

Федеральное агентство железнодорожного транспорта
Филиал федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования
«Сибирский государственный университет путей сообщения» в г. Новоалтайске

ОП.08. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

**Методические указания и контрольные задания
для студентов-заочников специальности**

27.02.03 Автоматика и телемеханика на транспорте
(железнодорожном транспорте)

ОДОБРЕНО
Цикловой комиссией специальности
27.02.03 Автоматика и телемеханика на
транспорте (железнодорожном
транспорте)
Протокол № ____ от «__» _____ 2016г.
Председатель ЦК _____ С. С. Рукас

Методические указания
составлены в соответствии с
рабочей программой ОП.08.
Электрические измерения
специальности 27.02.03
Автоматика и телемеханика на
транспорте (железнодорожном
транспорте)

Утверждаю
Заместитель директора по
учебно-воспитательной работе
_____ С.Л.Ананьина
«_____» _____ 2016г.

Согласовано:

Методист _____ Н.Я. Мирошникова

Составитель:

Маточкин Ю.И. - преподаватель первой квалификационной категории
филиала СГУПС в г. Новоалтайске

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Методические указания и задания на контрольную работу разработаны в соответствии с требованиями ФГОС СПО и рабочей программой учебной дисциплины ОП.08. Электрические измерения.

Целью методических указаний является оказание помощи обучающемуся в освоении и систематизации изучаемого материала, развитию умения работы с учебной литературой. Значительная часть теоретического материала подлежит самостоятельному изучению студентами-заочниками. В качестве одной из форм самостоятельной работы предусмотрено выполнение домашней контрольной работы, включающей как ответы на теоретические вопросы, так и решение задач.

Программа дисциплины ОП.08. Электрические измерения предусматривает изучение электроизмерительных приборов, методов измерения параметров электрических величин, определение погрешностей измерений.

На изучение данной дисциплины отводится 120 часов, из них 10 часов - лекционные, 10 часов - лабораторные занятия, 100 часов - самостоятельная подготовка студента.

Знание учебного материала дисциплины необходимо для освоения общепрофессиональных дисциплин, междисциплинарных курсов и профессиональных модулей: ОП.02. Электротехника, МДК.02.01. Основы технического обслуживания устройств, систем СЦБ и ЖАТ, ПМ.01. Построение и эксплуатация станционных, перегонных, микропроцессорных и диагностических систем железнодорожной автоматики.

В результате изучения дисциплины обучающийся должен

уметь:

-проводить электрические измерения параметров электрических сигналов приборами и устройствами различных типов и оценивать качество полученных результатов;

знать:

-приборы и устройства для измерения параметров в электрических цепях и их классификация;

-методы измерения и способы их автоматизации;

-методику определения погрешности измерений и влияние измерительных приборов на точность измерений.

По дисциплине ОП.08. Электрические измерения обучающиеся выполняют одну контрольную работу, которая содержит пять задач. Номера задач нужно определить из таблицы вариантов по двум последним цифрам шифра студента.

Задачи, выполненные не по своему варианту, не засчитываются, а контрольная работа возвращается обучающемуся.

Требования к оформлению домашней контрольной работы

К выполнению контрольной работы приступайте только после проработки материала по соответствующей теме. Обязательно указывайте источник информации.

Контрольная работа выполняется на компьютере с помощью программы Microsoft Word. Работа выполняется на листе формата А4 стандартным 14м шрифтом с полуторным интервалом. Используются шрифт Times New Roman.

Заголовки выделяют заглавными буквами. Границы полей: левое - 2,5 см, правое - 1,5 см, нижнее и верхнее - 1,5 см.

Текст печатается черным цветом. Принципиальные электрические схемы, графики, векторные диаграммы выполняются с применением компьютерных программ Microsoft Visio.

Все структурные элементы работы и главы ее основной части начинаются с новой страницы. Абзацы в тексте начинают отступом -1,25.

Текстом заполняется одна сторона листа. Листы сшиваются в папку и нумеруются в нижнем правом углу. Условия задач положено записывать полностью, и они должны сопровождаться кратким пояснением.

Титульный лист работы должен быть оформлен в соответствии с утвержденной формой. При регистрации контрольной работы титульный лист подписывается секретарем заочного отделения, с указанием даты сдачи работы.

Обязательно необходимо переписывать номера и условия заданий в том порядке, в каком они указаны в таблице вариантов заданий.

Решения задач и ответы на теоретические вопросы должны быть коротко, но четко обоснованы, за исключением тех случаев, когда по существу вопроса такая мотивировка не требуется.

При решении задач нужно приводить весь ход решения и математические преобразования, использовать обозначения, соответствующие электрическим величинам, указывать единицы измерения.

В конце работы необходимо поместить список использованной литературы с указанием года издания и количеством страниц, поставить дату и подпись.

Если работа не зачтена, ее следует выполнить повторно в соответствии с указаниями рецензента и представить на рецензирование вместе с незачтенной работой. Все исправления следует выполнять в конце работы.

Консультации

В случае затруднений при изучении курса следует обращаться за устной консультацией к преподавателю в назначенный консультационный день.

Экзамены

К сдаче экзаменов допускаются студенты, которые выполнили контрольную работу и все задания лабораторных и практических занятий, согласно графику учебного процесса.

Задание на контрольную работу

Задание на контрольную работу составлено в 50 вариантах.

Вариант контрольной работы определяется двумя последними цифрами шифра студента по таблице 1.

Таблица вариантов контрольной работы

Таблица 1

| Вариант | Две последние цифры шифра | Номера вопросов и задач | Вариант | Две последние цифры шифра | Номера вопросов и задач |
|---------|---------------------------|-------------------------|---------|---------------------------|-------------------------|
| 1 | 01 или 51 | 10 16 21 34 43 | 26 | 26 или 76 | 3 16 30 38 44 |
| 2 | 02 или 52 | 9 11 27 31 44 | 27 | 27 или 77 | 2 13 25 34 48 |
| 3 | 03 или 53 | 8 17 22 31 44 | 28 | 28 или 78 | 1 18 24 35 50 |
| 4 | 04 или 54 | 7 12 25 36 50 | 29 | 29 или 79 | 10 11 29 36 45 |
| 5 | 05 или 55 | 6 18 24 32 41 | 30 | 30 или 80 | 9 15 28 37 43 |
| 6 | 06 или 56 | 5 13 30 37 42 | 31 | 31 или 81 | 2 14 26 39 47 |
| 7 | 07 или 57 | 4 13 23 38 45 | 32 | 32 или 82 | 1 13 25 32 48 |
| 8 | 08 или 58 | 3 14 29 40 46 | 33 | 33 или 83 | 3 13 25 34 45 |
| 9 | 09 или 59 | 2 20 28 33 47 | 34 | 34 или 84 | 4 20 21 35 50 |
| 10 | 10 или 60 | 1 15 26 39 48 | 35 | 35 или 85 | 5 11 27 48 44 |
| 11 | 11 или 61 | 4 12 27 31 49 | 36 | 36 или 86 | 6 16 24 31 43 |
| 12 | 12 или 62 | 5 14 26 32 48 | 37 | 37 или 87 | 7 15 28 40 49 |
| 13 | 13 или 63 | 6 11 24 33 41 | 38 | 38 или 88 | 8 12 23 36 41 |
| 14 | 14 или 64 | 7 19 21 34 42 | 39 | 39 или 89 | 9 18 23 37 42 |
| 15 | 15 или 65 | 8 13 25 39 50 | 40 | 40 или 90 | 10 17 30 33 46 |
| 16 | 16 или 66 | 9 17 23 35 44 | 41 | 41 или 91 | 1 14 23 38 46 |
| 17 | 17 или 67 | 10 18 22 37 46 | 42 | 42 или 92 | 2 13 24 31 49 |
| 18 | 18 или 68 | 1 15 30 40 43 | 43 | 43 или 93 | 3 18 23 40 47 |
| 19 | 19 или 69 | 2 20 28 36 45 | 44 | 44 или 94 | 4 12 25 33 48 |
| 20 | 20 или 70 | 3 16 29 38 37 | 45 | 45 или 95 | 5 17 21 34 45 |
| 21 | 21 или 71 | 8 14 21 33 46 | 46 | 46 или 96 | 6 13 30 32 44 |
| 22 | 22 или 72 | 7 12 27 32 49 | 47 | 47 или 97 | 7 20 22 36 41 |
| 23 | 23 или 73 | 6 20 22 39 47 | 48 | 48 или 98 | 8 15 26 39 50 |
| 24 | 24 или 74 | 5 17 23 31 42 | 49 | 49 или 99 | 9 16 27 35 42 |
| 25 | 25 или 75 | 4 13 26 40 41 | 50 | 50 или 00 | 10 11 28 37 43 |

Задача 1

При поверке технического вольтметра электромагнитной системы типа Э-378, имеющего предел измерения (номинальное напряжение) 250 В, была определена его наибольшая абсолютная погрешность: $\Delta U_{\text{наиб}} = 3,75 \text{ В}$.

Определите:

- а) класс точности вольтметра v_d ;
- б) пределы действительного значения измеряемой величины $U_{1д}$ и $U_{2д}$, если показание вольтметра равно $U = 220\text{В}$;
- в) наибольшую возможную относительную погрешность измерения $v_{\text{нв}1}$, если вольтметр показал $U_1 = 100\text{В}$;
- г) наибольшую возможную относительную погрешность измерения $v_{\text{нв}2}$, если вольтметр показал $U_2 = 200\text{В}$.

Укажите, в какой части шкалы прибора измерения получается более точными. Поясните, на основании чего сделан вывод.

Задача 2

Для измерения напряжения в цепи постоянного тока использовались два вольтметра: первый типа М1214 с пределом измерения (номинальным напряжением) $U_{н1} = 50 \text{ В}$ и классом точности $v_{д1} = 1 \%$, второй - типа С70 с пределом измерения $U_{н2} = 10 \text{ В}$ и классом точности $v_{д2} = 1,5\%$.

Определите:

- а) наибольшую абсолютную погрешность первого вольтметра $\Delta U_{\text{наиб}1}$;
- б) наибольшую абсолютную погрешность второго вольтметра $\Delta U_{\text{наиб}2}$;
- в) наибольшую возможную относительную погрешность $v_{\text{нв}1}$ при измерении первым вольтметром $U = 9,5 \text{ В}$;
- г) наибольшую возможную относительную погрешность $v_{\text{нв}2}$ при измерении вторым вольтметром $U = 9,5 \text{ В}$.

Укажите прибор, который выполнит измерение с большей точностью. Поясните, на основании чего сделан вывод.

Задача 3

Измерение мощности нагрузки в цепи постоянного тока выполнено косвенным методом при помощи амперметра и вольтметра. При этом были использованы: амперметр типа М342, имеющий предел измерения (номинальный ток) $I_n = 20\text{А}$ и класс точности $v_d = 2,5 \%$, вольтметр типа М717 с пределом измерения (номинальным напряжением) $U_n = 150 \text{ В}$ и классом точности $v_d = 1,5 \%$. Показание приборов: амперметра $I = 8 \text{ А}$, вольтметра $U = 100 \text{ В}$.

Определите:

- а) мощность потребителя P ;
- б) наибольшую возможную относительную погрешность при измерении тока $I = 8 \text{ А}$ - $v_{\text{нв}I}$;
- в) наибольшую возможную относительную погрешность при измерении напряжения $U = 100 \text{ В}$ - $v_{\text{нв}U}$;

г) наибольшую возможную относительную погрешность при измерении мощности $v_{\text{нвР}}$;

д) наибольшую абсолютную погрешность измерения мощности $\Delta P_{\text{наиб}}$.

Задача 4

Ваттметр типа Д5004, рассчитанный по напряжению на $U_{\text{н}} = 300 \text{ В}$ и на ток $I_{\text{н}} = 5 \text{ А}$, имеет шкалу с числом делений $\alpha_{\text{н}} = 150$. Класс точности его $v_{\text{д}} = \pm 0,5\%$.

Определите:

а) постоянную (цену деления) ваттметра;

б) величину мощности P , измеренную ваттметром, если его стрелка отклонилась на 100 делений;

в) наибольшую абсолютную погрешность прибора $P_{\text{наиб}}$;

г) пределы действительного значения измеренной величины $P_{1\text{д}}$ и $P_{2\text{д}}$ при измерении мощности, определённой во втором пункте задачи;

д) наибольшую возможную относительную погрешность $v_{\text{нв}}$ при измерении мощности P .

Задача 5

Миллиамперметр типа Э513 имеет предел измерения (номинальный ток) $I_{\text{н}} = 500 \text{ мА}$, класс точности $v_{\text{д}} = 0,5\%$, число делений шкалы $d_{\text{н}} = 100$ делений.

Определите:

а) постоянную прибора (цену деления шкалы) C_1 ;

б) чувствительность прибора S_1 ;

в) наибольшую абсолютную погрешность прибора $\Delta I_{\text{наиб}}$;

г) величину тока I , протекающего в цепи, если стрелка миллиамперметра отклонилась на $\alpha = 50$ делений;

д) наибольшую возможную относительную погрешность $v_{\text{нв}}$ при измерении тока I .

Задача 6

При поверки технического вольтметра электромагнитной системы типа Э-378, имеющего предел измерения (номинальное напряжение) $U_{\text{н}} = 300 \text{ В}$, была определена его наибольшая абсолютная погрешность: $\Delta U_{\text{наиб}} = 4,25 \text{ В}$.

Определите:

а) класс точности вольтметра $v_{\text{д}}$;

б) пределы действительного значения измеряемой величины $U_{1\text{д}}$ и $U_{2\text{д}}$, если показание вольтметра равно $U = 250 \text{ В}$;

в) наибольшую возможную относительную погрешность измерения $v_{\text{нв}1}$, если вольтметр показал $U_1 = 200 \text{ В}$.

г) наибольшую возможную относительную погрешность измерения $v_{\text{нв}2}$, если вольтметр показал $U_2 = 240 \text{ В}$.

Укажите, в какой части шкалы прибора измерения получается более точными. Поясните, на основании чего сделан вывод.

Задача 7

Для измерения напряжения в цепи постоянного тока использовались два вольтметра: первый типа М1214 с пределом измерения (номинальным напряжением) $U_{н1} = 100\text{В}$ и классом точности $v_{д1} = 1\%$, второй типа С70 с пределом измерения $U_{н2} = 50\text{В}$ и классом точности $v_{д2} = 1,5\%$.

Определите:

- а) наибольшую абсолютную погрешность первого вольтметра $\Delta U_{\text{наиб1}}$;
- б) наибольшую абсолютную погрешность второго вольтметра $\Delta U_{\text{наиб2}}$;
- в) наибольшую возможную относительную погрешность $v_{\text{нв1}}$ при измерении первым вольтметром $U = 42\text{В}$;
- г) наибольшую возможную относительную погрешность $v_{\text{нв2}}$ при измерении вторым вольтметром $U = 42\text{В}$.

Укажите прибор, который выполнит измерение с большей точностью. Поясните, на основании чего сделан вывод.

Задача 8

Измерение мощности нагрузки в цепи постоянного тока выполнено косвенным методом при помощи амперметра и вольтметра. При этом были использованы: амперметр типа М342, имеющий предел измерения (номинальный ток) $I_{н} = 10\text{А}$ и класс точности $v_{д} = 1,5\%$, вольтметр типа М717 с пределом измерения (номинальным напряжением) $U_{н} = 200\text{В}$ и классом точности $v_{д} = 1,0\%$. Показание приборов: амперметра $I = 6\text{А}$, вольтметра $U = 140\text{В}$.

Определите:

- а) мощность потребителя P ;
- б) наибольшую возможную относительную погрешность при измерении тока $I = 6\text{А}$ - $v_{\text{нвI}}$;
- в) наибольшую возможную относительную погрешность при измерении напряжения $U = 140\text{В}$ - $v_{\text{нвU}}$;
- г) наибольшую возможную относительную погрешность при измерении мощности $v_{\text{нвP}}$;
- д) наибольшую абсолютную погрешность измерения мощности $\Delta P_{\text{наиб}}$.

Задача 9

Ваттметр типа Д5004, рассчитанный по напряжению на $U_{н} = 450\text{В}$ и на ток $I_{н} = 10\text{А}$, имеет шкалу с числом делений $\alpha_{н} = 150$. Класс точности его $v_{д} = \pm 0,5\%$.

Определите:

- а) постоянную (цену деления) ваттметра;
- б) величину мощности P , измеренную ваттметром, если его стрелка отклонилась на 120 делений;
- в) наибольшую абсолютную погрешность прибора $\Delta I_{\text{наиб}}$;
- г) пределы действительного значения измеренной величины $P_{1д}$ и $P_{2д}$ при измерении мощности, определённой во втором пункте задачи;

д) наибольшую возможную относительную погрешность $v_{\text{нв}}$ при измерении мощности P .

Задача 10

Миллиамперметр типа Э513 имеет предел измерения (номинальный ток) $I_{\text{н}} = 250$ мА, класс точности $v_{\text{д}} = 0,5$ %, число делений шкалы $\alpha_{\text{н}} = 100$ делений.

Определите:

- а) постоянную прибора (цену деления шкалы) C_{I} ;
 - б) чувствительность прибора S_{I} ;
 - в) наибольшую абсолютную погрешность прибора $\Delta I_{\text{наиб}}$;
 - г) величину тока I , протекающего в цепи, если стрелка миллиамперметра отклонилась на $\alpha = 65$ делений;
 - д) наибольшую возможную относительную погрешность $v_{\text{нв}}$ при измерении тока I .
- Расшифруйте обозначение типа прибора.

Задача 11

1. Измерительный механизм магнитоэлектрической системы, рассчитанный на номинальный ток $I_{\text{н}} = 20$ мА, имеет сопротивление $R_{\text{н}} = 5$ Ом и шкалу на 50 делений. Прибор, используемый в качестве амперметра, включается шунтом, имеющим сопротивление $R = 0,01235$ Ом.

Начертите схему включения амперметра с шунтом в цепь нагрузки.

Определите:

- а) номинальное напряжение шунта $U_{\text{ш}}$;
- б) ток шунта $I_{\text{ш}}$;
- в) предельное значение тока, которое может измерить измерительный прибор с шунтом $I_{\text{п}}$;
- г) постоянную (цену деления) амперметра, включенного совместно с шунтом C_{I} ;
- д) величину тока I , измеряемого амперметром, если стрелка прибора отклонилась на $\alpha = 40$ делений.

Поясните, для чего применяют шунты. Приведите установленные ГОСТом номинальные напряжения и классы точности шунтов.

2. Измерительный механизм вольтметра магнитоэлектрической системы имеет сопротивление рамки $R_{\text{н}} = 6000$ Ом и рассчитан на номинальное напряжение $U_{\text{н}} = 30$ В. Встроенный внутрь вольтметра добавочный резистор имеет сопротивление $R_{\text{д}} = 115$ кОм. Начертите схему включения вольтметра с добавочным резистором для измерения напряжения в цепи нагрузки.

Определите:

- а) ток вольтметра $I_{\text{в}}$;
- б) предельное значение напряжения, которое можно измерить вольтметром с добавочным резистором $U_{\text{п}}$.

Задача 12

1. Многопредельный амперметр магнитоэлектрической системы рассчитан на три номинальных значения тока: $I_{н1} = 0,5 \text{ А}$, $I_{н2} = 1 \text{ А}$, $I_{н3} = 2,5 \text{ А}$. Номинальный ток измерительного механизма $I_n = 20 \text{ мА}$ и номинальное напряжение $U_n = 100 \text{ мВ}$.

Начертите схему включения измерительного механизма с многопредельным шунтом для измерения тока нагрузки и обозначьте выводы шунта для каждого из пределов измерения амперметра.

Определите:

- а) сопротивление рамки измерительного механизма R_n ;
- б) необходимые сопротивления участков многопредельного шунта $R_{ш1}$, $R_{ш2}$, $R_{ш3}$ для каждого из пределов измерения амперметра;
- 3) каждое из трёх сопротивлений $R'_{ш1}$, $R'_{ш2}$, $R'_{ш3}$, из которых состоит измерительный шунт.

2. Измерительный механизм вольтметра магнитоэлектрической системы имеет сопротивление рамки $R_n = 2500 \text{ Ом}$ и включается с добавочным резистором, сопротивление которого $R_d = 20 \text{ кОм}$. При этом предельное значение измеряемого вольтметром напряжения $U_n = 600 \text{ В}$.

Начертите схему включения вольтметра с добавочным резистором для измерения напряжения в цепи нагрузки.

Определите:

- а) напряжение U_n , которое может измерить измерительный механизм без добавочного резистора;
- б) падение напряжения на добавочном резисторе U_d ;
- в) потери мощности в добавочном резисторе P_d .

Задача 13

1. Измерительный механизм магнитоэлектрической системы имеет сопротивление рамки $R_n = 2,5 \text{ Ом}$, постоянная прибора (цена деления) $C_I = 0,5 \text{ мА/дел}$, число делений шкалы $\alpha = 100$.

Используя данный измерительный механизм, необходимо создать амперметр с пределом измерения (номинальным током) $I_n = 20 \text{ А}$.

Начертите схему включения измерительного механизма с шунтом в цепь нагрузки.

Определите:

- а) номинальный ток измерительного механизма I_n ;
- б) ток шунта $I_{ш}$;
- в) сопротивление шунта $R_{ш}$;
- г) потери мощности в шунте $P_{ш}$ и в измерительном механизме P_n ;
- д) постоянную (цену деления) миллиамперметра, включенного совместно с шунтом C_I ;
- е) величину тока I , измеряемого миллиамперметром, если стрелка прибора отклонилась на $\alpha = 60$ делений.

Опишите конструктивное выполнение шунтов, количество и назначение зажимов у шунтов.

2. Измерительный механизм вольтметра магнитоэлектрической системы рассчитан на номинальный ток $I_n = 5$ мА при напряжении $U_n = 75$ мВ. Предел измерения вольтметра $U_n = 150$ В.

Начертите схему включения вольтметра с добавочным резистором для измерения напряжения в цепи нагрузки.

Определите:

- а) сопротивление добавочного резистора R_d ;
- б) падение напряжения на добавочном резисторе U_d ;
- в) потерю мощности в вольтметре P_u .

Задача 14

1. Измерительный механизм магнитоэлектрической системы имеет сопротивление рамки $R_n = 300$ Ом и рассчитан на номинальный ток $I_n = 5$ мА. Число делений шкалы $\alpha = 30$.

Используя данный измерительный механизм, необходимо создать амперметр с пределами измерения (номинальным напряжением) $U = 150$ В.

Начертите схему включения вольтметра с добавочным резистором для измерения напряжения в цепи нагрузки.

Определите:

- а) напряжение U_n , которое может измерить измерительный механизм без добавочного резистора;
- б) величину сопротивления добавочного резистора R_d ;
- в) падение напряжения на добавочном резисторе U_d ;
- г) потерю мощности на добавочном резисторе P_d ;
- г) постоянную (цену деления) вольтметра, включённого совместно с добавочным резистором C_u ;
- д) величину напряжения U , измеряемого вольтметром с добавочным резистором, если стрелка прибора отклонилась на $\alpha = 20$ делений.

Поясните, для чего применяют добавочные резисторы, какие величины указываются на добавочных резисторах.

2. Рамка измерительного механизма магнитоэлектрической системы рассчитана на номинальное напряжение $U_n = 75$ мВ и номинальный ток $I_n = 15$ мА.

Используя данный измерительный механизм, необходимо создать амперметр с пределом измерения $I_n = 300$ А.

Начертите схему включения амперметра совместно с шунтом в цепь нагрузки.

Определите:

- а) сопротивление цепи рамки измерительного механизма R_n ;
- б) сопротивление измерительного шунта $R_{ш}$.

Задача 15

1. Многопредельный вольтметр магнитоэлектрической системы рассчитан на три номинальных значения напряжения: $U_{n1} = 15$ В, $U_{n2} = 30$ В, $U_{n3} = 150$ В. Сопротивление рамки измерительного механизма $R_n = 30$ Ом, номинальный ток измерительного механизма $I_n = 5$ мА.

Начертите схему включения измерительного механизма с многопредельным резистором для измерения напряжения в цепи нагрузки и обозначьте выводы добавочного резистора для каждого из пределов измерения вольтметра.

Определите:

а) необходимые сопротивления добавочных резисторов $R_{д1}$, $R_{д2}$, $R_{д3}$ для пределов измерения $U_{н1}$, $U_{н2}$, $U_{н3}$;

б) сопротивления R_1 , R_2 , R_3 , из которых состоит добавочный резистор;

в) мощности, потребляемые прибором на каждом пределе измерения.

2. Измерительный механизм магнитоэлектрической системы, рассчитанный на номинальный ток $I_n = 2,5$ мА, имеет сопротивление рамки $R_n = 0,8$ Ом и включается для измерения тока с измерительным шунтом, сопротивление которого $R_{ш} = 0,025$ Ом.

Начертите схему включения амперметра совместно с шунтом в цепь нагрузки.

Определить предельную величины тока, которую можно измерить указанным прибором, включённым совместно с шунтом $I_{п}$.

Задача 16

1. Измерительный механизм магнитоэлектрической системы, рассчитанный на номинальный ток $I_n = 50$ мА, имеет сопротивление рамки $R_n = 2$ Ом и шкалу на $\alpha = 100$ делений. Прибор включается с шунтом, имеющим сопротивление $R_{ш} = 0,0202$ Ом.

Начертите схему включения амперметра с шунтом в цепь нагрузки.

Определите:

а) номинальное напряжение шунта $U_{ш}$;

б) ток шунта $I_{ш}$;

в) предельное значение тока, которое может измерить измерительный прибор с шунтом $I_{п}$;

д) постоянную (цену деления) амперметра, включённого совместно с шунтом C_I ;

е) величину тока I , измеряемого амперметром, если стрелка прибора отклонилась на $\alpha = 70$ делений.

Поясните, для чего применяются шунты. Приведите установленные ГОСТом номинальные напряжения и классы точности шунтов.

2. Измерительный механизм вольтметра магнитоэлектрической системы имеет сопротивление рамки $R_n = 4000$ Ом и рассчитан на номинальное напряжение $U_n = 20$ В. Встроенный внутри вольтметра добавочный резистор имеет сопротивление $R_{д} = 496$ кОм.

Начертите схему включения вольтметра с добавочным резистором для измерения напряжения в цепи нагрузки.

Определите:

а) ток вольтметра $I_{в}$;

б) предельное значение напряжения, которое можно измерить вольтметром с добавочным резистором $U_{п}$.

Задача 17

1. Многопредельный амперметр магнитоэлектрической системы рассчитан на три номинальных значения тока: $I_{н1} = 1 \text{ А}$, $I_{н2} = 2,5 \text{ А}$, $I_{н3} = 5 \text{ А}$. Номинальный ток измерительного механизма $I_n = 25 \text{ мА}$ и номинальное напряжение $U_n = 150 \text{ мВ}$.

Начертите схему включения измерительного механизма с многопредельным шунтом для измерения тока нагрузки и обозначьте выводы шунта для каждого из пределов измерения амперметра.

Определите:

- а) сопротивление рамки измерительного механизма R_n ;
- б) необходимые сопротивления участков многопредельного шунта $R_{ш1}$, $R_{ш2}$, $R_{ш3}$ для каждого из пределов измерения амперметра;
- в) каждое из трёх сопротивлений $R'_{ш1}$, $R'_{ш2}$, $R'_{ш3}$, из которых состоит измерительный шунт.

2. Измерительный механизм вольтметра магнитоэлектрической системы имеет сопротивление рамки $R_n = 2000 \text{ Ом}$ и включается с добавочным резистором, сопротивление которого $R_d = 30 \text{ кОм}$. При этом предельное значение измеряемого вольтметром напряжения $U_n = 1400 \text{ В}$.

Начертите схему включения вольтметра с добавочным резистором для измерения напряжения в цепи нагрузки.

Определите:

- а) напряжение U_n , которое может измерить измерительный механизм без добавочного резистора;
- б) падение напряжения на добавочном резисторе U_d ;
- в) потери мощности в добавочном резисторе P_d .

Задача 18

1. Измерительный механизм магнитоэлектрической системы имеет сопротивление рамки $R_n = 1,5 \text{ Ом}$, постоянная прибора (цена деления) $C_I = 0,2 \text{ мА/дел}$, число делений шкалы $\alpha = 150$.

Используя данный измерительный механизм, необходимо создать амперметр с пределами измерения (номинальным током) I_n ;

Начертите схему включения измерительного механизма с шунтом в цепь нагрузки.

Определите:

- а) номинальный ток измерительного механизма I_n ;
- б) ток шунта $I_{ш}$;
- в) сопротивление шунта $R_{ш}$;
- г) потери мощности в шунте $P_{ш}$ и в измерительном механизме P_n ;
- д) постоянную (цену деления) миллиамперметра, включенного совместно с шунтом C_I ;
- е) величину тока I , измеряемого миллиамперметром, если стрелка прибора отклонилась на $\alpha = 120$ делений.

Опишите конструктивное выполнение шунтов, количество и назначение зажимов у шунтов.

2. Измерительный механизм вольтметра магнитоэлектрической системы рассчитан на номинальный ток $I_n = 8$ мА при напряжении $U_n = 40$ мВ. Предел измерения вольтметра $U_n = 100$ В.

Начертите схему включения вольтметра с добавочным резистором для измерения напряжения в цепи нагрузки.

Определите:

- 1) сопротивление добавочного резистора R_d ;
- 2) падение напряжения на добавочном резисторе U_d ;
- 3) потери мощности в вольтметре P_u .

Задача 19

1. Измерительный механизм магнитоэлектрической системы имеет сопротивление $R_{и} = 250$ Ом и рассчитан на номинальный ток $I_n = 2$ мА. Число делений шкалы $\alpha = 50$.

Используя данный измерительный механизм необходимо создать вольтметр, имеющий предел измерения (номинальное напряжение) $U_n = 200$ В. Начертите схему включения вольтметра с добавочным резистором для измерения напряжения в цепи нагрузки.

Определите:

- а) напряжение U_n , которое может измерить измерительный механизм без добавочного резистора;
- б) величину сопротивления добавочного резистора R_d ;
- в) падение напряжения на добавочном резисторе U_d ;
- г) потерю мощности в добавочном резисторе P_d ;
- д) постоянную (цену деления) вольтметра, включенного совместно с добавочным резистором S ;
- е) величину напряжения U , измеряемого вольтметром с добавочным резистором, если стрелка прибора отклонилась на $\alpha = 35$ делений.

Поясните, для чего применяют добавочные резисторы, какие величины указывают на добавочных резисторах?

2. Рамка измерительного механизма магнитоэлектрической системы рассчитана на номинальное напряжение $U_n = 40$ мВ и номинальный ток $I_n = 5$ мА.

Используя данный измерительный механизм необходимо создать амперметр с пределом измерения $I_n = 150$ А.

Начертите схему включения амперметра совместно с шунтом в цепь нагрузки.

Определите:

- а) сопротивление цепи рамки измерительного механизма $R_{и}$;
- б) сопротивление измерительного шунта $R_{ш}$.

Задача 20

1. Многопредельный вольтметр магнитоэлектрической системы рассчитан на три номинальных значения напряжения: $U_{н1} = 50$ В, $U_{н2} = 150$ В, $U_{н3} = 300$ В. Сопротивление рамки измерительного механизма равно $R_{и} = 20$ Ом, номинальный ток измерительного механизма $I_n = 15$ мА.

Начертите схему включения измерительного механизма с многопредельным добавочным резистором для измерения напряжения в цепи нагрузки и обозначьте выводы добавочного резистора для каждого из пределов измерения вольтметра.

Определите:

а) необходимые сопротивления добавочных резисторов $R_{д1}$, $R_{д2}$, $R_{д3}$ для пределов измерения $U_{н1}$, $U_{н2}$, $U_{н3}$;

б) сопротивления R_1 , R_2 , R_3 , из которых состоит добавочный резистор;

в) мощности, потребляемые прибором на каждом пределе измерения.

2. Измерительный механизм магнитоэлектрической системы, рассчитанный на номинальный ток $I_n = 4$ мА, имеет сопротивление рамки $R_{и} = 0,5$ Ом и включается для измерения тока с измерительным шунтом, сопротивление которого $R_{ш} = 0,001002$ Ом.

Начертите схему включения амперметра совместно с шунтом в цепь нагрузки.

Определите предельную величину тока, которую можно измерить указанным прибором, включенным совместно с шунтом $I_{п}$.

Задача 21

Для измерения активного сопротивления косвенным методом использовались два прибора: вольтметр на $U_n = 75$ В и $I_n = 5$ мА и амперметр на $I_n = 7,5$ А и $U_n = 150$ мВ.

Показания приборов составили: $U = 70$ В, $I = 2,5$ А.

Определить:

а) приближенную величину сопротивления R'_x по показаниям приборов;

б) соотношения R'_x/R_A и R_B/R'_x , по наибольшему из них принять и вычертить схему включения приборов;

в) точное значение сопротивления R_x с учетом схемы включения приборов;

г) абсолютную R_x и относительную νR_x погрешности измерения при приближенном расчете величины сопротивления.

Укажите приборы, которые применяются для измерения сопротивлений.

Задача 22

Измерение сопротивления изоляции двухпроводной линии, находящейся под напряжением, производилось с помощью вольтметра, рассчитанного на номинальное напряжение $U_n = 250$ В и номинальный ток $I_n = 10$ мА. Измеренное напряжение между проводами А и В составило $U = 215$ В, а напряжения между каждым проводом и землей соответственно равны $U_A = 50$ В и $U_B = 75$ В.

1. Начертите схему измерения.

2. Определите:

а) сопротивление вольтметра R_u ;

б) сопротивление изоляции R_A между проводом А и землей;

в) сопротивление изоляции R_B между проводом В и землей.

3. Укажите, какие приборы служат для непосредственного измерения сопротивления изоляции электроустановок.

Задача 23

Измерение индуктивности катушки было проведено дважды при питании схемы измерения переменным током частотой $f = 50$ Гц.

Сначала без учета активного сопротивления катушки индуктивность была определена по показаниям амперметра и вольтметра. При это показания приборов были: $I_1 = 24$ А, $U_1 = 120$ В.

Затем измерение было проведено более точно с учётом активного сопротивления катушки. Для этого в схему был включен ваттметр. Показания приборов при этом были: $I_2 = 24$ А, $U_2 = 120$ В, $P = 1728$ Вт.

1. Начертите обе схемы измерения, укажите системы применяемых приборов.
2. Определите значения измеренных индуктивностей L_1 и L_2 для каждой из схем.
3. Вычислите относительную погрешность измерения ν , получившуюся при отсутствии учета активного сопротивления катушки.
4. Укажите, какими еще приборами может быть измерена индуктивность.

Задача 24

Измерение взаимной индуктивности двух катушек выполнено методом последовательного соединения катушек с использованием амперметра и вольтметра. Активное сопротивление $R = R_1 + R_2$ двух катушек равно 6 Ом.

При согласованном включении катушек показания приборов были $I_c = 5$ А, $U_c = 120$ В.

При встречном включении катушек показания приборов были $I_b = 6$ А, $U_b = 120$ В.

1. Начертите обе схемы измерения, укажите системы применяемых приборов.
2. Определите:
 - а) общую индуктивность двух согласованно включенных катушек L_c ;
 - б) общую индуктивность двух встречно включенных катушек L_b ;
 - в) взаимную индуктивность катушек M .
3. Укажите, какими еще методами можно измерить взаимную индуктивность.

Задача 25

Измерение емкости электроустановки проведено дважды при питании схемы измерения переменным током частотой $f = 100$ Гц.

Сначала без учета активного сопротивления емкость была определена по показаниям амперметра и вольтметра. При этом показания приборов были: $I_1 = 0,9$ А, $U_1 = 7,2$ В.

Затем измерение было проведено точнее, с учетом активного сопротивления. Для этого в схему был включен ваттметр. Показания приборов при этом были: $I_2 = 0,9$ А, $U_2 = 7,2$ В, $P = 1,6$ Вт.

1. Начертите обе схемы измерения, укажите системы применяемых приборов.
2. Определите значения измеренных емкостей C_1 и C_2 для каждой из схем.

3. Вычислите относительную погрешность измерения ν , получившуюся при отсутствии учета активного сопротивления конденсатора.

4. Укажите, какими еще приборами может быть измерена емкость.

Задача 26

Для измерения активного сопротивления косвенным методом использовались два прибора: вольтметр на $U_H = 100$ В и $I_H = 4$ мА и амперметр на $I_H = 5$ А и $U_H = 200$ мВ.

Показания приборов составили: $U = 80$ В; $I = 3$ А.

Определите:

- а) приближенную величину сопротивления R'_x по показаниям приборов;
- б) соотношения R'_x/R_A и R_U/R'_x , по наибольшему из них принять и вычертить схему включения приборов;
- в) точное значение сопротивления R_x с учетом схемы включения приборов;
- г) абсолютную ΔR_x и относительную νR_x погрешности измерения при приближенном расчете величины сопротивления.

Укажите приборы, которые применяются для измерения сопротивлений.

Задача 27

Измерение сопротивления изоляции двухпроводной линии, находящейся под напряжением, производилось с помощью вольтметра, рассчитанного на напряжение $U = 300$ В и номинальный ток $I_H = 15$ мА. Измеренное напряжение между проводами А и В составило $U = 270$ В, а напряжение между каждым проводом и землей равны $U_A = 60$ В и $U_B = 85$ В.

1. Начертите схему измерения.

2. Определите:

- а) сопротивление вольтметра R_U ;
- в) сопротивление изоляции R_A между проводом А и землей;
- д) сопротивление изоляции R_B между проводом В и землей;

3. Укажите, какие приборы служат для непосредственного измерения сопротивления изоляции электроустановок.

Задача 28

Измерение индуктивности катушки было проведено дважды при питании схемы измерения переменным током частотой $f = 50$ Гц.

Сначала без учета активного сопротивления катушки индуктивность была определена по показаниям амперметра и вольтметра. При этом показания приборов были: $I_1 = 25$ А, $U_1 = 150$ В.

Затем измерение было проведено более точно с учетом активного сопротивления катушки. Для этого в схему был включен ваттметр. Показания приборов при этом были: $I_2 = 25$ А, $U_2 = 150$ В, $P = 1125$ Вт.

1. Начертите обе схемы измерения, укажите системы применяемых приборов.

2. Определите значения измеренных индуктивностей L_1 и L_2 для каждой из схем.

3. Вычислите относительную погрешность измерения ν , получившуюся при отсутствии учета активного сопротивления катушки.

4. Укажите, какими еще приборами может быть измерена индуктивность.

Задача 29

Измерение взаимной индуктивности двух катушек выполнено методом последовательного соединения катушек с использованием амперметра и вольтметра. Активное сопротивление $R = R_1 + R_2$ двух катушек равно 4 Ом.

При согласованном включении катушек показания приборов были $I_c = 7$ А, $U_c = 140$ В.

При встречном включении катушек показания приборов были $I_b = 8$ А, $U_b = 140$ В.

1. Начертите обе схемы измерения, укажите системы применяемых приборов.
2. Определите:
 - а) общую индуктивность двух согласованно включенных катушек L_c ;
 - б) общую индуктивность двух встречно включенных катушек L_b ;
 - в) взаимную индуктивность катушек M .
3. Укажите, какими еще методами можно измерить взаимную индуктивность.

Задача 30

Измерение емкости электроустановки проведено дважды при питании схемы измерения переменным током частотой $f = 50$ Гц.

Сначала без учета активного сопротивления емкость была определена по показаниям амперметра и вольтметра. При этом показания приборов были: $I_1 = 1,2$ А, $U_1 = 10$ В.

Затем измерение было проведено точнее, с учетом активного сопротивления. Для этого в схему был включен ваттметр. Показания приборов при этом были: $I_2 = 1,2$ А, $U_2 = 10$ В, $P = 2,4$ Вт.

1. Начертите обе схемы измерения, укажите системы измеряемых приборов.
2. Определите значения измеренных емкостей C_1 и C_2 для каждой из схем.
3. Вычислите относительную погрешность измерения ν , получившуюся при отсутствии учета активного сопротивления конденсатора.
4. Укажите, какими еще приборами может быть измерена емкость.

Задача 31

Потребитель, подключенный к однофазной сети, рассчитан на максимальные значения напряжения $U_{\max} = 10$ кВ и тока $I_{\max} = 350$ А, коэффициент мощности потребителя $\cos \varphi = 0,8$.

Необходимо измерить напряжение U_1 , ток I_1 и активную мощность потребителя P_1 .

1. Начертите схему измерения.

2. Используя таблицы, приведенные в методических указаниях к задачам, выберите все необходимые электроизмерительные приборы и измерительные трансформаторы.

3. Определите:

а) ток установки I_1 , если показание амперметра $I_A = 5$ А;

б) напряжение установки U_1 , если показание вольтметра $U_V = 90$ В;

в) активную мощность потребителя P_1 по известным значениям I_1 , U_1 , $\cos \varphi$.

г) показания ваттметра P_w ;

д) постоянную ваттметра C и число делений шкалы α_p , на которое отклонится стрелка ваттметра.

Задача 32

Потребитель с равномерной нагрузкой фаз, соединенной треугольником, подключен к трехфазной цепи переменного тока с линейным напряжением $U_n = 10$ кВ. Номинальный линейный ток потребителя $I_n = 450$ А. Необходимо измерить линейные токи в каждом проводе линии, а также активную и реактивную мощности потребителя, его коэффициент мощности. Для измерения мощности потребителя используются два одинаковых ваттметра. Стрелка одного из них отклонилась на $\alpha_1 = 80$ делений, а второго на $\alpha_2 = 52$ деления, отклонение стрелки у амперметров $\alpha = 20$ делений.

1. Начертить схему измерения.

2. Используя таблицы, приведенные в методических указаниях к задачам, выберите амперметры, ваттметры и измерительные трансформаторы.

3. Определите:

а) постоянную (цену деления) ваттметров C_B и амперметров C_I ;

б) показания каждого из ваттметров P'_1 , и P'_2 и амперметров I_A ;

в) активную мощность потребителя по показаниям ваттметров P ;

г) реактивную мощность потребителя по показаниям ваттметров Q ;

д) коэффициент мощности потребителя $\cos \varphi$;

е) линейный ток потребителя.

Задача 33

Потребитель, подключенный к однофазной сети рассчитан на номинальное значение напряжения $U_n = 220$ В и номинальное значение тока $I_n = 60$ А. Необходимо измерить напряжение U_1 , ток I_1 и активную мощность P_1 установки.

1. Начертите схему измерения.

Используя таблицы, приведенные в методических указаниях к задачам, выберите необходимые вольтметр, амперметр, ваттметр и измерительный трансформатор тока.

2. Определите:

а) ток установки I_1 , если показание амперметра $I = 3$ А;

б) активную мощность потребителя P_1 , если показание ваттметра $P_w = 800$ Вт;

в) коэффициент мощности установки.

Задача 34

Потребитель с равномерной нагрузкой фаз, соединенной треугольником, подключен к трехфазной цепи переменного тока с линейным напряжением $U_{\text{л}} = 65$ кВ. Номинальный линейный ток потребителя $I_{\text{л}} = 65$ А. Необходимо измерить активную и реактивную мощности потребителя, его коэффициент мощности. Для измерения мощности потребителя используются два одинаковых ваттметра. Стрелка одного из них отклонилась на $\alpha_1 = 70$ делений, а второго на $\alpha_2 = 50$ делений.

1. Начертите схему измерения.
2. Используя таблицы, приведенные в методических указаниях к заданиям, выберите ваттметры и измерительные трансформаторы.
3. Определите:
 - а) постоянную (цену деления) ваттметров C_p ;
 - б) показания каждого из ваттметров P'_1 , и P'_2 и амперметров I_A ;
 - в) активную мощность потребителя по показаниям ваттметров P ;
 - г) реактивную мощность потребителя по показаниям ваттметров Q ;
 - д) коэффициент мощности потребителя $\cos \varphi$;
 - е) линейный ток потребителя.

Задача 35

Потребитель, подключенный к однофазной цепи, рассчитан на максимальные значения напряжения $U_{\text{макс}} = 10$ кВ и тока $I_{\text{макс}} = 270$ А, коэффициент мощности потребителя $\cos \varphi = 0,9$.

Необходимо измерить напряжение U_1 , ток I_1 и активную мощность потребителя P_1 .

1. Начертить схему измерения.
2. Используя таблицы приведенные в методических указаниях к задачам, выберите все необходимые электроизмерительные приборы и измерительные трансформаторы.
3. Определите:
 - а) ток установки I_1 , если показание амперметра $I_A = 4,3$ А;
 - б) напряжение установки U_1 , если показание вольтметра $U_V = 85$ В;
 - в) активную мощность потребителя по известным значениям I_1 , U_1 , $\cos \varphi$;
 - г) показания ваттметра P_W ;
 - д) постоянную ваттметра C_W и число делений шкалы α_W , на которое отклонится стрелка ваттметра.

Задача 36

Потребитель, подключенный к однофазной сети, рассчитан на максимальные значения напряжения $U_{\text{макс}} = 10$ кВ и тока $I_{\text{макс}} = 400$ А, коэффициент мощности потребителя $\cos \varphi = 0,85$.

Необходимо измерить напряжение U_1 , ток I_1 , и активную мощность потребителя P_1 .

1. Начертите схему измерения
2. Используя таблицы, приведенные в методических указаниях к задачам, выберите все необходимые электроизмерительные приборы и измерительные трансформаторы.
3. Определите:
 - а) ток установки I_1 , если показание амперметра $I_A = 4\text{ А}$;
 - б) напряжение установки U_1 , если показание вольтметра $U_V = 95\text{ В}$;
 - в) активную мощность потребителя по известным значениям I_1 , U_1 , $\cos \varphi$;
 - г) показания ваттметра P_W ;
 - д) постоянную ваттметра C_W и число делений шкалы α_W , на которое отклонится стрелка ваттметра.

Задача 37

Потребитель с равномерной нагрузкой фаз соединенной треугольником, подключен к трехфазной цепи переменного тока с линейным напряжением $U_{\text{л}} = 10\text{ кВ}$. Номинальный линейный ток потребителя $I_{\text{л}} = 350\text{ А}$. Необходимо измерить линейные токи в каждом проводе линии, а также активную и реактивную мощности потребителя, его коэффициент мощности. Для измерения мощности потребителя используется два одинаковых ваттметра. Стрелка одного из них отклонилась на $\alpha_1 = 80$ делений, а второго на $\alpha_2 = 48$ делений, отклонение стрелки у амперметров $\alpha = 21$ деление.

1. Начертите схему измерения.
2. Используя таблицы, приведенные в методических указаниях к задачам, выберите амперметры, ваттметры и измерительные трансформаторы.
3. Определите:
 - а) постоянную (цену деления) ваттметров C_W и амперметров C_I ;
 - б) показания каждого из ваттметров P'_1 , и P'_2 и амперметров I_A ;
 - в) активную мощность потребителя по показаниям ваттметров P ;
 - г) реактивную мощность потребителя по показаниям ваттметров Q ;
 - д) коэффициент мощности потребителя $\cos \varphi$;
 - е) линейный ток потребителя.

Задача 38

Потребитель, подключенный к однофазной сети, рассчитан на номинальное значение напряжения $U_{\text{н}} = 380\text{ В}$ и номинальное значение тока $I_{\text{н}} = 80\text{ А}$. Необходимо измерить напряжение U_1 , ток I_1 активную мощность P_1 установки.

1. Начертите схему измерения.
2. Используя таблицы, приведенные в методических указаниях к задачам, выберите необходимые вольтметр, амперметр, ваттметр и измерительный трансформатор.
3. Определите:
 - а) ток установки I_1 , если показание амперметра $I_A = 3,5\text{ А}$;
 - б) активную мощность потребителя P_1 , если показание ваттметра $P_W = 920\text{ Вт}$;
 - в) коэффициент мощности установки $\cos \varphi$.

Задача 39

Потребитель с равномерной нагрузкой фаз, соединенной треугольником, подключён к трехфазной цепи переменного тока с линейным напряжением $U_{\text{л}} = 6,6$ кВ. Номинальный линейный ток потребителя $I_{\text{л}} = 70$ А. Необходимо измерить активную и реактивную мощности потребителя его коэффициент мощности. Для измерения мощности потребителя используются два одинаковых ваттметра. Стрелка одного из них отклонилась на $\alpha_1 = 80$ делений, а второго на $\alpha_2 = 56$ делений шкалы.

1. Начертите схему измерения.
2. Используя таблицы, приведенные в методических указаниях к задачам, выберите ваттметры и измерительные трансформаторы,
3. Определите:
 - а) постоянную (цену деления) ваттметров C_W ;
 - б) показания каждого из ваттметров P'_1 , и P'_2 ;
 - в) активную мощность потребителя по показаниям ваттметров P ;
 - г) реактивную мощность потребителя по показаниям ваттметров Q ;
 - д) коэффициент мощности потребителя $\cos \varphi$;
 - е) линейный ток потребителя.

Задача 40

Потребитель подключенный к однофазной сети, рассчитан на максимальные значения напряжения $U_{\text{макс}} = 6$ кВ и тока $I_{\text{макс}} = 250$ А, коэффициент мощности потребителя $\cos \varphi = 0,85$. Необходимо измерить напряжение U_1 ток I_1 и активную мощность потребителя P_1 .

1. Начертите схему измерения.
2. Используя таблицы, приведенные в методических указаниях к задачам, выберите все необходимые электроизмерительные приборы и измерительные трансформаторы.
3. Определите:
 - а) ток установки I_1 , если показание амперметра $I_A = 4,8$ А;
 - б) напряжение установки U_1 , если показание вольтметра $U_V = 70$ В;
 - в) активную мощность потребителя по известным значениям I_1 , U_1 , $\cos \varphi$;
 - г) показания ваттметра P_W ;
 - д) постоянную ваттметра C_W и число делений шкалы α_W , на которое отклонится стрелка ваттметра.

Задача 41

Начертите шкалу прибора и укажите на ней все условные знаки, имея такие данные о приборе: вольтметр электростатической системы; предел показаний 0-150В, предел измерений 22,5 - 500В; класс точности 0,5; изоляция прибора испытана напряжением 1 кВ; положение шкалы горизонтальное, работает на переменной частоте 50 Гц; расширенная область частот 20 – 400 Гц, электростатический экран;

электрическое поле, равное 10 кВ/м , вызывает изменение показаний, соответствующее заданному классу точности.

Задача 42

Принцип действия, устройство электромагнитного измерительного прибора; начертите схему, укажите область применения, достоинство и недостатки; погрешности электромагнитных приборов.

Задача 43

Начертите схему проверки однофазного счетчика и дайте заключение о поверке счетчика. Поверка производится методом вольтметра и секундомера. Показания ваттметра 29 делений, счетчик за 60 секунд сделал 6 оборотов при $\cos=1$. Ваттметр рассчитан на 5 А , 300 В , имеет 150 делений.

Задача 44

Начертите шкалу прибора и укажите на ней все условные знаки, имея такие данные о приборе: вольтметр электростатической системы; предел показаний $0 - 150 \text{ В}$, предел измерений $22,5 - 500 \text{ В}$; класс точности $0,5$; изоляция прибора испытана напряжением 1 кВ ; положение шкалы горизонтальное, работает на переменной частоте 50 Гц ; расширенная область частот $20 - 400 \text{ Гц}$, электростатический экран; электрическое поле, равное 10 кВ/м , вызывает изменение показаний, соответствующее заданному классу точности.

Задача 45

Начертите схему и опишите особенности, принцип действия приборов ферродинамической системы. Конструкция. Укажите область применения, достоинство и недостатки.

Задача 46

Начертите схему прибора измерения сопротивления балласта ИСБ-1. Объясните назначение элементов схемы и опишите принцип работы этого прибора.

Задача 47

Начертите схему прибора выпрямительной системы. Конструкция. Назначение. Принцип действия.

Задача 48

Начертите схемы передающего и приемного устройства телеизмерений на железнодорожном транспорте и кратко поясните их назначение и работу.

Задача 49

Начертите схемы мостовых цепей. Укажите назначение. Принцип действия.

Задача 50

Опишите особенности работы прибора магнитоэлектрической системы. Начертите схему прибора. Укажите назначение. Принцип действия. Достоинство и недостатки.

Методические указания к выполнению контрольной работы

Задачи 1-10

Задачи 1-10 посвящены определению погрешностей или измерения электрических величин. Прежде чем решать эти задачи, необходимо изучить соответствующий материал по имеющемуся у Вас учебнику.

Важнейшей характеристикой измерительного прибора является класс точности, который указывается на приборе. Класс точности характеризуется наибольшей допустимой приведенной погрешностью, величина которой равна номеру класса и определяется по следующей формуле:

$$v_d = \Delta A_{\text{наиб}} / A_n \cdot 100\%,$$

где A_n - номинальное значение измеряемой величины (верхний её предел);

$\Delta A_{\text{наиб}}$ - наибольшая абсолютная погрешность, т.е. наибольшая разность между показанием прибора $A_{\text{и}}$ и действительным значением измеряемой величины $A_{\text{д}}$.

По классу точности прибора и его верхнему пределу измерения можно подсчитать наибольшую абсолютную погрешность, которую может иметь прибор в любой точке шкалы:

$$\Delta A_{\text{наиб}} = v_d \cdot A_n / 100\%$$

Пределы, в которых находится действительное значение измеряемой величины, следует вычислять по формуле:

$$A_{\text{д}} = A_{\text{и}} \pm \Delta A_{\text{наиб}}$$

Точность измерения характеризуется также наибольшей возможной относительной погрешностью:

$$v_{\text{нв}} = \pm \Delta A_{\text{наиб}} / A_{\text{и}} \cdot 100\% \text{ или } v_{\text{нв}} = \pm v_d \cdot A_n / A_{\text{и}}$$

Пример 1

Сопротивление нагрузки R было измерено косвенным методом при помощи амперметра и вольтметра. Для измерения были использованы приборы: амперметр с $I_n = 10$ А класса точности $v_d = \pm 1\%$ и вольтметр с $U_n = 150$ В класса точности $v_d = \pm 1,5\%$. Приборы показали: амперметр $I = 8$ А, вольтметр $U = 120$ В.

Определить:

- а) наибольшую абсолютную погрешность приборов $\Delta I_{\text{наиб}}$ и $\Delta U_{\text{наиб}}$;
- б) наибольшую возможную относительную погрешность при измерении тока и напряжения $v_{\text{нв}} I$ и $v_{\text{нв}} U$;
- в) наибольшую возможную относительную погрешность измерения сопротивления $v_{\text{нв}} R$.

Решение:

1. Наибольшая абсолютная погрешность амперметра $\Delta I_{\text{наиб}}$ и вольтметра $\Delta U_{\text{наиб}}$:

$$\begin{aligned}\Delta I_{\text{наиб}} &= \pm (v_d \cdot I_n / 100\%) = \pm (1 \cdot 10 / 100) = \pm 0,1 \text{ А}; \\ \Delta U_{\text{наиб}} &= \pm (v_d \cdot U_n / 100\%) = \pm (1,5 \cdot 150 / 100) = \pm 2,25 \text{ В}.\end{aligned}$$

2. Наибольшая возможная относительная погрешность при измерении тока $I = 8 \text{ А}$:

$$\begin{aligned}v_{\text{нв } I} &= \pm (\Delta I_{\text{наиб}} / I_i \cdot 100\%) = \pm (0,1 / 8 \cdot 100) = \pm 1,25\%; \\ v_{\text{нв } I} &= \pm (v_d \cdot I_n / I_i) = \pm (1 \cdot 10 / 8) = \pm 1,25\%.\end{aligned}$$

3. Наибольшая возможная относительная погрешность при измерении напряжения $U = 120 \text{ В}$:

$$\begin{aligned}v_{\text{нв } U} &= \pm (\Delta U_{\text{наиб}} / U_i \cdot 100\%) = \pm (2,25 / 120 \cdot 100) = \pm 1,875\%; \\ v_{\text{нв } U} &= \pm (v_d \cdot U_n / U_i) = \pm (1,5 \cdot 150 / 120) = \pm 1,875\%.\end{aligned}$$

4. Наибольшая возможная относительная погрешность измерения сопротивления косвенным методом:

$$v_{\text{нв } R} = \pm (v_{\text{нв } I} \cdot 1 + v_{\text{нв } U} \cdot 1) = \pm (1,25 \cdot 1 + 1,875 \cdot 1) = \pm 3,125\%.$$

Задачи 11-20

Для решения задач необходимо предварительно изучить назначение, конструкции, схемы включения в измерительную цепь шунтов и добавочных резисторов, а также отчетливо представлять способы их решения. Для решения задач 12, 15, 17 и 20 необходимо разобрать в учебнике [3].

Изучая материал данного раздела, следует запомнить, что шунты предназначены для расширения пределов измерения тока измерительного механизма магнитоэлектрической системы. Через ИМ магнитоэлектрического прибора можно пропустить длительно ток не более нескольких десятков миллиампер. Для измерения токов больших величин применяется шунт, который представляет собой четырехзажимный резистор, величина сопротивления которого значительно меньше сопротивления рамки ИМ. Шунт включают последовательно в измеряемую цепь с помощью токовых зажимов T_1 и T_2 . ИМ присоединяют к шунту параллельно посредством потенциальных зажимов Π_1 и Π_2 . При правильно составленной схеме шунт и измерительный механизм соединяется параллельно и к ним применимы все соотношения для параллельных цепей. Отсюда можно вывести расчетную формулу для определения сопротивления шунта:

$$R_{\text{ш}} = R_n / (n - 1),$$

где $n = I / I_n$ - шунтирующий множитель;

I - измеряемый ток цепи;

I_n - номинальный ток измерительного механизма;

R_n - сопротивление рамки измерительного механизма.

Сопротивление шунтов необходимо вычислять с точностью до пятого знака.

При известных величинах сопротивлений шунта и измерительного механизма можно определить величину тока, проходящего через измерительный механизм, в зависимости от величины измеряемого тока:

$$I_n = I \cdot R_{ш} / (R_{ш} + R_n)$$

Для расширения пределов измерения приборов по напряжению в сетях постоянного тока, а также в сетях переменного тока напряжением до 600 В применяют добавочные резисторы.

При правильно составленной схеме измерения измерительный прибор включается параллельно нагрузке, на которой выполняется измерение напряжения.

Так как добавочный резистор и измерительный механизм включаются последовательно, то к ним применимы все соотношения для последовательной цепи. Можно вывести расчетную формулу для определения сопротивления добавочного резистора:

$$R_d = R_n \cdot (m - 1),$$

где $m = U / U_n$ - множитель добавочного резистора;

U - измеряемое напряжение;

U_n - номинальное напряжение измерительного механизма;

R_n - сопротивление рамки измерительного механизма.

Пример 2

а) Измерительный механизм магнитоэлектрической системы имеет внутреннее сопротивление $R_n = 10$ Ом, шкалу на 30 делений и рассчитан на номинальный ток $I_n = 25$ мА. Используя этот измерительный механизм, необходимо создать амперметр, имеющий предел измерения (номинальный ток) $I_n = 15$ А.

Определить сопротивление шунта, ток шунта падение напряжения на шунте, постоянную (цену деления) прибора с шунтом.

б) Используя этот же измерительный механизм, требуется создать вольтметр с пределом измерения (номинальным напряжением) $U_n = 300$ В.

Определить величину сопротивления добавочного резистора.

А. Решение:

1. Шунтирующий множитель:

$$n = I_n / I_n = 15 / (25 \cdot 10^{-3}) = 15 \cdot 10^3 / 25 = 600.$$

2. Сопротивление шунта:

$$R_{ш} = R_{и} / (n - 1) = 10 / (600 - 1) = 0,01669 \text{ Ом.}$$

3. Ток шунта:

$$I_{ш} = I_{н} - I_{и} = 15 - 0,025 = 14,975 \text{ А.}$$

4. Падение напряжения на шунте:

$$U_{ш} = I_{ш} \cdot R_{ш} = 14,975 \cdot 0,01669 = 0,24999 \text{ В} = 250 \text{ мВ.}$$

5. Постоянная прибора с шунтом, т.е. постоянная амперметра:

$$C_I = I_{н} / \alpha_{н} = 15 / 30 = 0,5 \text{ А/дел,}$$

где $\alpha_{н}$ - число делений шкалы прибора.

Б. Решение:

1. Напряжение на измерительном механизме:

$$U_{и} = I_{и} \cdot R_{и} = 25 \cdot 10^{-3} \cdot 10 = 0,25 \text{ В.}$$

2. Множитель добавочного резистора:

$$m = U_{н} / U_{и} = 300 / 0,25 = 1200.$$

3. Величина сопротивления добавочного резистора:

$$R_{д} = R_{и} \cdot (m - 1) = 10 \cdot (1200 - 1) = 11990 \text{ Ом.}$$

Задачи 21-30

Задачи 21- 30 посвящены вопросам измерения параметров электрических цепей (сопротивления, индуктивности, взаимной индуктивности, емкости). При измерении сопротивления методом амперметра и вольтметра (задачи 21, 26) применяется одна из двух возможных схем. Выбор верной схемы основан на сравнении двух отношений:

R'_x / R_A и R_V / R'_x , где R'_x - приближенное значение измеряемого сопротивления, вычисленное по закону Ома, по данным опытов R_A ;

R_V - сопротивления амперметра и вольтметра. Точное значение измеряемого сопротивления определяется по указанным в учебниках формулам.

Пример 3

В схеме для измерения сопротивления применяются амперметр и вольтметр, имеющие следующие внутренние сопротивления: $R_A = 0,1 \text{ Ом}$, $R_V = 900 \text{ Ом}$.

Амперметр показал: $I = 2 \text{ А}$; вольтметр: $U = 10 \text{ В}$. Выбрать схему измерения. Определить точное значение измеряемого сопротивления R_x . Вычислить абсолютную R_x и относительную ν погрешности измерения при приближенном расчете величины сопротивления.

Решение:

1. Приближенное значение измеряемого сопротивления:

$$R'_x = U / I = 10 / 2 = 5 \text{ Ом.}$$

2. Для выбора схемы измерения определяем соотношения:

$$R'_x / R_A = 5 / 0,1 = 50 \text{ и } R_V / R'_x = 900 / 5 = 180.$$

Принимаем схему измерения с включением амперметра перед вольтметром (учебник [2] рисунок 62, б), так как $R_V / R'_x > R'_x / R_A$ и $R_V / R'_x > 100$.

3. Точное значение измеряемого сопротивления:

$$R_x = U / (I - I_V),$$

где $I_V = U / R_V = 10 / 900 = 0,011 \text{ А}$,

$$R_x = 10 / (2 - 0,011) = 5,027 \text{ Ом.}$$

4. Абсолютная погрешность измерения, которая получилась бы при приближенном расчете сопротивления:

$$R_x = R'_x - R_x = 5 - 5,027 = - 0,027.$$

5. Относительная погрешность измерения, которая получилась бы при приближенном расчете величины сопротивления:

$$\nu_R = (\Delta R_x \cdot 100) / R_x = - (0,027 \cdot 100) / 5,027 = - 0,537\%$$

Задачи 22, 27 посвящены измерению сопротивления изоляции между каждым из проводов и землей двухпроводной линии, находящейся под напряжением, которое можно выполнить с помощью вольтметра. Со схемой измерения и необходимыми расчетными формулами можно ознакомиться по разделу учебника [3] “Измерение сопротивления изоляции установки, находящейся под рабочим напряжением” (страницы 204 - 205, рисунок 6 - 33, формулы 6 - 20, 6 - 21).

В задачах 23, 25, 28, 30 измерение индуктивности и емкости проводится дважды: сначала с помощью амперметра и вольтметра (без учета активного сопротивления) C_1 и L_1 , а затем точнее, учитывая активное сопротивление, с помощью амперметра, вольтметра и ваттметра C_2 и L_2 . Схемы измерения, расчетные

формулы для определения значений индуктивности и емкости приведены в учебнике [3] (страница 216, рисунки 7 - 1, 7 - 2; страницы 218 - 219, рисунки 7 - 5, 7 - 6) и в учебниках [2] и [2].

Принимая более точные значения C_2 и L_2 за действительные значения измеряемых емкости и индуктивности, можно вычислить относительную погрешность измерения ν .

В задачах 24 и 29 определяется взаимная индуктивность двух катушек методом последовательного соединения этих катушек. Измерительные схемы собираются дважды. Сначала катушки включаются последовательно при согласованном их соединении, когда намагничивающие силы катушек совпадают по направлению - это будет соответствовать максимальному значению общей индуктивности катушек L_c , которая равна:

$$L_c = L_1 + L_2 + 2M,$$

где L_1 и L_2 - индуктивности каждой из катушек;

M - взаимная индуктивность катушек.

Затем меняется направление тока в одной из последовательно соединенных катушек, что соответствует встречному включению катушек, когда намагничивающие силы катушек направлены навстречу друг другу. При этом будет минимальное значение общей индуктивности катушек, которое равно:

$$L_b = L_1 + L_2 - 2M.$$

Вычитая, из первого равенства второе, получим: $L_c - L_b = 4M$.

Таким образом, $M = (L_c - L_b) / 4$. По этой формуле и следует определить искомую взаимную индуктивность катушек. Для получения значений L_c и L_b необходимо воспользоваться методом измерения индуктивности с помощью амперметра и вольтметра. Полное сопротивление цепи определяется по закону Ома:

$$Z_k = U / I.$$

Со схемами измерения следует ознакомиться по учебнику [3] (страница 217, рисунок 7 - 4) и учебнику Частоедова “Электротехника”.

Надо иметь в виду, что в “Электротехнике” приведены схемы измерения с использованием только амперметра и вольтметра. Для составления требуемых схем измерения с применением ваттметра надо воспользоваться схемой рисунка 7-2 [3].

Задачи 31 - 40

Задачи 31 - 40 посвящены вопросам измерения тока, напряжения и мощности в однофазных и трехфазных цепях переменного тока с измерительными трансформаторами или без них.

Прежде чем приступить к решению этих задач, необходимо изучить по учебникам “Электротехника” или [3] главы “Измерительные трансформаторы” и

“Измерение мощности”. В них указаны необходимые для решения задач формулы и схемы измерения.

Измерительные трансформаторы напряжения (ТН) и измерительные трансформаторы тока (ТТ) применяются для расширения пределов измерения приборов электромагнитной, электродинамической, индукционной систем, а также служат для изоляции цепей измерительных приборов от проводов высокого напряжения, что обеспечивает безопасность обслуживания высоковольтных установок. Измерительные трансформаторы тока (ТТ) предназначены для расширения пределов измерения по току амперметров, ваттметров, счетчиков. Первичная обмотка трансформатора тока включается последовательно в цепь измеряемого тока. К зажимам вторичной обмотки подключают последовательно токовые обмотки измерительных приборов. На щитке трансформатора тока указывается номинальный коэффициент трансформации в виде отношения номинальных токов (например, 100/5). Номинальный вторичный ток трансформатора тока равен, как правило, 5 А. Ток, измеренный амперметром, включенным через измерительный трансформатор, определяется умножением коэффициента трансформации ТТ на показание прибора:

$$\text{если } K_{\text{ТТ}} = I_{\text{н1}} / I_{\text{н2}}, \text{ то } I_1 = I_2 \cdot K_{\text{ТТ}}$$

Каждый измерительный трансформатор характеризуется номинальной мощностью $S_{\text{н}}$ (В·А), а для трансформатора тока обычно указывается и номинальная нагрузка $Z_{\text{н}}$ (Ом), которую можно присоединить к вторичной обмотке трансформатора. Чтобы погрешность при измерении с помощью трансформатора тока не превысила допустимую, необходимо соблюдение следующего условия:

$$Z_{\text{н2}} \geq \sum Z,$$

где $Z_{\text{н2}}$ - номинальная нагрузка трансформатора тока;

$\sum Z$ - сумма всех сопротивлений (включая сопротивления приборов, соединительных проводов и переходных контактов), подключенных ко вторичной обмотке трансформатора.

При выборе измерительных трансформаторов тока необходимо указать напряжение, на которое рассчитана его изоляция; номинальный ток первичной обмотки $I_{\text{н1}}$; класс точности $\nu_{\text{д}}$.

Класс точности измерительного трансформатора должен быть выше, чем класс точности присоединяемых к нему электроизмерительных приборов.

Измерительные трансформаторы напряжения (ТН) предназначены для расширения пределов измерения по напряжению вольтметров, ваттметров, счетчиков, фазометров, частотомеров.

Первичная обмотка трансформатора напряжения включается в измеряемую цепь параллельно. Зажимы вторичной обмотки соединяются с вольтметром параллельными обмотками измерительных приборов. На щитке ТН указывается номинальный коэффициент трансформации в виде отношения номинальных первичного и вторичного напряжений (например, 6000/100).

Номинальное вторичное напряжение для измерительных трансформаторов напряжения принимается, как правило, 100 В. Для трехфазных трансформаторов указывается линейное напряжение. Напряжение, измеренное с помощью вольтметра, включенного через измерительный трансформатор, определяется умножением коэффициента трансформации ТН на показание прибора:

$$\text{если } K_{\text{ТН}} = U_{\text{н1}} / U_{\text{н2}}, \text{ то } U_1 = K_{\text{ТН}} \cdot U_2.$$

К трансформатору напряжения можно подключить такое количество приборов, при котором их суммарная мощность не превысит номинальной мощности трансформатора:

$$S_{\text{н}} \geq \sum S_{\text{приб}},$$

где $\sum S_{\text{приб}}$ - сумма мощностей, потребляемых электроизмерительными приборами;

$S_{\text{н}}$ - номинальная мощность трансформатора.

При выборе измерительных трансформаторов напряжения следует указать однофазный или трехфазный трансформатор, номинальное напряжение первичной обмотки $U_{\text{н1}}$, класс точности $v_{\text{д}}$. Следует также учесть, что трехфазные трансформаторы напряжения выпускаются на номинальные напряжения не выше 15 кВ, поэтому при напряжении сети 35 кВ и выше должны использоваться однофазные трансформаторы, соединенные в трехфазные группы.

Мощность, измеренная с помощью ваттметра, включенного через измерительные трансформаторы, определяется умножением показания прибора на коэффициенты трансформации трансформаторов тока и напряжения, то есть:

$$P_1 = P_2 \cdot K_{\text{ТН}} \cdot K_{\text{ТТ}}.$$

При выборе электроизмерительных приборов следует учитывать следующее: приборы подбираются по номинальному значению измеряемой величины, классу точности, классу изоляции. Для измерения должен подбираться прибор, номинальное значение шкалы которого равно или немного больше номинального значения измеряемой величины.

Для технических измерений применяются амперметры и вольтметры классов точности 1,5 и 2,5.

В цепях переменного тока с напряжением до 500 В промышленной частоты при небольших и средних токах измерения проводятся приборами, включенными непосредственно в измеряемую цепь. При измерениях больших переменных токов, а также токов в цепях с напряжением выше 500 В амперметры включаются через измерительные трансформаторы тока. К трансформатору подключаются амперметры с номинальным током 5 А.

Измерение напряжения в цепях выше 500 В, как правило, производится вольтметрами с номинальным напряжением 100 В, которые включаются через измерительные трансформаторы напряжения.

Для ваттметров, которые имеют последовательную и параллельную обмотку, при выборе схемы включения следует учитывать все перечисленные выше указания. Схема включения измерительных трансформаторов тока и напряжения в однофазную цепь и присоединения к ним электроизмерительных приборов приведена на рисунке 109, б учебника Бартновского и на рисунке 8 - 13 учебника Попова. Схема измерения в однофазной цепи с включением приборов только через трансформатор тока (для цепей с напряжением до 500 В) приведена на рисунке 109, б учебника [2], на рисунке 8 - 12 учебника [3] и в § 11.1 - 11.2 учебника [2].

Измерение мощности в трехпроводных трехфазных цепях переменного тока обычно выполняют двумя одноэлементными ваттметрами или одним двухэлементным. Со схемами их включения и выводом расчетных формул следует ознакомиться по учебнику [2] § 64, 65 или [3] § 8.5, 8.6. Возможные схемы включения ваттметров через измерительные трансформаторы приведены на рисунке 110 учебника [2], рисунке 8 - 31 учебника [3], и в § 12.6 учебника [2].

Если ваттметры при этом измеряют мощности P'_1 и P'_2 , то активная мощность всей трехфазной цепи:

$$P = K_{тн} \cdot K_{тт} \cdot (P'_1 + P'_2).$$

Реактивная мощность всей трехфазной цепи:

$$Q = V_3 \cdot K_{тн} \cdot K_{тт} \cdot (P'_1 + P'_2).$$

Технические данные некоторых типов измерительных приборов и трансформаторов приведены в таблицах 2, 3, 4, 5, 6.

Таблица 2

Амперметры электромагнитной системы переменного тока с изоляцией на 2кВ

| | | | | |
|---------------------------------|------|------|------|------|
| Тип прибора | Э378 | Э378 | Э378 | Э378 |
| Класс точности, % | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 |
| Предел измерения, A_n | 1 | 3 | 5 | 10 |
| Число делений шкалы, α_n | 25 | 25 | 25 | 25 |

Таблица 3

Вольтметры электромагнитной системы переменного тока с изоляцией на 2 кВ

| | | | | |
|---------------------------------|------|------|------|------|
| Тип прибора | Э378 | Э378 | Э378 | Э378 |
| Класс точности, % | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 |
| Предел измерения, V_n | 100 | 150 | 250 | 500 |
| Число делений шкалы, α_n | 25 | 25 | 25 | 25 |

Таблица 4

Ваттметры ферродинамической системы для измерения активной мощности в цепях однофазного переменного тока, многопредельные с изоляцией на 2 кВ

| | | | | | |
|---|-----------------------|------------------------------|----------|----------------------|-----------------------|
| Тип прибора | | Д5004/1 | Д5004/10 | Д529/4 | Д529/5 |
| Класс точности, % | | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,5 |
| Пределы измерения | Катушки тока, А | 5; 10 | 1; 5 | 2,5; 5 | 5; 10 |
| | Катушки напряжения, В | 75; 150; 300; 450; 600 | 100; 150 | 75; 150; 300; 600 | 37,5; 75; 150; 300 |
| Номинальное число делений шкалы, α_n | | 150 | 100 | 150 | 150 |

Таблица 5

Некоторые данные измерительных трансформаторов напряжения

| | |
|--|------------------|
| Трансформаторы однофазные двухобмоточные | |
| Номинальное первичное напряжение, кВ | 3; 6; 10; 15; 35 |
| Класс точности, % | 0,2; 0,5; 1; 3 |
| Трансформаторы трёхфазные | |
| Номинальное первичное напряжение, кВ | 3; 6; 10; 15; 35 |
| Класс точности, % | 0,2; 0,5; 1; 3 |

Таблица 6

Некоторые данные измерительных трансформаторов тока с изоляцией на 0,66 кВ, 10 кВ и 35 кВ

| | |
|------------------------------|--|
| Трансформаторы однофазные | |
| Номинальный первичный ток, А | 10; 15; 20; 30; 50; 75; 100; 150; 200; 300; 400; 600 |
| Класс точности, % | 0,2; 0,5; 1; 3 |

Пример 4

Необходимо измерить напряжение, ток и мощность трехфазного потребителя с равномерной нагрузкой фаз, имеющего номинальное напряжение $U_n = 10$ кВ и номинальный ток $I_n = 95$ А.

Подобрать вольтметры, амперметры, ваттметры и измерительные трансформаторы тока и напряжения; составить схему измерения.

Определить:

- коэффициенты трансформации измерительных трансформаторов;
- постоянную (цену деления) ваттметра;
- напряжение установки, если вольтметр показал 65 В;
- ток установки, если амперметр показал 4,5 А;
- показания каждого ваттметра P'_1 и P'_2 , если стрелка первого прибора отклонилась на $\alpha_1 = 80$ делений, а второго - на $\alpha_2 = 40$ делений;
- активную мощность трехфазной установки P .

Решение:

В высоковольтную цепь с напряжением 10 кВ измерительные приборы должны включаться через измерительные трансформаторы.

Следует применить схему, приведенную на рисунке 8 - 31 учебника Попова или на рисунке 110 учебника Бартновского. Измерительные приборы, ТТ и ТН подбираем по данным таблиц 2, 3, 4, 5, 6.

Выбираем измерительные трансформаторы тока с номинальным первичным током $I_{н1} = 100$ А и изоляцией на 10 кВ; класс точности $v_d = 0,5\%$; трехфазный трансформатор напряжения с номинальным первичным напряжением $U_{н1} = 10$ кВ, класс точности $v_d = 0,5\%$; амперметры электромагнитной системы типа Э378, класс точности $v_d = 1,5\%$, на номинальный ток $I_n = 5$ А и шкалой на $\alpha_n = 25$ делений; вольтметры электромагнитной системы типа Э378, класс точности $v_d = 1,5\%$, на номинальное напряжение $U_n = 100$ В и шкалой на $\alpha_n = 25$ делений; ваттметры типа Д5004/10, класс точности $v_d = 0,5\%$ с номинальными значениями $I_n = 5$ А, $U_n = 100$ В и шкалой на $\alpha_n = 100$ делений.

1. Коэффициент трансформации трансформатора тока:

$$K_{ТТ} = I_{н1} / I_{н2} = 100 / 5 = 20.$$

Коэффициент трансформации трансформатора напряжения:

$$K_{ТН} = U_{н1} / U_{н2} = 10000 / 100 = 100.$$

2. Постоянная (цена деления) ваттметра определяется по формуле:

$$C_p = (U_n \cdot I_n) / \alpha_n = 5 \cdot 100 / 100 = 5 \text{ Вт/дел},$$

где I_n - номинальный ток ваттметра;

U_n - номинальное напряжение ваттметра;

α_n - количество делений шкалы прибора.

3. Напряжение установки при показании вольтметра $U_2 = 65$ В.

$$U_1 = K_{ТН} \cdot U_2 = 100 \cdot 65 = 6500 \text{ В} = 6,5 \text{ кВ}.$$

4. Ток установки при показании амперметра $I_2 = 4,5$ А.

$$I_1 = K_{ТТ} \cdot I_2 = 20 \cdot 4,5 = 90 \text{ А}.$$

5. Показание первого ваттметра:

$$P'_1 = \alpha_1 \cdot C_p = 80 \cdot 5 = 400 \text{ Вт};$$

показание второго ваттметра:

$$P'_2 = \alpha_2 \cdot C_p = 40 \cdot 5 = 200 \text{ Вт}.$$

6. Мощность трехфазной установки:

$$P = P_1 + P_2, \text{ где}$$

$$P_1 = P_1 \cdot K_{\text{TH}} \cdot K_{\text{TT}} = 400 \cdot 20 \cdot 100 \cdot 10^{-3} = 800 \text{ кВт};$$

$$P_2 = P_2 \cdot K_{\text{TH}} \cdot K_{\text{TT}} = 200 \cdot 20 \cdot 100 \cdot 10^{-3} = 400 \text{ кВт};$$

$$P = P_1 + P_2 = 800 + 400 = 1200 \text{ кВт}.$$

Задачи 41 - 50

В задачах № 41 - 50 требуется привести схемы приборов для измерения в устройствах АТМ и дать пояснения к ним. Для ответов на указанные вопросы необходимо изучить главу 4 учебника [3] или соответствующий раздел учебника [2].

Вопросы для подготовки к экзамену

1. Погрешности измерений и приборов. Их классификация. Определение погрешности измерений при прямом методе непосредственной оценки и косвенном методе измерений.
2. Классы точности приборов. Определение по классу точности наибольшей абсолютной погрешности.
3. Общая схема устройства электроизмерительного прибора непосредственной оценки. Чувствительность и постоянная прибора.
4. Маркировка и технические характеристики, указанные на шкале прибора.
5. Приборы магнитоэлектрической системы, устройство, недостатки и область применения.
6. Приборы электромагнитной системы. Их устройство, принципы действия, достоинства, недостатки и область применения.
7. Приборы электродинамической системы, Их устройство, принципы действия, уравнение шкалы, достоинства, недостатки и область применения.
8. Измерение сопротивлений косвенным методом (при помощи амперметра и вольтметра) и омметром.
9. Измерение средних сопротивлений одинарным измерительным мостом на постоянном токе. Принципиальная схема и условие равновесия моста.
10. Устройство и схема логометрического мегаомметра (последовательная схема омметра-логометра). Его принцип действия и выполнение измерений мегаомметром.
11. Устройство и схема измерителей сопротивления заземления МС - 08 и М - 416. Их принцип действия и выполнение измерений этими приборами.
12. Измерение индуктивности и емкости косвенным методом (при помощи амперметра и вольтметра).
13. Измерение взаимной индуктивности методом согласованного и встречного включения катушек.
14. Измерительный мост переменного тока его назначение и условия равновесия.
15. Электронный осциллограф. Основные элементы. Электронно-лучевая трубка. Принцип получения изображения исследуемого процесса на экране осциллографа.
16. Измерительные шунты. Их назначение, конструкция, характеристики и расчет. Схема включения измерительного механизма с шунтом в цепь нагрузки.
17. Добавочные резисторы. Их назначение, конструкция, характеристики и расчет. Схема включения измерительного механизма с добавочным резистором.
18. Измерительные трансформаторы напряжения и тока. Их назначение, конструкция, технические характеристики.
19. Измерение активной мощности в цепи однофазного тока. Схема включения электродинамического ваттметра.
20. Измерение активной мощности в трехфазных цепях методом двух ваттметров. Схема включения.
21. Измерение коэффициента мощности в цепях переменного тока. Электродинамический фазометр однофазного тока, его устройство, принцип действия и схема включения.

22. Измерение частоты в цепях переменного тока. Электродинамический частотомер, его устройство, принцип действия, схема включения.
23. Измерение сопротивления одного провода линии измерительным мостом постоянного тока. Схема измерения.
24. Измерение асимметрии двухпроводной цепи мостом постоянного тока.
25. Измерение сопротивления изоляции линии мостом постоянного тока.
26. Определение расстояния до места короткого замыкания провода с землей (место пробоя изоляции) двухпроводной линии при помощи измерительного моста постоянного тока - метод петли.
27. Определение расстояния до места обрыва жил в кабеле мостовым методом.
28. Методы измерения параметров рельсовых цепей постоянного и переменного тока.
29. Измерение сопротивления изоляции рельсовых стыков, сопротивления балласта.
30. Измерение параметров трансформаторов и выпрямителей.

Перечень рекомендуемых учебных изданий, интернет-ресурсов, дополнительной литературы

Основные источники:

1. Постановление Правительства Российской Федерации «Об организации работ по стандартизации, обеспечению единства измерений, сертификации продукции и услуг»; от 12 февраля 1994 года N 100 (с изменениями на 27 ноября 2013 года).
2. Панфилов В.А. Электрические измерения [Текст]: Учебник для студентов среднего профессионального образования. - М.: Академия, 2012.- 288с.

Дополнительные источники:

3. Хрусталева З.А. Электротехнические измерения. Задачи и Упражнения [Текст]: Учебник для студентов среднего профессионального образования.- М.: «КноРус», 2012.-256с.

Интернет-ресурсы:

4. Портал разработчиков электроники [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://electronix.ru>, свободный.
5. Техническая литература [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://avr.ru/docs/books.html>, свободный.
6. Журнал «Радиолюбитель». Официальный сайт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://radioliga.com/>, свободный.