220    | 1,5            | 50                             | 0,01                                  | 10700<br>32000 |

**Контрольные вопросы к разделу «Измерительные преобразователи»  
(письменно)**

1. АЦП с преобразованием напряжения во временной интервал.
2. АЦП по методу двойного интегрирования.
3. Измерительные трансформаторы тока. Назначение, основные характеристики. Схема включения.
4. АЦП по методу компенсации.
5. АЦП. Определение, назначение, классификация.
6. ЦАП. Определение, назначение, классификация.
7. ЦАП с многоступенчатым делителем напряжения.
8. ЦАП с многоступенчатым делителем тока.
9. ЦАП на основе цепочки сопротивлений.
10. Измерительные трансформаторы напряжения. Назначение, основные характеристики, схема включения,

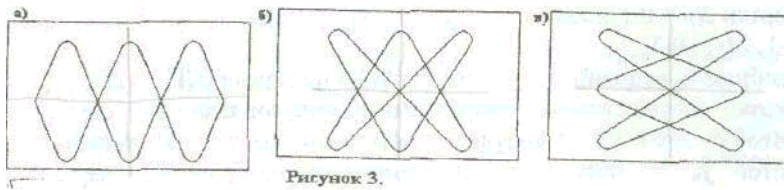
**Контрольные вопросы к разделу «Электронные аналоговые и  
цифровые измерительные приборы» (письменно)**

1. Укажите основные блоки и узлы ЦИП.
2. Основные характеристики ЦИП.
3. Основные принципы построения цифровых вольтметров.
4. Основные принципы построения цифровых амперметров.
5. Основные принципы цифровых индикаторов. Каков их принцип действия?
6. Какие типы кодов применяются в ЦИП? Каковы преимущества двоично-десятичного кода?
7. Как осуществляется измерение частот с помощью ЦИП?
8. Как осуществляется измерение тока с помощью ЦИП?
9. Основные принципы построения цифровых фазометров.
10. Преимущества цифровых фазометров.

**Контрольное задание к разделу «Электронные аналоговые и цифровые  
измерительные приборы» (письменно)**

Номер задачи соответствует последней цифре шифра студента.

1. Определить частоту  $f_x$  исследуемого сигнала по полученным на экране осциллографа фигурам Лиссажу (рисунок 3. а-в). Напряжения частот/у и образцовой  $f_0$  подведены соответственно к горизонтальным и вертикальным пластинам ЭЛТ



2. Определить частоту  $f$  исследуемого сигнала генератора, напряжением которого осуществлена круговая развертка. Напряжение генератора с образцовой частотой  $f_0 = 1000 \text{ Гц}$  подано на модулятор ЭЛТ.

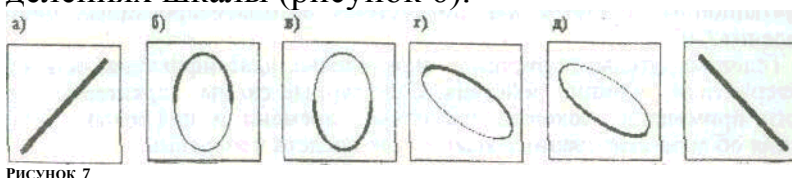
Осциллограмма, полученная на экране ЭЛТ, представлена на **рисунке 4**.

3. Определить значение угла сдвига фаз  $\varphi$  между двумя синусоидальными сигналами  $u_1 = U_{M1} \sin \omega t$  и  $u_2 = U_{M2} \sin (\omega t - \varphi)$  по осциллограммам напряжений на экране осциллографа (рисунок 5).

4. Определить значение угла сдвига фаз между напряжениями, изменяющимися по закону  $u_1 = U_{M1} \sin (\omega t + \varphi)$  и  $u_2 = U_{M2} \sin \omega t - \varphi$  и



образующими на экране эллипс, если измерены значения  $Y = 4$  и  $y' = 3$  в делениях шкалы (рисунок 6). •



5. Чему равен угол  $\varphi$  сдвига фаз между синусоидальными сигналами  $u_1$ , и  $u_2$ , изображенными на **рисунке 7 а- е**?

6. Объясните, как прокалибровать линию развертки электронного осциллографа (определить масштаб времени по горизонтали), если частота генератора неизвестна.
7. Какова скорость развертки, если диапазон длительностей развертки в осциллографе простирается от 50 мс/дел до 0.2 мкс/дел (1 дел = 6 мм)?
8. Объяснить, как проверить правильность калибровки длительности развертки  $Dp = 0,1$  мс/дел. при двух множителях развертки осциллографа:  $Mr=1$ ;  $Mr=0,2$ .
9. Изобразить осциллограмму, полученную на экране ЭЛТ, если круговая развертка осуществлена напряжением синусоидального сигнала с частотой  $f = 200$  Гц, а на модулятор подано синусоидальное напряжение с частотой  $f_0 = 1600$  Гц. Как изменится изображение на экране осциллографа, если источники напряжений поменять местами и ЭЛТ не будет при этом запирается?
10. Определить частоту синусоидального сигнала, изображенного на экране осциллографа типа С 1-49 при: 1) длительности развертки  $Dp = 0,1$  мс/дел, множителе развертки  $Mr = 1$  (**рисунок 8**, масштаб 1:1, 1 дел = 6 мм); 2) длительности развертки  $Dp = 0,5$  мс/дел, множителе развертки  $Mr = 0,2$

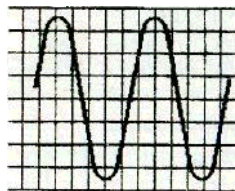


Рисунок 8

### Контрольные вопросы к разделу « Информационно-измерительные системы» (письменно)

1. Общие сведения об ИИС.
2. Чем вызвана необходимость применения ИИС ?
3. Перечислите основные характеристики ИИС.
4. Приведите обобщенную структурную схему ИИС и поясните назначение входящих в нее элементов.
5. Приведите конкретные примеры использования ИИС.
6. Что такое ИИС и для чего она предназначена ?
7. Что такое агрегированный комплекс средств измерений ?
8. В чем заключается принцип построения телеизмерительных систем ?
9. Каковы основные структуры ИИС ?
10. Укажите основные виды преобразования измерительных систем.

