

## Оценочные материалы для промежуточной аттестации по дисциплине

### Энергосбережение, 8 семестр

|                             |   |
|-----------------------------|---|
| Код, направление подготовки | 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника |
| Направленность (профиль)    | Электроэнергетические системы и сети        |
| Форма обучения              | Очная                                       |
| Кафедра-разработчик         | Радиоэлектроники и электроэнергетики        |
| Выпускающая кафедра         | Радиоэлектроники и электроэнергетики        |

#### Типовые задания для контрольной работы:

Контрольная работа является завершающим этапом изучения дисциплины и позволяет оценить приобретенные знания и умения в процессе ее изучения. Контрольная работа выполняется обучающимися по вариантам. Задание для контрольной работы представлено ниже.

#### Задача №1

Номинальный режим электроустановки постоянного тока характеризуется напряжением постоянного тока  $U$  и током  $I$ , измерение которых может быть произведено вольтметром  $V_1$  и  $V_2$  и амперметрами  $A_1$  и  $A_2$ . Значения напряжения  $U_n$ , тока  $I_n$  и характеристики электроизмерительных приборов приведены в таблице 1.1.

Необходимо:

- 1) из двух вольтметров и двух амперметров выбрать электроизмерительные приборы, обеспечивающие меньшую относительную погрешность;
- 2) определить пределы, в которых могут находиться действительные значения напряжения и тока при их измерении выбранными приборами;
- 3) определить возможную относительную погрешность в определении мощности установки по показаниям вольтметра и амперметра.

а) Максимальные абсолютные погрешности амперметра и вольтметра:

$$\Delta I = \pm \frac{\gamma \cdot I_{ном}}{100} [\%] \quad \Delta U = \frac{\gamma \cdot U_{ном}}{100} [\%]$$

$$\Delta I(A_1) = \pm \frac{4 \cdot 3}{100} = 0.12 A \quad \Delta I(A_2) = \pm \frac{1.0 \cdot 15}{100} = 0.15 A$$

$$\Delta U(V_1) = \pm \frac{4 \cdot 30}{100} = 1.2 B \quad \Delta U(V_2) = \pm \frac{1.5 \cdot 50}{100} = 0.45 B$$

б) Найдём относительную погрешность в процентах

$$\delta = \frac{\Delta}{X} \cdot 100\%$$

$$\delta_1(A_1) = \frac{\Delta I(A_1)}{I} \cdot 100\% = \frac{0.12}{2.5} \cdot 100\% = 4,8\%$$

$$\delta_2(A_2) = \frac{\Delta I(A_2)}{I} \cdot 100\% = \frac{0.15}{2.5} \cdot 100\% = 6\%$$

Из двух амперметров выбираем А1 так как  $\delta_1 < \delta_2$ .

$$\delta_1(V_1) = \frac{\Delta U(V_1)}{U} \cdot 100\% = \frac{1.2}{27} \cdot 100\% = 4.4\%$$

$$\delta_2(V_2) = \frac{\Delta U(V_2)}{U} \cdot 100\% = \frac{0.45}{27} \cdot 100\% = 2.77\%$$

Из двух вольтметров выбираем V2 так как  $\delta_1 > \delta_2$ .

**2.** Определим пределы в которых могут находиться действительные значения напряжения и тока при их измерении выбранными приборами:

$$\text{Для V2 } \Delta U = \pm \frac{\gamma \cdot U_n}{100} = \frac{1.5 \cdot 50}{100} = 0.75 \text{ В } U = (27 \pm 0.75) \text{ В}$$

$$\text{Для A1 } \Delta I = \frac{\gamma \cdot I_n}{100} = \frac{4 \cdot 3}{100} = 0,12 \text{ А } I = (2.5 \pm 0.12) \text{ А}$$

**3.** определим возможную относительную погрешность в определении мощности установки по показаниям вольтметра и амперметра.

$$\delta_p = \pm \sqrt{\left(\frac{\Delta I}{I}\right)^2 + \left(\frac{\Delta U}{U}\right)^2}$$

Для А1 и V2:

$$\delta = \pm \sqrt{\left(\frac{0,12}{2.5}\right)^2 + \left(\frac{0.75}{27}\right)^2} = 0,055$$

**Таблица 1.1 – Варианты заданий**

| Величина           |       | Варианты                    |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |
|--------------------|-------|-----------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
|                    |       | 1                           | 2          | 3          | 4          | 5          | 6          | 7          | 8          | 9          | 10         | 11         | 12         | 13         | 14         | 15         | 16         | 17         | 18         |            |
| Напряжение $U$ , В |       | 23                          | 18         | 87         | 12         | 18         | 57         | 24         | 24         | 15         | 32         | 36         | 57         | 7          | 87         | 54         | 27         | 29         | 45         |            |
| Вольтметры         | $V_1$ | Класс точности              | <b>2,0</b> | <b>3,0</b> | <b>3,0</b> | <b>2,0</b> | <b>1,0</b> | <b>2,5</b> | <b>4,0</b> | <b>3,0</b> | <b>2,0</b> | <b>0,5</b> | <b>1,0</b> | <b>2,0</b> | <b>2,5</b> | <b>4,0</b> | <b>3,0</b> | <b>1,0</b> | <b>2,5</b> | <b>2,0</b> |
|                    |       | Предел измерения, $U_n$ , В | 50         | 40         | 100        | 15         | 20         | 100        | 35         | 35         | 20         | 100        | 40         | 30         | 15         | 100        | 70         | 45         | 30         | 55         |
|                    | $V_2$ | Класс точности              | <b>1,5</b> | <b>2,0</b> | <b>2,5</b> | <b>1,5</b> | <b>0,5</b> | <b>4,0</b> | <b>3,0</b> | <b>2,0</b> | <b>1,5</b> | <b>4,0</b> | <b>1,5</b> | <b>2,5</b> | <b>2,0</b> | <b>3,0</b> | <b>2,5</b> | <b>0,5</b> | <b>3,0</b> | <b>2,5</b> |
|                    |       | Предел измерения, $U_n$ , В | 30         | 20         | 120        | 20         | 60         | 70         | 40         | 50         | 40         | 40         | 70         | 50         | 10         | 90         | 65         | 40         | 40         | 50         |
| Ток $I$ , А        |       | 2,5                         | 1,0        | 3,7        | 1,9        | 3,7        | 3,2        | 0,9        | 3,9        | 2,1        | 3,1        | 3,8        | 4,9        | 5,6        | 7,1        | 8,8        | 9,1        | 3,9        | 2,1        |            |
| Амперметры         | $A_1$ | Класс точности              | <b>4,0</b> | <b>3,0</b> | <b>2,0</b> | <b>1,5</b> | <b>1,0</b> | <b>2,0</b> | <b>2,5</b> | <b>1,5</b> | <b>4,0</b> | <b>2,5</b> | <b>1,5</b> | <b>2,5</b> | <b>2,0</b> | <b>3,0</b> | <b>2,5</b> | <b>0,5</b> | <b>3,0</b> | <b>2,5</b> |
|                    |       | Предел измерения, $I_n$ , А | 5,0        | 5,0        | 5,0        | 3,0        | 5,0        | 3,5        | 3,0        | 5,0        | 2,5        | 4,0        | 4,0        | 5,0        | 6,0        | 10         | 9,0        | 9,5        | 4,5        | 3,0        |
|                    | $A_2$ | Класс точности              | <b>0,5</b> | <b>4,0</b> | <b>3,0</b> | <b>2,0</b> | <b>0,5</b> | <b>1,0</b> | <b>2,0</b> | <b>2,5</b> | <b>3,0</b> | <b>1,5</b> | <b>4,0</b> | <b>1,5</b> | <b>1,5</b> | <b>0,5</b> | <b>4,0</b> | <b>1,0</b> | <b>4,0</b> | <b>2,0</b> |
|                    |       | Предел измерения, $I_n$ , А | 3,0        | 2,0        | 4,0        | 2,0        | 4,0        | 4,0        | 2,0        | 4,0        | 3,0        | 6,0        | 5,0        | 9,0        | 10         | 9,0        | 10         | 10         | 5,0        | 4,0        |

## Задача №2

### Определение погрешности результата косвенных измерений

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

Определить:

- а) величину сопротивления и мощность по показаниям приборов;
- б) максимальные абсолютные погрешности амперметра и вольтметра;
- в) абсолютную погрешность косвенного метода;
- г) относительную погрешность измерения;
- д) пределы действительных значений измеряемых физических величин.

**Исходные данные взять из задачи №1**

При косвенных измерениях искомое значение величины  $y$  находится на основании математической зависимости, связывающей эту величину с несколькими величинами  $x_1, x_2, \dots, x_m$ , измеряемыми прямыми методами. При этом погрешности прямых измерений приводят к тому, что окончательный результат имеет погрешность.

Максимальные абсолютные погрешности амперметра и вольтметра определяются:

$$\Delta I = \pm \frac{\chi I_{ном}}{100},$$

$$\Delta U = \pm \frac{\chi U_{ном}}{100}$$

где  $\chi$  - приведенная погрешность измерительного прибора, равная классу точности прибора;

$I_{ном}, U_{ном}$  - номинальное значение тока и напряжения;

Формулы для расчета абсолютных и относительных погрешностей результата косвенных измерений:

| Функция $y$ | Погрешности  |  |
|-------------|--|--|
|             | абсолютная - $\Delta y$  | Относительная - $\delta y$                                 |
| $x_1 * x_2$ | $\pm \sqrt{x_1^2 (\Delta x_2)^2 + x_2^2 (\Delta x_1)^2}$         | $\pm \sqrt{((\Delta x_1 / x_1)^2 + (\Delta x_2 / x_2)^2)}$ |
| $x_1 / x_2$ | $\pm \sqrt{x_2^2 (\Delta x_1)^2 + x_1^2 (\Delta x_2)^2} / x_2^2$ | $\pm \sqrt{(\Delta x_1 / x_1)^2 + (\Delta x_2 / x_2)^2}$   |

где  $x_1, x_2$  - измеренные значения электрических величин;  $\Delta x_1, \Delta x_2$  - максимальные абсолютные погрешности, допускаемые при измерении значений  $x_1, x_2$ . Функция  $x_1 * x_2$

используется в задаче для расчета погрешности косвенного измерения мощности, функция  $x_1 / x_2$  - то же для сопротивлений.

Результаты вычислений сопротивлений и мощности сводятся в таблицу:

| U, В | I, А | $\Delta U$ , В | $\Delta I$ , А | $\Delta P$ , Вт | $\Delta R$ , Ом | $\delta_p$  | $\delta_R$  | $P + \Delta P$ , Вт | $R + \Delta R$ , Ом |
|------|------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-------------|-------------|---------------------|---------------------|
| 250  | 1,5  | $\pm 1,25$     | $\pm 0,015$    | $\pm 3,9$       | $\pm 2,708$     | $\pm 0,014$ | $\pm 0,014$ | $288 \pm 3,9$       | $200 \pm 2,708$     |

### Пример расчета

- 1) значение мощности и сопротивления по показаниям приборов

$$P = UI = 240 * 1,2 = 288 \text{ Вт};$$

$$R = \frac{U}{I} = \frac{240}{1,2} = 200 \text{ Ом}$$

- 2) предельные абсолютные погрешности измерительных приборов:

амперметра -  $\Delta I = \pm \frac{\chi I_{ном}}{100} = \pm \frac{1 \cdot 1,5}{100} = \pm 0,015 \text{ А};$

вольтметра  $\Delta U = \pm \frac{\chi U_{ном}}{100} = \pm \frac{0.5 \cdot 250}{100} = \pm 1,25 \text{ В};$

- 3) абсолютная погрешность косвенного измерения мощности и сопротивления:

$$\Delta P = \pm \sqrt{U^2(\Delta I)^2 + I^2(\Delta U)^2} = \pm 3.9 \text{ Вт};$$

$$\Delta R = \pm \sqrt{I^2(\Delta U)^2 + U^2(\Delta I)^2} / I^4 = \pm 2.708 \text{ Ом}$$

- 4) относительная погрешность косвенного измерения мощности и сопротивления:

$$\delta_p = \pm \sqrt{\left(\frac{\Delta I}{I}\right)^2 + \left(\frac{\Delta U}{U}\right)^2} = \pm 0,014;$$

$$\delta_R = \pm \sqrt{\left(\frac{\Delta U}{U}\right)^2 + \left(\frac{\Delta I}{I}\right)^2} = \pm 0,014 ;$$

- 5) действительное значение мощности  $P = (288 \pm 3,9) \text{ Вт}$ .  
 действительное значение сопротивления  $R = (200 \pm 2,708) \text{ Ом}$   
 контрольной работы представлено ниже.

#### Типовые вопросы к зачету:

1. Назначение нормативно-правовой базы по энергосбережению.
2. Основная цель нормативно-правового управления энергосбережением.
3. Основные направления государственного регулирования энергосбережения.
4. Показатели эффективности энергоиспользования.
5. Использование показателей энергоэффективности для оценки энергосберегающих мероприятий.
6. Виды энергетических балансов. Основная цель составления энергетических балансов.
7. Метод составления баланса электроэнергии.
  1. Цель и задачи учета электрической и тепловой энергии.
  2. Коммерческий и технический учет электроэнергии.
  3. Многотарифная система учета электрической энергии.
  4. Приборы учета тепловой энергии.
  5. Назначение и цель создания автоматизированной системы учета.
  6. Структурная схема автоматизированной системы учета.
  7. Основные этапы проведения энергетических обследований.
  8. Виды энергетических обследований.
  9. Перечень документации, необходимый для проведения энергетического обследования.
  10. Назначение и цель проведения тепловизионных обследований.
  11. Определение фактического расхода энергоресурсов.
  12. Мониторинг показателей качества электрической энергии.
  13. Потери электрической энергии. Виды потерь.
  14. Коммерческие потери электрической энергии.
  15. Классы точности приборов учета.
  16. Технологические потери электрической энергии.
  17. Потери электроэнергии в линиях электропередачи.
  18. Потери электроэнергии в силовых трансформаторах.
  19. Потери электроэнергии в сетях напряжением до 1 кВ.
  20. Методики расчета технологических потерь электроэнергии.
  21. Энергосберегающие мероприятия в системах электроснабжения.
  22. Применение частотно-регулируемого электропривода.
  23. Вентильные электропривод погружных насосов.
  24. Виды нетрадиционных и возобновляемых источников энергии.
  25. Компенсация реактивной мощности в системах электроснабжения.