

Государственное бюджетное образовательное учреждение среднего профессионального образования Иркутской области

«Иркутский техникум транспорта и строительства»

Методические указания для выполнения практических работ

по ОП.02. Электротехника и электроника

по специальности среднего профессионального образования

23.02.01. Организация перевозок и управления на транспорте (автомобильном)

Квалификация: техник

Форма обучения: очная

Нормативный срок обучения: 3 года 10 месяцев

на базе основного общего образования

Иркутск, 2026

Методические указания для выполнения практических работ по **ОП.02. Электротехника и электроника** предназначены для обучающихся образовательных учреждений СПО по специальности **23.02.01 Организация перевозок и управление на транспорте (автомобильном)**. Методические указания разработаны на основе рабочей программы дисциплины «Электротехника и электроника». Методические указания содержат рекомендации к лабораторным работам, требования к знаниям и умениям. Приведен список основной литературы и нормативных документов, рекомендуемых для подготовки к работам.

Организация — разработчик: ГБПОУ ИО «Иркутский техникум транспорта и строительства»

Разработчик:

Рассмотрена и одобрена на заседании
ДЦК
Протокол № 10 от 29.05. 2026 г.

1. Пояснительная записка

Настоящие методические указания предназначены для проведения практических работ по программе дисциплины «Электротехника и электроника» утвержденной для специальности: **23.02.01 Организация перевозок и управление на транспорте (автомобильном)**

Задачи практических работ занятий обусловлены необходимостью получения студентом знаний и умений согласно требованиям ФГОС СПО, на основе которых формируются следующие компетенции: учебно-познавательная, информационная, коммуникативная. Формирование соответствующих компетенций связано с решением задач по развитию у студентов соответствующих знаний и умений.

В результате выполнения практических работ, предусмотренных программой по данным специальностям, студент должен

уметь:

- ✓ производить расчет параметров электрических цепей;
- ✓ собирать электрические схемы и проверять их работу;
- ✓ читать и собирать простейшие схемы с использованием полупроводниковых приборов;
- ✓ определять тип микросхем по маркировке;

знать:

- ✓ методы преобразования электрической энергии,
- ✓ сущность физических процессов, происходящих в электрических и магнитных цепях, порядок расчета их параметров;
- ✓ преобразование переменного тока в постоянный;
- ✓ усиление и генерирование электрических сигналов

В связи с тем, что при изучении курса «Электротехника и электроника» каждое новое понятие и каждая новая тема базируется на знании предыдущего материала пройденного на уроках физики, дополнительное время распределилось в соответствии с объемом и сложностью изучаемого материала.

В результате освоения учебной дисциплины «Электротехника и электроника» реализуются следующие требования, предъявляемые к освоению программы подготовки специалистов среднего звена по специальности «Организация перевозок и управление на транспорте автомобильном»

В части общих компетенций:

ОК 1. Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК 3. Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.

ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.

ОК 5. Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.

ОК 6. Работать в коллективе и команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.

ОК 7. Брать на себя ответственность за работу членов команды (подчиненных), результат выполнения заданий.

ОК 8. Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации.

ОК 9. Ориентироваться в условиях частой смены технологий в профессиональной деятельности.

ОК 10. Исполнять воинскую обязанность, в том числе с применением полученных профессиональных знаний (для юношей).

В части профессиональных компетенций:

ПК 1.1. Организовывать и проводить работы по техническому обслуживанию и ремонту автотранспорта.

ПК 1.2. Осуществлять технический контроль при хранении, эксплуатации, техническом обслуживании и ремонте автотранспортных средств.

ПК 1.3. Разрабатывать технологические процессы ремонта узлов и деталей.

ПК 2.3. Организовывать безопасное ведение работ при техническом обслуживании и ремонте автотранспорта.

Практическая работа № 1
«Расчет электрической цепи постоянного тока»

Цель работы: Научиться рассчитывать электрические цепи постоянного тока.

Краткие теоретические основы

Электрической цепью называют совокупность устройств, предназначенных для получения, передачи, преобразования и использования электрической энергии.

Электрическая цепь состоит из отдельных устройств — элементов электрической цепи.

Источниками электрической энергии являются электрические генераторы, в которых механическая энергия преобразуется в электрическую, а также первичные элементы и аккумуляторы, в которых происходит преобразование химической, тепловой, световой и других видов энергии в электрическую.

К потребителям электрической энергии относятся электродвигатели, различные нагревательные приборы, световые приборы и т. д.

Устройствами для передачи электрической энергии от источников к приемникам являются линии передачи, электрические сети и просто провода. Проводом называется металлическая проволока, изолированная или неизолированная (голая). Провода выполняются из меди, алюминия или стали.

Графическое изображение электрической цепи, показывающее последовательность соединения отдельных элементов и отображающее свойства электрической цепи, называется схемой электрической цепи.

При расчете цепей приходится сталкиваться с различными схемами соединений потребителей. Задача расчета такой цепи состоит в том, чтобы определить токи и напряжения отдельных ее участков.

Соединение, при котором по всем участкам проходит один и тот же ток, называют последовательным. Любой замкнутый путь, проходящий по нескольким участкам, называют контуром электрической цепи.

Участок цепи, вдоль которого проходит один и тот же ток, называют ветвью, а место соединения трех и большего числа ветвей — узлом.

На рис. 1. показан участок цепи, состоящей из шести ветвей и трех узлов.

Соединение, при котором все участки цепи присоединяются к одной паре узлов, т. е. находятся под действием одного и того же напряжения, называют параллельным.

Рассмотрим различные способы соединения сопротивлений подробнее.

Параллельное соединение

Схема рис. 1. представляет собой последовательное соединение участков цепи аби вc. В свою очередь, эти участки представляют собой параллельное соединение сопротивлений. Выясним свойства такого соединения сопротивлений.

I. Рассмотрим соотношение токов, например, для узла а цепи. Очевидно, что ток, приходящий, к узлу, равен току, уходящему от узла: $I - I_1 - I_2 = 0$. В общем виде

$$\sum I = 0. \quad (\text{ф.1.})$$

Это уравнение отражает первое правило Кирхгофа: алгебраическая сумма токов ветвей для любого узла электрической цепи равна нулю.

Первое правило Кирхгофа является следствием закона сохранения заряда, согласно которому в узле заряд одного знака не может ни накапливаться, ни убывать.

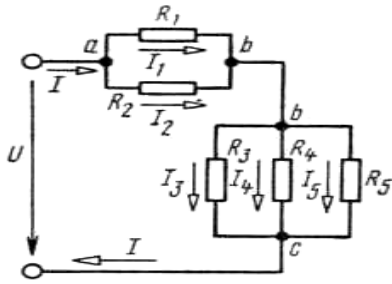


Рис. 1

П.

Так как потенциалы этих узлов фиксированы, то и разность их фиксирована и одинакова для всех ветвей, входящих в соединение.

Применительно к схеме рис. 1. получим $U_1 = U_2 = U_{ab}$, $U_3 = U_4 = U_5 = U_{bc}$, т. е. при параллельном соединении сопротивлений напряжения на ветвях одинаковы.

III. Применим закон Ома для всех ветвей параллельного разветвления на участке bc. Тогда $U_{bc} = I_3 R_3 = I_4 R_4 = I_5 R_5$, откуда

$$I_3/I_4 = R_4/R_3 \text{ и } I_3/I_5 = R_5/R_3$$

Таким образом, при параллельном соединении токи ветвей обратно пропорциональны их сопротивлениям.

IV. Во многих случаях рассчитывают не исходные сложные, а упрощенные (эквивалентные) схемы замещения. Под схемой замещения понимают такую схему, которая обеспечивает неизменность режимов работы во всех ветвях электрической цепи.

Часто приходится прибегать к замене резистивных элементов, соединенных сложным образом, одним, сопротивление которого равно общему сопротивлению исходных элементов. Найдем эквивалентное сопротивление при параллельном соединении ветвей, подключенных к узлам bi c (рис. 1.).

Согласно первому правилу Кирхгофа, для узла b справедливо равенство

$$I = I_3 + I_4 + I_5. \quad (\text{ф.2})$$

Вместе с тем согласно закону Ома и условию эквивалентности можно записать $I_3 = U_{bc}/R_3$, $I_4 = U_{bc}/R_4$, $I_5 = U_{bc}/R_5$, $I = U_{bc}/R_{эк}$. Подставляя эти выражения в (ф.2), получим $U_{bc}/R_{эк} = U_{bc}/R_3 + U_{bc}/R_4 + U_{bc}/R_5$, откуда

$$1/R_{эк} = 1/R_3 + 1/R_4 + 1/R_5 \quad (\text{ф.3})$$

Переходя от сопротивлений участков к их проводимостям, определим

$$g_{эк} = g_3 + g_4 + g_5. \quad (\text{ф.4})$$

В общем виде

$$g_{эк} = \sum g$$

При параллельном соединении эквивалентная, или общая, проводимость равна сумме проводимостей всех параллельных ветвей.

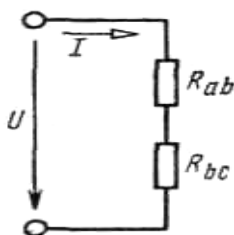
Определенный интерес для практики представляют два частных случая: 1) соединение состоит из двух ветвей с различными сопротивлениями; 2) соединение состоит из n ветвей с одинаковыми сопротивлениями. В первом случае, применяя формулу (ф.3), найдем

$$R_{эк} = R_1 R_2 / (R_1 + R_2), \quad (\text{ф.5})$$

во втором

$$R_{эк} = R/n. \quad (\text{ф.6})$$

Последовательное соединение



Как указывалось, схема рис. 1. представляет собой последовательное соединение участков цепи аби bc. Эту схему можно представить так, как показано на рис. 2., где R_{ab} — сопротивление, эквивалентное сопротивлению участка ab; R_{bc} — сопротивление, эквивалентное сопротивлению участка bc. Полученная схема представляет собой последовательное соединение сопротивлений.

Рис. 2.

Рассмотрим свойства последовательного соединения сопротивлений.

I. Ток в любом сечении последовательной цепи одинаков. Это объясняется тем, что ни в одной точке такой цепи не может происходить накопления зарядов.

II. Согласно закону сохранения энергии, напряжение на зажимах цепи равно сумме напряжений на всех ее участках: $U = U_{ab} + U_{bc}$.

В общем виде

$$U = \sum U. \quad (\text{ф.7})$$

III. Согласно закону Ома для участка цепи можно записать $U_{ab} = IR_{ab}$; $U_{bc} = IR_{bc}$. Поделив приведенные равенства одно на другое, получим $U_{ab}/U_{bc} = R_{ab}/R_{bc}$, т. е. напряжения на участках цепи при последовательном соединении прямо пропорциональны сопротивлениям этих участков.

Из этого очень важного свойства вытекают условия перераспределения напряжений на участках цепи при изменении сопротивлений этих участков.

IV. В общем случае, если имеется n последовательно соединенных сопротивлений, согласно второму свойству, $U = U_1 + U_2 + \dots + U_n$. Тогда $IR_{\Sigma} = IR_1 + IR_2 + \dots + IR_n$ или, сократив на I , $R_{\Sigma} = R_1 + R_2 + \dots + R_n$.

$$(\text{ф.8})$$

В общем виде $R_{\Sigma} = \sum R$.

Смешанное соединение

Смешанное соединение представляет собой комбинацию параллельного и последовательного соединений сопротивлений. Определим по схеме рис. 1. токи и напряжения на всех участках цепи. Пусть напряжение на зажимах цепи U и сопротивления ее участков заданы.

Эквивалентное сопротивление цепи $R_{\Sigma} = R_{ab} + R_{bc}$, где $R_{ab} = R_1 R_2 / (R_1 + R_2)$; $1/R_{bc} = 1/R_3 + 1/R_4 + 1/R_5$.

Общий ток источника $I = U/R_{\Sigma}$, напряжения на участках ab и bc $U_{ab} = IR_{ab}$; $U_{bc} = IR_{bc}$.

Токи в соответствующих ветвях: $I_1 = U_{ab}/R_1$; $I_2 = U_{ab}/R_2$; $I_3 = U_{bc}/R_3$; $I_4 = U_{bc}/R_4$; $I_5 = U_{bc}/R_5$.

Работа и мощность электрического тока

Если электрическую цепь замкнуть, то в ней возникнет электрический ток. При этом энергия источника будет расходоваться. Найдем работу, которую совершает источник тока для перемещения заряда q по всей замкнутой цепи. Исходя из определения ЭДС получим

$$W_{\text{и}} = Eq. \quad (\text{ф.9})$$

Но так как $q = It$, $E = U + U_{\text{вт}}$, то $W_{\text{и}} = (U + U_{\text{вт}}) \cdot It$, или $W_{\text{и}} = UI t + U_{\text{вт}} It$, где $UI t = W$ — работа, совершаемая источником на внешнем участке цепи; $U_{\text{вт}} \cdot It = W_{\text{вт}}$ — потеря энергии внутри источника.

Используя закон Ома для участка цепи, можно записать

$$W = I^2 R t = \frac{U^2}{R} t. \quad (\text{ф.10})$$

Величину, характеризующую скоростью, с которой совершается работа, называют мощностью: $P = W/t$.

$$(\text{ф.11})$$

Соответственно мощность, отдаваемая источником,

$$P_{\text{и}} = EIt/t = EI. \quad (\text{ф.12})$$

Мощность потребителей

$$P = UI t/t = UI = I^2 R = U^2/R \quad (\text{ф.13})$$

Мощность потерь энергии внутри источника

$$P_{\text{вт}} = U_{\text{вт}} I = I^2 R_{\text{вт}} = UI/R_{\text{вт}}. \quad (\text{ф.14})$$

Единица мощности — ватт (Вт):

[P] = 1 Дж/1 с = 1 Вт, т. е. мощность равна 1 Вт, если за 1 с совершается работа в 1 Дж.

Электрическая работа выражается в джоулях, но согласно формуле $P = W/t$ имеем $W = Pt$,

откуда $1 \text{ Дж} = 1 \text{ Вт} \cdot 1 \text{ с} = 1 \text{ Вт} \cdot \text{с}$.

Баланс мощностей в цепях постоянного тока

Если на участке цепи с активным сопротивлением R под действием приложенного к нему напряжения протекает ток I (рис. 3), то выделяемая в нем мощность равна

$$P = U \cdot I = R \cdot I^2 = g \cdot U^2; \quad (\text{ф.15})$$

эта мощность всегда положительна.

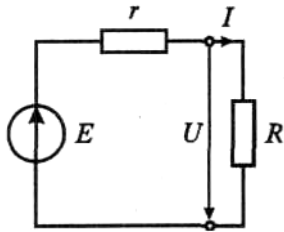


Рис.3

Если через источник ЭДС E протекает ток I , то вырабатываемая им мощность равна

$$= E \cdot I. \quad (\text{ф.16})$$

Она может быть положительной, когда направления E и I совпадают, или отрицательной, когда их направления противоположны.

Согласно закону сохранения энергии в элементах R цепи потребляется столько энергии, сколько ее отдается находящимися в ней источниками. Иначе: алгебраическая сумма мощностей, отдаваемых всеми источниками энергии E_i в цепи, равна сумме мощностей, потребляемых, в ее элементах R_k :

$$\sum_{i=1}^n E_i I_i = \sum_{k=1}^m R_k I_k^2 \quad (\text{ф.19})$$

Это есть уравнение баланса мощностей в цепи постоянного тока.

Запишем уравнение баланса мощностей для цепи, схема которой показана на рис.3:

$$EI = rI^2 + RI^2, \quad (1.20)$$

где EI — мощность источника ЭДС (полная мощность); RI^2 — мощность, потребляемая нагрузкой R , rI^2 — мощность потерь в источнике ЭДС с внутренним сопротивлением r .

Мощность P в цепях постоянного тока измеряется в ваттах (Вт).

Пример выполнения

Определить токи и напряжения всех участков цепи (рис. 4, а), если известно, что $U = 120 \text{ В}$; $r_1 = 0,12 \text{ Ом}$; $r_2 = 2 \text{ Ом}$; $r_3 = 10 \text{ Ом}$; $r_4 = 20 \text{ Ом}$; $r_5 = 50 \text{ Ом}$.

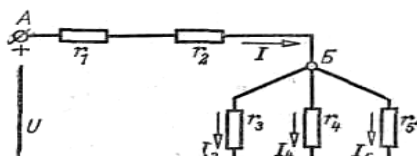


Рис.4

Решение.

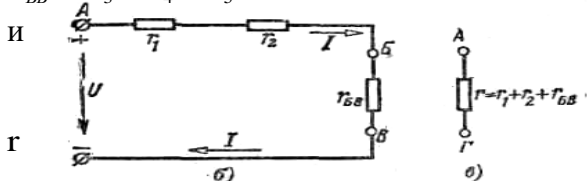
Проводимость разветвленного участка цепи БВ

$$\frac{1}{r_{БВ}} = \frac{1}{r_3} + \frac{1}{r_4} + \frac{1}{r_5} = \frac{1}{10} + \frac{1}{20} + \frac{1}{50} = 0,17 \text{ См}$$

сопротивление разветвленного участка $r_{БВ} = 5,88 \text{ Ом}$.

Эквивалентное сопротивление всей цепи $= r_1 + r_2 + r_{БВ} = 0,12 + 2 + 5,88 = 8 \text{ Ом}$.

Ток цепи



$$I = U/r = 120/8 = 15 \text{ А}$$

Напряжение на первом сопротивлении

$$U_1 = Ir_1 = 15 \cdot 0,12 = 1,8 \text{ В}$$

Напряжение на втором сопротивлении

$$U_2 = Ir_2 = 15 \cdot 2 = 30 \text{ В}$$

Напряжение на разветвленном участке цепи

$$U_{БВ} = Ir_{БВ} = 15 \cdot 5,88 = 88,2 \text{ В}$$

Токи в разветвленных участках цепи

$$I_3 = U_{БВ} / r_3 = 88,2 / 10 = 8,82 \text{ А};$$

$$I_4 = U_{БВ} / r_4 = 88,2 / 20 = 4,41 \text{ А};$$

$$I_5 = U_{БВ} / r_5 = 1,76 \text{ А}.$$

Задание к практической работе

В цепи со смешанным соединением сопротивлений R1, R2, R3, R4, R5 и R6. Вычислить токи, напряжения и мощность каждого резистора. Составить баланс мощностей.

Вариант	№ рис.	R1, Ом	R2, Ом	R3, Ом	R4, Ом	R5, Ом	R6, Ом	r ₀ , Ом	Напряжение, В	Ток, А
1	1	0,9	40	8	4	2,4	6	0,1	-	I ₂ =0.25
2	2	1	2	3	4	6	10	0,05	U ₄ =40	-
3	3	5	5	6	8	15	20	0,2	U ₂ =40	-
4	4	15	2	13,3	10	10	3,9	0,1	-	I ₆ =100
5	5	40	86	10	14	50	25	0,4	-	I ₅ =2
6	6	30	20	18	10	15	5	0,2	U ₆ =120	-
7	1	0,9	40	8	4	2,4	6	0,1	U ₅ =220	-
8	2	1	2	3	4	6	10	0,05	U ₁ =20	-
9	3	5	5	6	8	15	20	0,2	-	I ₁ =4
10	4	15	2	13,3	10	10	3,9	0,1	-	I ₁ =40
11	5	40	86	10	14	50	25	0,4	U ₆ =100	-
12	6	30	20	18	10	15	5	0,2	-	I ₃ =4
13	1	0,9	40	8	4	2,4	6	0,1	U ₃ =48	-
14	2	1	2	3	4	6	10	0,05	-	I ₂ =2
15	3	5	5	6	8	15	20	0,2	U ₅ =100	-
16	4	15	2	13,3	10	10	3,9	0,1	U ₃ =480	-
17	5	40	86	10	14	50	25	0,4	-	I ₂ =3
18	6	30	20	18	10	15	5	0,2	U ₄ =40	-
19	1	0,9	40	8	4	2,4	6	0,1	-	I ₆ =0.1
20	2	1	2	3	4	6	10	0,05	-	I ₃ =2
21	3	5	5	6	8	15	20	0,2	-	I ₃ =5
22	4	15	2	13,3	10	10	3,9	0,1	U ₅ =240	-
23	5	40	86	10	14	50	25	0,4	-	I ₁ =9
24	6	30	20	18	10	15	5	0,2	-	I ₁ =2
25	1	0,9	40	8	4	2,4	6	0,1	-	I ₅ =1
26	2	1	2	3	4	6	10	0,05	-	I ₆ =6
27	3	5	5	6	8	15	20	0,2	U ₆ =200	-
28	4	15	2	13,3	10	10	3,9	0,1	-	I ₃ =36
29	5	40	86	10	14	50	25	0,4	U ₂ =244	-
30	6	30	20	18	10	15	5	0,2	U ₃ =36	-
31	1	0,9	40	8	4	2,4	6	0,1	-	I ₁ =5
32	2	1	2	3	4	6	10	0,05	U ₃ =12	-

Практическая работа № 2

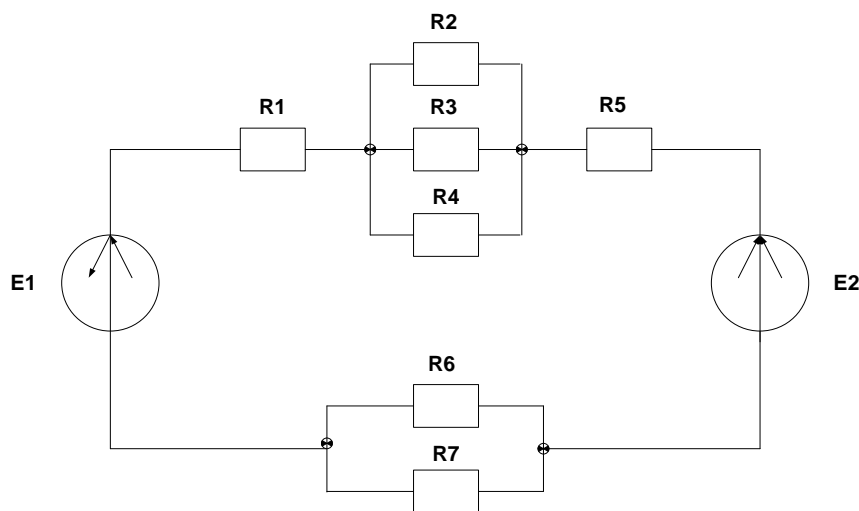
Расчет цепи постоянного тока с применением законов Кирхгофа

Цель: Научиться рассчитывать цепь постоянного тока с применением законов Кирхгофа

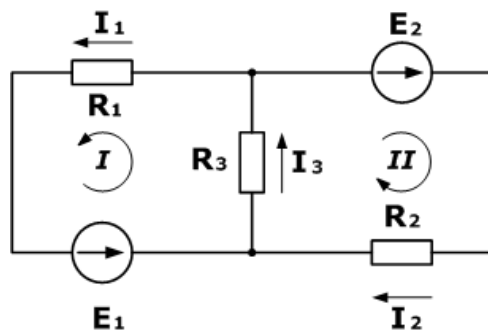
Для цепи постоянного тока содержащего два источника определить ЭДС одного из источников. Данные для своего варианта взять из таблицы 1.

Таблицы 1

№ варианта	R1 Ом	R2 Ом	R3 Ом	R4 Ом	R5 Ом	R6 Ом	R7 Ом	I А	E1 В	E2 В
1	2	4	20	5	7	8	8	1	20	-
2	2	6	2	5	5	10	10	2	-	30
3	8	3	10	5	10	6	6	3	40	-
4	5	10	4	10	15	12	12	1	-	50
5	10	6	7	8	4	8	8	2	20	-
6	10	5	10	2	2	10	10	3	-	30
7	15	2	4	10	7	6	6	1	40	-
8	3	7	5	10	4	12	12	2	-	50
9	10	5	6	7	3	8	8	3	20	-
10	4	10	5	2	8	10	10	2	-	30



Дана схема, и известны сопротивления резисторов и ЭДС источников. Требуется найти токи в ветвях, используя законы Кирхгофа.



Дано

$$R_1 = 100 \text{ Ом}$$

$$R_2 = 150 \text{ Ом}$$

$$R_3 = 150 \text{ Ом}$$

$$E_1 = 75 \text{ В}$$

$$E_2 = 100 \text{ В}$$

$$I_1, I_2, I_3 - ?$$

Используя первый закон Кирхгофа, можно записать $n-1$ уравнений для цепи. В нашем случае количество узлов $n=2$, а значит нужно составить только одно уравнение.

Напомним, что по первому закону, сумма токов сходящихся в узле равна нулю. При этом, условно принято считать входящие токи в узел положительными, а выходящими отрицательными. Значит для нашей задачи

$$I_3 - I_1 - I_2 = 0$$

Затем используя второй закон (сумма падений напряжения в независимом контуре равна сумме ЭДС в нем) составим уравнения для первого и второго контуров цепи. Направления обхода выбраны произвольными, при этом если направление тока через резистор совпадает с направлением обхода, берем со знаком плюс, и наоборот если не совпадает, то со знаком минус. Аналогично с источниками ЭДС.

На примере первого контура – ток I_1 и I_3 совпадают с направлением обхода контура (против часовой стрелки), ЭДС E_1 также совпадает, поэтому берем их со знаком плюс.

Уравнения для первого и второго контуров по второму закону будут:

$$R_1 I_1 + R_3 I_3 = E_1$$

$$R_2 I_2 + R_3 I_3 = E_2$$

Все эти три уравнения образуют систему

$$\begin{cases} R_1 I_1 + R_3 I_3 = E_1 \\ R_2 I_2 + R_3 I_3 = E_2 \\ I_3 - I_1 - I_2 = 0 \end{cases}$$

Подставив известные значения и решив данную линейную систему уравнений, найдем токи в ветвях (способ решения может быть любым).

$$\begin{cases} I_1 = 0,143 \\ I_2 = 0,262 \\ I_3 = 0,405 \end{cases}$$

Проверку правильности решения можно осуществить разными способами, но самым надежным является проверка [балансом мощностей](#).

Практическая работа № 3

Расчет однофазных неразветвленных цепей переменного тока

Цель работы:

1. Научиться определять I , U_R, U_L, U_C, P, Q, S
2. Научиться строить векторную диаграмму напряжений и токов.

Методика решения :

Дано:

$$L_1 = 20 \text{ мГн}$$

$$R_1 = 22 \text{ Ом}$$

$$C_1 = 25 \text{ мкФ}$$

$$U = 200 \text{ В}$$

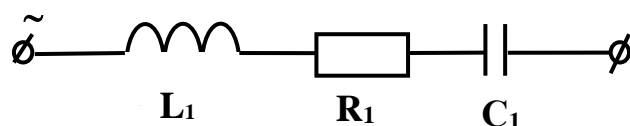
$$f = 50 \text{ Гц}$$

Задание:

1. Начертить схему согласно исходных данных.
2. Найти $I, U_R, U_L, U_C, P, Q, S$
3. Построить векторную диаграмму напряжений.
4. Написать выражение для мгновенного значения i

Решение:

1. Начертим схему согласно исходных данных.



2. Найдем сопротивления всех элементов цепи:

$$X_{L1} = L\omega = 314 \times 20 \times 10^{-3} = 6,28 \text{ Ом}$$

$$\text{где } \omega = 2\pi f = 2 \times 3,14 \times 50 = 314 \text{ рад/с}$$

$$X_{C1} = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{314 \times 25 \times 10^{-6}} = 127,39 \text{ Ом}$$

3. Найдем полное сопротивление всей цепи:

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_C - X_L)^2} = \sqrt{22^2 + (127,39 - 6,28)^2} = 123,09 \text{ Ом}$$

4. Найдем полный ток:

$$I = \frac{U}{Z} = \frac{200}{123,09} = 1,62 \text{ А}$$

5. Найдем активную мощность:

$$P = R \times I^2$$

$$P = 22 \times 1,62^2 = 57,74 \text{ Вт}$$

4. Найдем реактивную мощность:

$$Q_L = X_L \times I^2 = 6,28 \times 1,62^2 = 16,48 \text{ Вар}$$

$$Q_C = X_C \times I^2 = 127,39 \times 1,62^2 = 334,32 \text{ Вар}$$

5. Найдем полную мощность:

$$S = \sqrt{P^2 + (Q_C - Q_L)^2} = \sqrt{57,74^2 + (334,32 - 16,48)^2} = 323,04 \text{ ВА}$$

6. Построим векторную диаграмму напряжений

Для того чтобы построить векторную диаграмму напряжений найдем напряжения на каждом элементе цепи:

$$U_{L1} = X_{L1} \times I = 6,28 \times 1,62 = 10,17 \text{ В}$$

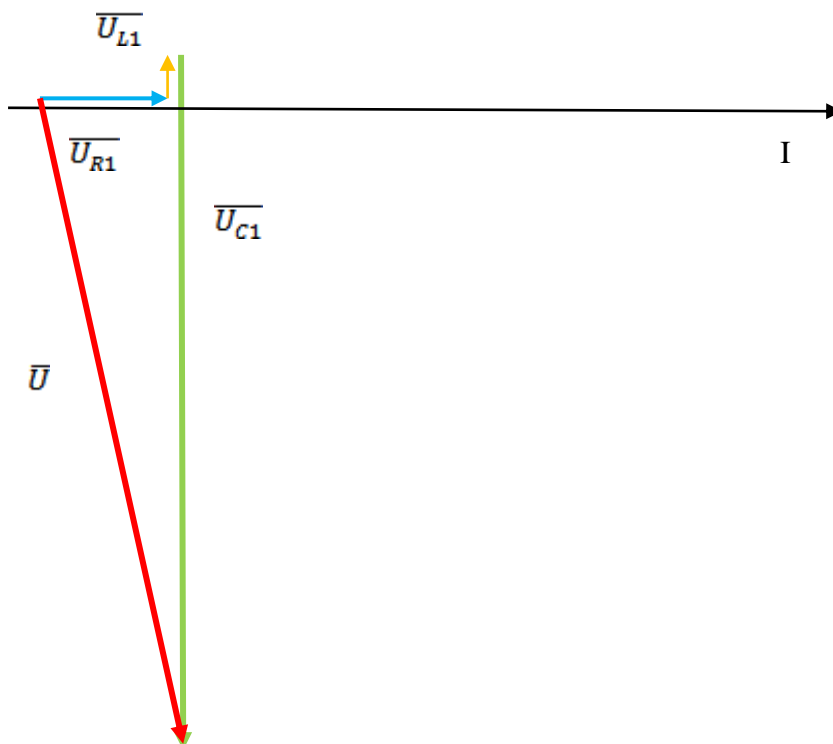
$$U_{R1} = R_1 \times I = 22 \times 1,62 = 35,64 \text{ В}$$

$$U_{C1} = X_{C1} \times I = 127,39 \times 1,62 = 206,37 \text{ В}$$

$$\text{Масштаб } M_U = 10^B / \text{см}$$

$$\bar{U}_{L1} = 1,02 \text{ см}; \bar{U}_{R1} = 3,6 \text{ см};$$

$$\bar{U}_{C1} = 20,6 \text{ см};$$



$$\cos \varphi = \frac{P}{S} = \frac{57,74}{323,04} = 0,18$$

$$\varphi = 80^\circ$$

$$U = 282 \sin(314t - 80^\circ)$$

Рабочее задание:

1. Начертить схему согласно исходных данных.
2. Найти I , U_R , U_L , U_C , P , Q , S
3. Построить векторную диаграмму напряжений.
4. Написать выражение для мгновенного значения u

№варианта	L, м Гн	C, мкФ	R, Ом	f, Гц	U, В
-----------	------------	-----------	----------	----------	---------

Таблица 1 – Варианты индивидуальных заданий

1.	15	15	20	50	220
2.	10	22	20	40	200
3.	24	18	10	60	180
4.	12	17	22	50	150
5.	14	20	25	40	220
6.	24	22	18	60	200
7.	30	25	20	50	220
8.	24	20	18	40	150
9.	22	24	32	60	180
10.	25	25	22	50	170
11.	35	20	18	40	240
12.	24	40	24	70	200
13.	17	18	20	40	250
14.	24	22	20	50	240
15.	33	20	18	60	220
16.	25	41	20	70	200
17.	22	18	21	40	180
18.	55	24	25	50	190
19.	24	11	24	70	170
20.	25	22	18	60	200
21.	22	20	25	40	250
22.	20	22	24	50	240
23.	20	18	25	60	230
24.	50	25	37	70	220
25.	22	38	25	40	210
26.	39	24	20	50	200
27.	25	40	22	60	190
28.	24	18	41	70	180
29.	42	22	18	40	220
30.	18	43	20	50	200

Практическая работа № 4

ЭЛЕКТРОИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

1. Цель работы

Изучение электроизмерительных приборов, используемых в лабораторных работах. Получение представлений о пределе измерения и цене деления, абсолютной и относительной погрешности, условиях эксплуатации и других характеристиках стрелочных электроизмерительных приборов, получение навыков работы с цифровыми измерительными приборами.

2. Порядок выполнения работы

2.1. Изучение паспортных характеристик стрелочных электроизмерительных приборов.

Для этого внимательно рассмотреть лицевые панели стрелочных амперметров, обратить внимание на построение измерительной шкалы, условные знаки и заполнить табл. 1.1.

Таблица 1.1

№ п/п	наименование	характеристики
1	Характеристика стрелочного электроизмерительного прибора	
2	Наименование прибора Амперметр ,Вольтметр	
3	Тип прибора	
4	Система измерительного механизма	
5	Предел измерения (номинальное значение)	
6	Цена деления	
7	Минимальное значение измеряемой величины	
8	Класс точности	
9	Допустимая максимальная абсолютная погрешность	
10	Род тока	
11	Нормальное положение шкалы	

3. Методические указания

3.1. Методические указания к п. 2.1

Контроль работы электрооборудования осуществляется с помощью разнообразных электроизмерительных приборов. Наиболее распространенными электроизмерительными приборами являются приборы непосредственного отсчета. По виду отсчетного устройства различают аналоговые (стрелочные) и цифровые измерительные приборы.

На лицевой стороне стрелочных приборов изображены условные обозначения, определяющие классификационную группу прибора. Они позволяют правильно выбрать приборы и дают некоторые указания по их эксплуатации.

В цепях постоянного тока для измерений токов и напряжений применяются в основном приборы магнитоэлектрической системы. Принцип действия таких приборов основан на взаимодействии магнитного поля постоянного магнита и измеряемого тока, протекающего по катушке. Угол поворота стрелки α прямо пропорционален измеряемому току I : $\alpha = KI$. Шкалы магнитоэлектрических приборов равномерные.

В измерительных механизмах электромагнитной системы, применяемых для измерений в цепях переменного и постоянного тока, вращающий момент обусловлен действием магнитного поля измеряемого тока в неподвижной катушке прибора на подвижный ферромагнитный якорь. Угол поворота стрелки α здесь пропорционален квадрату тока: $\alpha = KI^2$. Поэтому шкала электромагнитных приборов обычно неравномерная, что является недостатком этих приборов. Начальная часть шкалы не используется для измерений. Для практического использования измерительного прибора необходимо знать его предел измерений (номинальное значение) и цену деления (постоянную) прибора. Предел измерений – это наибольшее значение электрической величины, которое может быть измерено данным прибором. Это значение обычно указано на лицевой стороне прибора в конце шкалы. Приборы с одним пределом измерения имеют на лицевой панели знак, обозначающий назначение прибора (A, V, mA, μ A, mV, μ V). Один и тот же прибор может иметь несколько пределов измерений.

Ценой деления прибора называется значение измеряемой величины, соответствующее одному делению шкалы прибора. Цена деления прибора легкоопределяется как отношение предела измерений к числу делений шкалы N:

Наименование измеряемой величины (ампер, вольт, ватт, ом, герц, коэффициент мощности, фарада, генри)

Магнитоэлектрический измерительный механизм

Электромагнитный измерительный механизм

Магнитоэлектрический измерительный механизм с выпрямителем

0,05; 0,1; 0,2; 0,5;

1,5; 2,5; 4,0

Класс точности прибора

60

Рабочее положение шкалы прибора:

горизонтальное; вертикальное; под углом, например 60°

Прибор предназначен для работы в цепи постоянного тока; переменного тока; постоянного и переменного; в трехфазной цепи переменного тока

A (или отсутствие буквы) – прибор для сухих отапливаемых помещений с температурой от +10 °C до +35 °C и влажности до 80 % при 30 °C;

Б – прибор для закрытых не отапливаемых помещений с температурой от –30 °C до +40 °C и влажности до 90 % при 30 °C;

В – приборы для полевых и морских условий:

B1 – при температуре от $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$ и B2 – при температуре от $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$ и влажности до 95 % при $35\text{ }^{\circ}\text{C}$;

B3 – при температуре от $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$ и влажности до 98 % при $40\text{ }^{\circ}\text{C}$.

нием, например, 2 кВ

30–200 Hz Рабочий частотный диапазон прибора

На лицевой стороне стрелочных прибора указывается класс точности, который определяет приведенную относительную погрешность прибора $\gamma_{\text{ПР}}$. Приведенная относительная погрешность прибора – это выраженное в процентах отношение максимальной для данного прибора абсолютной погрешности ΔA к номинальному значению прибора (пределу измерений) АНОМ:

$\gamma_{\text{ПР}} = 100 \Delta A / \text{АНОМ} \%$.

Промышленность в соответствии с ГОСТ выпускает приборы с различными 12 классами точности (0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1,5; 2,5; 4,0).

4. Контрольные вопросы

1. Какова конструкция и принцип действия приборов магнитоэлектрической и электромагнитной систем?
2. Каковы основные достоинства и недостатки приборов магнитоэлектрической и электромагнитной систем?
3. Что такое предел измерения?
4. Как определяется цена деления прибора?
5. Что такое абсолютная и относительная погрешности измерения? стрелочного прибора?
7. Как рассчитать относительную погрешность измерения стрелочного прибора в любой точке шкалы прибора?
8. В какой части шкалы прибора измерения точнее и почему?
9. Что характеризует класс точности прибора?
10. Каковы основные достоинства цифровых измерительных приборов?
11. Как определяется погрешность измерений цифрового прибора?

5. Выводы по работе.

Практическая работа № 5 Эксплуатация силовых трансформаторов

1. Цель работы

1.1 Ознакомиться с устройством трансформатора.

1.2 Овладеть методикой определения числа витков обмоток трансформатора.

1.3 Исследовать работу трансформатора в режимах холостого хода и короткого замыкания.

1.4 Овладеть методикой определения параметров элементов схемы замещения трансформатора, коэффициента полезного действия и методикой построения его внешней характеристики по экспериментальным данным.

2. Краткие теоретические сведения

2.1. Трансформатор – статическое электромагнитное устройство, находящее широкое применение в системах электроснабжения. Трансформаторы делятся:

по количеству обмоток: на двух – и многообмоточные;

по числу фаз: на одно- и трехфазные;

по характеру нагрузки: на силовые, осветительные и специальные (автотрансформаторы, сварочные, измерительные и др.)

по способу охлаждения: сухие и масляные, с естественным и принудительным охлаждением.

Трансформаторы имеют условные буквенные и цифровые обозначения, основные из которых следующие:

первая буква указывает на число фаз: О – однофазный, Т – трехфазный;

вторая буква указывает на способ охлаждения: С – сухой, М – масляный;

последующие буквы обозначают: С – трансформаторы, предназначенные для работы в цепях сигнализации и управления; З или В – исполнение корпуса: З – брызгозащищенный, В – водозащищенный; М – морской; П – переносной;

последующие цифры указывают мощность трансформатора в киловольтамперах; цифры 0,4 указывают на частоту тока 400 Гц (трансформаторы частотой тока 50 Гц условного цифрового обозначения не имеют).

2.2. Для каждого трансформатора указываются его основные технические данные, к которым относятся:

номинальная полная мощность $S_{ном}$, кВА;

номинальное линейное напряжение первичной обмотки $U_{1ном}$ и линейное напряжение холостого хода вторичной обмотки U^{20} В, кВ;

номинальные токи обмоток $I_{1ном}$ и $I_{2ном}$, А;

напряжение короткого замыкания в процентах от номинального $u^к$, %;

мощность потерь в опытах холостого хода и короткого замыкания P^0 и $P^к$, Вт, кВт;

ток первичной обмотки при холостом ходе трансформатора в процентах от номинального тока I^0 , %;

габариты и масса трансформатора.

2.3. Часто при работе с трансформаторами сравнительно небольшой мощности возникает задача определения числа витков обмоток без перемотки трансформатора. Для ее решения на трансформатор наматывают дополнительную обмотку с известным числом

витков w_1 . Первичную обмотку трансформатора подключают к источнику и при номинальном напряжении $U_{1ном}$ измеряют в режиме холостого хода напряжения на вторичной и дополнительной обмотках: U_{20} и $U_{Д0}$.

Число витков первичной обмотки определяется из соотношения:

$$w_1 = w_0 \frac{U_{1ном}}{U_{\partial 0}}, \quad (1.1)$$

а число витков вторичной обмотки:

$$w_2 = \frac{W_1}{n}, \quad (1.2)$$

где $n = \frac{U_{1ном}}{U_{20}}$ – коэффициент трансформации трансформатора.

2.4. Трансформатор является источником электрической энергии для потребителей, подключенных к его вторичной обмотке, поэтому одной из его важнейших характеристик является внешняя вольтамперная характеристика, представляющая собой зависимость напряжения на вторичной обмотке U_2 от тока I_2 при $U_1 = \text{const}$ и $\cos \varphi_2 = \text{const}$. Об изменении вторичного напряжения трансформатора судят по его процентному изменению:

$$\Delta u_2 = \frac{U_{20} - U_2}{U_{20}} \cdot 100\% \quad (1.3)$$

где U_{20} – напряжение на вторичной обмотке трансформатора в режиме холостого хода;

U_2 – напряжение на вторичной обмотке при работе трансформатора под нагрузкой, характеризуемой током I_2 и коэффициентом мощности $\cos \varphi_2$

Практически вычислять процентное изменение вторичного напряжения по формуле (1.3) неудобно, так как напряжение U_{20} и U_2 мало отличаются друг от друга (у силовых трансформаторов в номинальном режиме 5 – 10%) и при вычислении значения Δu_2 по экспериментальным данным получаются значительные погрешности.

Поэтому рекомендуется пользоваться формулой:

$$\Delta u_2 = \beta \cdot (\text{ика} \cos \varphi_2 + \text{икр} \sin \varphi_2) \quad (1.4)$$

$$\beta = \frac{I_2}{I_{2ном}}$$

где $I_{2ном}$ – коэффициент загрузки трансформатора;

ика и икр – активная и реактивная составляющие напряжения короткого замыкания в процентах;

φ_2 – угол сдвига фазы напряжения на вторичной обмотке U_2 по отношению к фазе тока I_2 , зависящий от характера нагрузки.

Активная и реактивная составляющие напряжения короткого замыкания могут быть определены по формулам:

$$\text{ика} = \frac{R_k \cdot I_{1ном}}{U_{1ном}} \cdot 100\% = \frac{P_k}{S_{ном}} \cdot 100\% \quad (1.5)$$

$$\text{икр} = \frac{X_k \cdot I_{1ном}}{U_{1ном}} \cdot 100\% = \sqrt{u_k^2 - \text{ика}^2} \quad (1.6)$$

где R_k, X_k – сопротивление элементов схемы замещения трансформатора, работающего в режиме короткого замыкания.

На рис. 1.1 приведены графики зависимости $\Delta u_2(\beta)$ для активной ($\cos \varphi_2 = 1$), активно-индуктивной $\{\cos \varphi_2 = 0.8, (\varphi_2 > 0)\}$, активно-емкостной $\{\cos \varphi_2 = 0.8, (\varphi_2 < 0)\}$ нагрузок трансформатора.

В соответствии с рис.1.1, внешние характеристики трансформатора, работающего с различной по характеру нагрузкой, будут иметь вид, представленный на рис. 1.2.

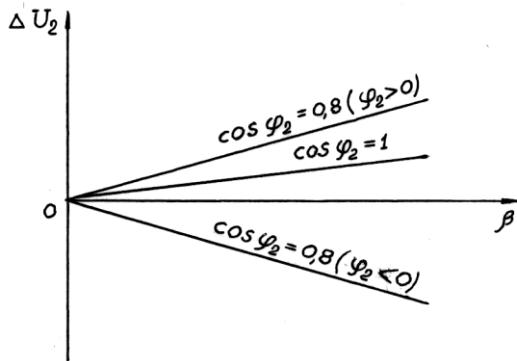


Рис 1.1

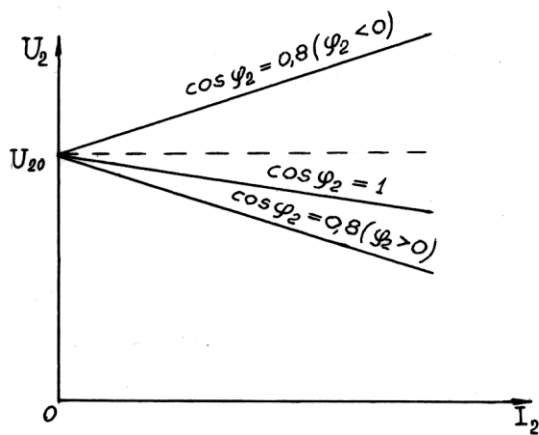


Рис 1.2

Практическая работа № 6

Расчет двигателей постоянного тока параллельного возбуждения.

Цель: Приобрести навыки расчета двигателей постоянного тока параллельного возбуждения.

Студент должен *знать*:

- устройство, режимы работы и особенности двигателей постоянного тока параллельного возбуждения;
- технические параметры двигателей постоянного тока параллельного возбуждения.

уметь:

- решать задачи по расчету основных параметров генератора постоянного тока параллельного возбуждения.

Теоретическое обоснование

Машина постоянного тока с независимым или параллельным возбуждением, подключенная к сети с постоянным напряжением, может работать как в генераторном, так и в двигательном режиме и переходить из одного режима работы в другой.

Различают три типа двигателей постоянного тока:

- с параллельным возбуждением;
- с последовательным возбуждением;
- со смешанным возбуждением.

В отличие от генераторов, в которых ток якоря образуется за счет остаточного магнитного потока, вызывающего появление остаточной ЭДС, в двигателях ток якоря создается внешним источником и направлен он против ЭДС.

Для двигателя параллельного возбуждения, схема которого приведена на рисунке 9.1, справедливы соотношения:

$$U_n = E_n = r_{\text{я}} I_{\text{я}}, \quad (9.1)$$

где E_n - противо-ЭДС, индуктируемая в обмотке якоря при номинальной скорости вращения.

$$I_n = I_{\text{я}} + I_{\text{в}}, \quad (9.2)$$

Номинальный ток якоря определяется выражением:

$$I_{\text{я}} = (U_n - E_n) / r_{\text{я}} \quad (9.3)$$

В момент пуска $n = 0$, следовательно и $E = 0$, поэтому пусковой ток якоря будет чрезмерно большим. Для его ограничения последовательно с якорем включают пусковой реостат $r_{\text{пуск}}$, тогда

$$I_{\text{я пуск}} = U_n / (r_{\text{я}} + r_{\text{пуск}}) \quad (9.4)$$

Мощность, потребляемая двигателем из сети

$$P_1 = I_n U_n, \quad (9.5)$$

где I_n - номинальный ток двигателя,

U_n - номинальное напряжение сети.

Вращающий электромагнитный момент двигателя при номинальном режиме

$$M_{\text{ном}} = 9,55 \frac{P_{\text{ном}}}{n_{\text{ном}}}, \quad (9.6)$$

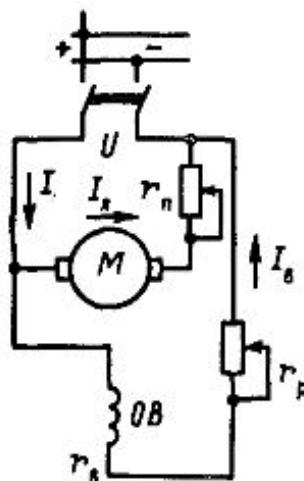


Рисунок 9.1 – Схема двигателя постоянного тока параллельного возбуждения

Ход работы

- 1) Изобразите схему двигателя постоянного тока параллельного возбуждения и запишите данные для своего варианта. При изображении схемы соблюдайте правила начертания схем и элементов.
- 2) Рассчитайте величины в соответствии с заданием.
- 3) Для расчета следует пользоваться теоретическими сведениями. Расчет параметров сопровождайте пояснениями.
- 4) Используйте свойства последовательного и параллельного соединений элементов электрической цепи, законы Ома и Кирхгофа.
- 5) Подготовьте ответы на контрольные вопросы.
- 6) Оформите отчет по практической работе.

Задача 1

Электродвигатель постоянного тока с параллельным возбуждением, работая в номинальном режиме, отдает полезную мощность на валу $P_{ном2}$, развивая при этом номинальный момент $M_{ном}$ при частоте вращения $n_{ном}$. Двигатель потребляет из сети номинальный ток $I_{ном}$ при напряжении $U_{ном}$. Ток в обмотке якоря I_a , в обмотке возбуждения I_b . Потребляемая из сети мощность равна P_1 . Суммарные потери мощности в двигателе составляют ΣP , коэффициент полезного действия $\eta_{дв}$. Схема двигателя приведена на рисунке 9.1. Используя данные, приведенные в таблице 9.1, определить все величины, отмеченные прочерками в таблице вариантов.

Таблица 9.1 – Исходные данные к задаче

Величина	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$P_{ном2}$, кВт	22	-	11	30	12	-	-	-	30	3,6
$M_{ном}$ Нм	-	28,56	-	191	-	213	200	78,4	-	-
$n_{ном}$, об/мин	985	-	1340	-	750	-	1433	-	1433	1200
$I_{ном}$, А	113,6	-	-	79,5	-	-	159	56,8	-	18,8
$U_{ном}$, В	-	220	220	-	220	220	-	-	220	-
I_a , А	-	18	-	-	-	108	-	55,7	150	-
I_b , А	5,6	-	1,1	2,5	1,5	-	9,0	-	-	0,8
P_1 , кВт	25,0	4,14	12,5	35,0	-	-	34,9	-	-	-
ΣP , кВт	-	-	--	-	-	3,0	-	1,5	4,9	0,54
$\eta_{дв}$	-	0,87	-	-	0,8	0,88	-	0,88	-	-

Контрольные вопросы

- 1) Перечислите способы возбуждения двигателей постоянного тока.
- 2) Что относится к пусковым свойствам двигателя постоянного тока? Как их улучшают?
- 3) От чего зависит скорость вращения двигателя постоянного тока?
- 4) Как определить величину вращающего момента электродвигателя?
- 5) Что определяют понятия «кратность пускового тока», «кратность пускового момента»? Как рассчитываются эти величины?
- 6) Как определить мощность потерь двигателя постоянного тока?
- 7) Как рассчитывается КПД двигателя постоянного тока?
- 8) Изобразите энергетическую диаграмму двигателя постоянного тока.

Содержание отчета

- 1) Номер, тема и цель работы.
- 2) Данные своего варианта
- 3) Схема двигателя постоянного тока параллельного возбуждения.
- 4) Решение задачи с пояснениями.
- 5) Ответы к решению задачи.
- 6) Ответы на контрольные вопросы.

Практическая работа № 7

Протокол испытаний Асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором

Исследование работы двигателя постоянного тока с параллельным возбуждением.
Построение механических и электромеханических характеристик

Цель: практически ознакомиться с устройством и работой генератора постоянного тока, научиться снимать его основные характеристики.

Продолжительность: 1 час 30 минут

I. Материальное и документальное обеспечение

1.1. Задание.

1.2. Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ

Приборы и оборудование:

1. Двигатель постоянного тока;
2. Ленточный тормоз;
3. Амперметр постоянного тока **10 А**;
4. Амперметр постоянного тока **2,5 А**;
5. Вольтметр постоянного тока **50 В**;
6. Реостат ползунковый пусковой;
7. Реостат возбуждения;
8. Тахометр центробежный.

II. Общие теоретические сведения

Двигателем постоянного тока с параллельным возбуждением называется двигатель, у которого обмотка возбуждения ОВ включена параллельно обмотке якоря Я.

Двигатель имеет следующие технические данные:

$U_H=24 В$, $I_H=10А$, P_H , $n_H=1350 об/мин$.

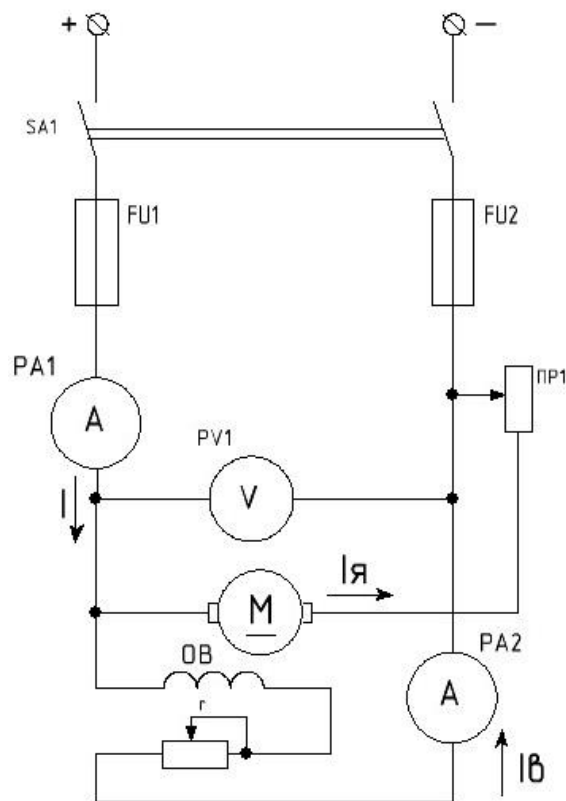
При пуске двигателя для ограничения тока в цепь якоря вводится пусковой реостат **ПР**, реостат возбуждения **r** – выводится, затем включается ток. По мере разгона двигателя пусковой реостат постепенно выводится. С помощью реостат **r** устанавливается нужный ток возбуждения. **I_B** . Для снятия скоростной и рабочей характеристик двигатель сначала включается вхолостую при номинальном напряжении **U_H** . Затем двигатель постепенно нагружается с помощью ленточного тормоза. Скоростная характеристика двигателя представляет собой зависимость частоты вращения якоря **n** от тока якоря **I_A** при неизменных **U** и **I_B** , т.е. **$n=f(I_A)$** при **$U=const$** и **$I_B=const$** , причем **$I_A=I-I_B$** .

Частота вращения якоря **n** определяется с помощью тахометра.

Рабочие характеристики двигателя представляют собой зависимости частоты вращения якоря **n** , вращающего момента на валу **M** , потребляемого тока **I** и К.П.Д. **η** от полезной мощности **P_2** , т.е.

$n, M, I, \eta = f(P_2)$ при **$U=const$** и **$I=const$** .

Схема соединения:



Вращающий момент определяется по формуле:

$$M = F \cdot l,$$

где F – сила приложенная к шкиву на валу двигателя, определяется по разности показаний динамометров;

l – плечо этой силы.

$l = d/2 = 3 \text{ см} = 3 \cdot 10^{-2} \text{ м}$, d – диаметр шкива.

Потребляемая мощность определяется по формуле:

$$P_1 = U \cdot I$$

Полезная мощность P_2 определяется из уравнения

$M = 9,55 \cdot P_2 / n$ по формуле

$P_2 = M \cdot n / 9,55$

Коэффициент полезного двигателя определяется по формуле:

$$\eta = (P_2 / P_1) \cdot 100\%$$

Характеристика $n = f(I_B)$ при $I_{я} = I_{я0}$ снимается в режиме холостого хода, где ток якоря без нагрузки на валу двигателя.

Рабочие характеристики двигателя имеют вид:

6. Снять характеристику $n=f(I_A)$ при номинальном напряжении $U_H=const$ и холостом ходе двигателя, т.е. $I_A=I_{A0}$. Для этого уменьшить ток возбуждения I_B от 1,8 до 1,6 А через 0,05 А.
7. Измерить в каждом опыте I_B, I, n . Вычислить $I_A=I_{A0}$.
8. Полученные данные занести в таблицу.
9. По полученным данным построить характеристики:
 - а) $n=f(I_A)$ при $U=const$ и $I_B=const$;
 - б) $n=f(I_B)$ при $U=const$ и $I_A=I_{A0}$;
 - в) $n, M, I, \eta = f(P_2)$ при $U=const$ и $I_B=const$.

Приборная таблица

<i>№ изм.</i>	<i>Наименование</i>	<i>Тип</i>	<i>Номинальные значения или пределы измерений</i>	<i>Цена деления</i>	<i>Класс точности</i>	<i>Заводской или инвентарный номер</i>

IV. Вопросы для самопроверки

- 4.1. Что такое двигатель?
- 4.2. Устройство и особенности конструкции двигателей постоянного тока.
- 4.3. Принцип работы двигателя постоянного тока.

V. Домашнее задание

- 5.1. Оформить работу в соответствии с методическими рекомендациями
- 5.2. Условно-графические обозначения изображать в соответствии с ГОСТ
- 5.3. Изучить рекомендованную литературу
- 5.4. Подготовить лабораторную работу к защите

VI. Отчет должен содержать:

1. Название и номер работы;
2. Цель работы;
3. Перечень материального обеспечения;
4. Электрическую схему соединения;
5. Расчетные формулы и вычисления;
6. Таблицу с результатами измерения и вычислений;
7. Механические и электромеханические характеристики двигателя с параллельным возбуждением;
8. Выводы и заключения о жесткости механических характеристик

Практическая работа № 8

Протокол испытания Изучение электронной измерительной аппаратуры

Выбор электроизмерительного прибора

Цель работы: изучение основных правил выбора электроизмерительных приборов; ознакомление с условными обозначениями, наносимыми на шкалу измерительных приборов; получение практических навыков выбора измерительных приборов.

Общие сведения

Как известно, для электроизмерительных приборов стандартом установлено девять классов точности:

0,02; 0,05; 0,1; 0,2 - образцовые приборы, применяемые в основном для поверки и градуировки рабочих приборов;

0,5; 1,0 - лабораторные приборы массового применения;

1,5; 2,5; 4,0 - технические приборы.

Приборы более низкой точности служат для оценочных измерений и называются обычно указателями или индикаторами. Приборы специального назначения, например, радиоизмерительные, могут иметь класс точности, отличающийся от перечисленных значений.

Для электроизмерительных приборов класс точности, как правило, указывается в виде числа, равного основной приведенной погрешности, т. е. максимальной абсолютной погрешности, выраженной в процентах от максимального значения измеряемой величины при работе в нормальных условиях. Это число наносится на шкалу прибора.

Комбинированный измерительный прибор может иметь различные классы точности для разных измеряемых значений и родов тока. Многопредельный прибор для измерения одного и того же значения может иметь различные классы точности для различных пределов измерений (различных конечных значений шкалы).

Способность прибора реагировать на изменение измеряемого значения характеризует его чувствительность и оценивается отношением изменения $\Delta\alpha$ положения указателя относительно шкалы к изменению ΔX измеряемого значения, вызвавшему это перемещение, т. е. $SX = \Delta\alpha / \Delta X$, где SX - чувствительность прибора в данной точке шкалы. Чувствительность электроизмерительного прибора имеет размерность, зависящую от характера измеряемого значения. Например, чувствительность прибора к току можно выразить размерностью дел/А или град/А, а чувствительность к напряжению - размерностью дел/В или град/В.

Если шкала прибора равномерная, то во всех точках шкалы одинаковым изменениям измеряемого значения соответствуют одинаковые угловые или линейные перемещения указателя, т. е. чувствительность прибора постоянна.

Цена деления шкалы (постоянная прибора) аналоговых приборов, градуированных просто в миллиметрах, есть значение, обратное чувствительности:

$$C = 1 / SX.$$

Числовое значение измеряемого значения равно произведению числа делений, прочитанных по шкале, на цену деления шкалы.

Пример. Определим чувствительность по напряжению и цену деления шкалы комбинированного электроизмерительного прибора М491. Этот прибор является вольтметром магнитоэлектрической системы и имеет четыре предела измерения по напряжению: 3, 30, 300 и 600 В. Шкала прибора равномерная и имеет 30 делений:

Для предела 3 В $S = 30/3 = 10$ дел/В; $C = 3/30 = 0,1$ В /дел;

для 30 В $S = 30/30 = 1$ дел/В, $C = 1$ В/дел;

для 300 В $S = 30/300 = 0,1$ дел/В, $C = 300/30 = 10$ В/дел;

для 600 В $S = 30/600 = 0,05$ дел/В; $C = 600/30 = 20$ В/дел.

Если при измерении напряжения этим прибором его стрелка отклонилась на 5 делений, то это составит $0,1 \cdot 5 = 0,5$ В на пределе 3 В и $20 \cdot 5 = 100$ В на пределе 600 В.

Степень влияния прибора на режим электрической цепи, в которую он включается, определяется значением его внутреннего сопротивления R_{BT} (сопротивление рамки и пружин), указываемого в справочных данных прибора. Часто для измерителей тока указывается падение напряжения на приборе УП, а для вольтметров - ток полного отклонения ППО. Кроме того, всегда известно конечное значение шкалы прибора ИК или УК, В таких случаях R_{BT} вычисляется следующим образом:

а) для измерителя тока

$$R_{BT} = УП / ИК ;$$

б) для вольтметра

$$R_{BT} = УК / ППО.$$

На практике обычно говорят о входном сопротивлении измерительного прибора - R_{BX} . Для вольтметра $R_{BX} = R_{BT} + R_{Д}$, где $R_{Д}$ - сопротивление добавочного резистора, включаемого последовательно с прибором для расширения предела его измерения.

Электроизмерительные приборы также классифицируются по степени защищенности от внешнего магнитного поля, температур- и влагоустойчивости, а также по устойчивости к механическим воздействиям и степени герметичности корпуса.

Выбор электроизмерительного прибора

Выбирая прибор для измерения, необходимо убедиться, что его основные показатели соответствуют всем техническим требованиям, предъявленным к нему условиями измерения и эксплуатации. К таким требованиям относятся, например, род тока, значение измеряемой величины (предел измерений), форма кривой, частота тока, условия окружающей среды, механические воздействия и др.

Особо следует остановиться на выборе прибора по классу точности, а именно:

а) не следует задаваться целью получить погрешность измерений во много раз меньшую допускаемой; например, если допускается относительная погрешность 5 или 10 %, то не следует для измерения выбирать вольтметр, обеспечивающий измерение с погрешностью не более 0,1 %;

б) необходимо помнить, что класс точности прибора характеризует его свойства в отношении точности, но не является непосредственным показателем точности измерений, выполняемых с помощью этого прибора, так как могут быть и другие причины, влияющие на общую погрешность измерений;

в) необходимо помнить, что с меньшей относительной погрешностью измеряется значение, которое отсчитывается при положении стрелки прибора ближе к пределу шкалы (для цифровых приборов - при получении измеряемых значений, приближенных к пределу показаний либо измерений), так как относительная погрешность измерения уменьшается с увеличением значения измеряемой величины. Например, для вольтметра со шкалой 0-100 В класса точности 1,5 предельная абсолютная погрешность равна 1,5 В, а относительные погрешности при измерении 25 и 75 В соответственно равны:

$$\delta_{25} = \pm \Delta АП / А \cdot 100 = \pm 1,5 / 25 \cdot 100 = \pm 6\%;$$

$$\delta_{75} = \pm \Delta АП / А \cdot 100 = \pm 1,5 / 75 \cdot 100 = \pm 2\%.$$

Следовательно, для уменьшения относительной погрешности измерения нужно выбирать измерительный прибор с таким верхним пределом, чтобы при измерении положение стрелки прибора находилось в последней трети (или половине) его шкалы (для цифровых приборов - выбирать такой поддиапазон измерений, при котором измеряемые значения были бы по возможности максимально приближены к пределу показаний либо измерений).

Условные графические обозначения

В соответствии со стандартом каждый измерительный прибор имеет следующие обозначения (на лицевой стороне, на корпусе и у зажимов):
обозначение единицы измеряемого значения (для приборов с именованной шкалой) и класса прибора;

указание номера стандарта, установленного на данную группу приборов;

условные обозначения - рода тока, системы прибора и степени защищенности от магнитных и электрических влияний, рабочего положения прибора (если это положение имеет значение), испытательного напряжения изоляции измерительной цепи по отношению к корпусу и др. [2-4]

В качестве примера на рисунке 4.1 приведена шкала микроамперметра типа М94.

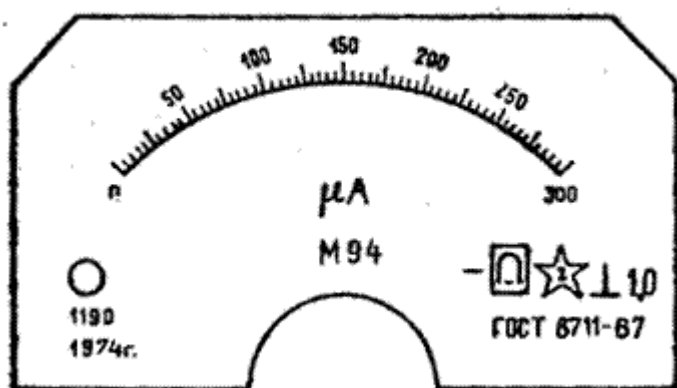


Рисунок 4.1 - Лицевая панель прибора М94

Из обозначений, нанесенных на шкалу, видно, что:

прибор предназначен для измерения на постоянном токе (знак «-»);

прибор магнитоэлектрической системы (знак системы - подковообразный магнит);

снабжен защитой от внешних магнитных полей по первой категории (прямоугольный контур вокруг знака системы);

измерительная цепь прибора изолирована от его корпуса и испытана напряжением 2 кВ ;

рабочее положение прибора вертикальное \perp ;

класс точности - 1,0;

заводской номер прибора - 1190; выпущен в 1974 г.

Кроме того, на шкале могут быть нанесены сведения о наличии защитной изоляции, необходимости ориентации прибора относительно вектора внешнего магнитного поля, наличии в составе прибора принадлежностей, наличии магнитного либо электростатического экранирования, указания по монтажу и др.

Контрольные вопросы

Какие классы точности и для каких измерительных приборов установлены стандартом?

Что представляет собой чувствительность измерительного прибора? Как определяется постоянная прибора?

Каких положений следует придерживаться при выборе электроизмерительных приборов?

Какие графические обозначения могут быть нанесены на шкале электроизмерительного прибора? Что они означают?

Практическое задание

Подготовить ответы на контрольные вопросы по практической работе.

По заданным преподавателем условиям провести выбор электроизмерительного прибора.

Практическая работа № 9
Расчет системы электронного зажигания.
Устройство приборов электрооборудования.

Цель занятия: Практически изучить (с разборкой и сборкой) устройство и работу приборов батарейной системы зажигания.

Оборудование: Прерыватель-распределитель Р-48 - 1шт; катушки зажигания Б-115 - 1шт; выключатель зажигания с ключом; стенд с двигателем ЗИЛ-130; провода низкого и высокого напряжения; свечи зажигания - 8шт; ключи гаечные 6x8; 10x12; 12x14 мм - 3шт; отвертка 250 мм – 1шт; пассатижи – 1шт; свечной ключ -21 мм – 1шт.

На лабораторно-практических занятиях студенты закрепляют знания, полученные на теоретических занятиях, а также приобретают навыки и умения самостоятельно производить разборочно-сборочные и регулировочные работы. Обучение производится на рабочем месте, оборудованном согласно технологической карты, необходимым инструментом, приборами и материалами. Учебное звено в составе 3-4 человек, состав звена не должен меняться до конца занятия. Рабочее место обуздывается плакатами и инструкционной картой по данной теме. В карте излагается в определенной последовательности весь объем работ, который должен выполнить каждый учащийся на рабочем месте.

Контроль знаний студентов после выполнения ими задания (т.е. всех работ, указанных в инструкционной карте) проводится тестовый контроль знаний. Тесты в виде билетов в котором 5 вопросов, ответы даются в трех вариантах, из которых один наиболее исчерпывающий или правильный. Критерий оценки следующий: 5 правильных ответов – “отлично”, 4 – “хорошо”, 3 – “удовлетворительно”, менее 3 ответов – “неудовлетворительно”.

Теоретическое обоснование.

Система зажигания горючей смеси карбюраторного двигателя оказывает существенное влияние на работу двигателя, его пуск, мощность, расход топлива и ядовитость отработавших газов. Одна неработающая свеча снижает мощность двигателя на 20% и повышает расход бензина на 20-25%. Запаздывание момента воспламенения смеси на 6° по углу поворота коленвала снижает эффективную мощность двигателя на 10%.

Неисправности в системе зажигания возникают как в результате естественного износа деталей, так и в результате плохого технического обслуживания элементов системы зажигания.

Последовательность выполнения задания.

Ознакомиться с инструкционной картой.

Проверить оборудование рабочего места, наличие приборов и элементов системы зажигания, необходимого инструмента.

Определить последовательность проведения работ.

Разобрать прерыватель-распределитель, изучить его детали, выяснить их взаимосвязь, выяснить дефекты (выгорание контактов, терщины, ослабление пружины и т.п.).

Собрать прерыватель. Сборку производить в порядке обратной разборке.

Отрегулировать зазор между контактами.

Изучить катушку зажигания.

Изучить свечу зажигания, прочитать на свече надписи и уяснить их значение.

Замерить искровой зазор между электродами свечи (0.8-0.9).

Выяснить дефекты свечи

Изучить выключатель зажигания.

Ответить на вопросы программированного задания.

Убрать рабочее место, сдать оборудование и инструмент преподавателю.

Тест №1

№	Вопросы	Ответы
1	В каком ответе правильно сформулировано назначение системы зажигания?	1. Служит для преобразования тока низкого напряжения в ток высокого давления. 2. Служит для распределения тока высокого напряжения по цилиндрам. 3. Служит для воспламенения рабочей смеси в цилиндрах двигателя.
2	Из каких приборов состоит батарейная система зажигания?	1. Прерыватель –распределитель, катушка зажигания, свечи. 2. Прерыватель –распределитель, свечи, выключатель зажигания. 3. Прерыватель –распределитель, свечи, катушка зажигания, выключатель зажигания.
3	Из каких конструктивных элементов, приборов состоит прерыватель-распределитель?	1.Прерыватель –распределитель. 2.Центробежный регулятор, вакуумный регулятор, октан-корректор. 3.Из приборов, перечисленных в ответах 1 и 2.

Практическая работа № 10
Изучение режимов работы и параметров бесконтактной
транзисторной системы зажигания

Цель: - во время выполнения разборочно – сборочных работ подробнее ознакомиться с разновидностями систем зажигания;

- во время выполнения разборочно – сборочных работ подробнее ознакомиться с устройством прерывателя – распределителя;
- научиться практически, по имеющимся на свечах зажигания маркировкам, проводить их подбор к двигателям.

Оборудование: приборы контактной, контактно – транзисторной и бесконтактной систем зажигания, отвертки,

Теоретический материал: устройство системы зажигания

Ход работы:

1. Ознакомиться с устройством контактной, контактно – транзисторной и бесконтактной системами зажигания, научиться находить их различия. Данные исследований записать в таблицу №1.

Таблица №1.

№ п/п	Название прибора, механизма системы зажигания		
	контактная	контактно – транзисторная	бесконтактная
1.			

2. Ознакомиться с устройством прерывателя – распределителя. Данные исследований занести в таблицу №2.

Таблица №2.

№ п/п	Составные части прерывателя – распределителя				
	Прерыватель тока низкого напряжения	Распределитель высокого напряжения	Центробежный регулятор	Вакуумный регулятор	Октан – корректор
1.					

3. По имеющимся на свечах зажигания маркировкам, провести их подбор к двигателям и тепловую характеристику. Данные исследований занести в таблицу №3,4.

Таблица №3.

Исследуемые элементы	Маркировка свечей зажигания		
	A11	A17ДВ	A20Д1
Двигатели			
Характеристики			

Таблица №4.

A		A		A	
11		17		20	
H		Д		Д	
T		B		1	

4. В выводах записать результаты исследований, проведенных в течение всей работы.
5. Ответить на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы :

1. Какими бывают системы зажигания?
2. Какие функции выполняет вакуумный регулятор опережения зажигания?
3. Для чего в системе зажигания необходим конденсатор?
4. Для каких двигателей предназначены «горячие свечи» с длинным тепловым корпусом изолятора?