

Министерство образования и науки Республики Татарстан  
Государственное автономное профессиональное образовательное учреждение  
«Казанский автотранспортный техникум им. А.П. Обыденнова»

**Сборник методических указаний  
для проведения практических работ**

**по МДК 05.02 Техническое обслуживание и ремонт электрооборудования  
подвижного состава**

**специальность 23.02.05 «Эксплуатация транспортного электрооборудования и  
автоматики (по видам транспорта, за исключением водного)»**

Казань 2022

Составитель:

Фаваризов Р.Н. – преподаватель ГАПОУ «КАТТ им. А.П. Обыденнова»

Рассмотрено и рекомендовано к внедрению в учебный процесс  
предметной (цикловой) комиссией

по обслуживанию подвижного состава и строительству дорог

Протокол № 3 от « 12 » 10 20 12 г.:

Председатель П(Ц)К:  А.Г. Шигильчёв

Сборник методических указаний для проведения практических работ (далее Методические указания) предназначен для выполнения практических работ студентам очной формы обучения.

## СОДЕРЖАНИЕ

Пояснительная записка _____	5
Соблюдение правил техники безопасности при выполнении практических работ _____	7
Практическая работа 1. Изучение устройства и работы тяговых двигателей _____	18
Практическая работа 2. Изучение устройства и работы тягового электрооборудования _____	20
Практическая работа 3. Изучение устройства и работы вспомогательных электрических машин _____	23
Практическая работа 4. Изучение устройства и работы систем охлаждения _____	26
Практическая работа 5. Изучение устройства и работы систем питания тягового оборудования _____	29
Практическая работа 6. Определение технических характеристик и проверка технического состояния токоприемников _____	31
Практическая работа 7. Определение и проверка технических характеристик высоковольтных аппаратов коммутации _____	33
Практическая работа 8. Проверка технического состояния разрядников и антенны радиосвязи _____	36
Практическая работа 9. Проверка технического состояния выпрямительной установки, аккумуляторной батареи и электронасосов _____	39
Практическая работа 10. Проверка технического состояния мотор-вентилятора, электрокалорифера и электрической печи _____	41
Практическая работа 11. Определение качества топлива _____	44
Практическая работа 12. Определение качества моторного масла _____	47
Практическая работа 13. Определение качества пластичной смазки _____	49
Практическая работа 14. Определение качества лакокрасочных материалов _____	53
Практическая работа 15. Выполнение технического обслуживания тягового электрооборудования _____	56
Практическая работа 16. Освоение навыков работ с технологическим оборудованием _____	58
Практическая работа 17. Освоение навыков по диагностированию систем питания _____	61
Практическая работа 18. Освоение навыков технологии технического обслуживания электрооборудования _____	64

Практическая работа 19. Освоение навыков организации производством ремонта	67
Практическая работа 20. Освоение навыков ремонта автоматизированной системы управления	70
Практическая работа 21. Ознакомление с проектированием производственных участков	73
Практическая работа 22. Освоение навыков технологии ремонта электрооборудования	75
Практическая работа 23. Освоение навыков технологии ремонта автоматики	77
Практическая работа 24. Освоение навыков по восстановлению узлов электрооборудования	79

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Изучение МДК 05.02 «Техническое обслуживание и ремонт электрооборудования подвижного состава» основано на принципе постоянной связи теории и практики, что активизируют познавательную деятельность студентов, так как требуют личного участия в проведении различного рода исследований. При этом студенты получают не только необходимые знания, умения и навыки, но и приобретают хорошую базу для формирования профессиональных и общих компетенций по специальности 23.02.05 «Эксплуатация транспортного электрооборудования и автоматики (по видам транспорта, за исключением водного)».

Согласно требованиям, к результатам освоения дисциплины студент: должен уметь:

- пользоваться измерительными приборами;
- производить проверку электронных и электрических элементов подвижного состава;

- производить подбор элементов электрических цепей и электронных схем;
- читать электрические схемы;
- производить обслуживание и ремонт электрооборудования и автоматики;

знать:

- методы расчета и измерения основных параметров электрических, магнитных и электронных цепей;

- компоненты электронных устройств транспортного электрооборудования и автоматики;

- методы электрических измерений;
- устройство и принцип работы электрических машин;
- основы электроники;
- основы электробезопасности.

При изучении учебного курса дисциплины предусмотрено выполнение 24 практических работ.

Методические указания включают в себя наименование практической работы, учебную цель, обеспеченность занятия, краткие теоретические и учебно-

методические материалы по теме, вопросы для закрепления теоретического материала, задания для практической работы студентов и рекомендации по ее выполнению.

Сборник методических указаний для проведения практических работ по МДК 05.02 «Техническое обслуживание и ремонт электрооборудования и автоматики» составлен для подготовки и выполнения практических работ.

Приступая к выполнению практической работы, Вы должны внимательно прочитать цель занятия, ознакомиться с краткими теоретическими и учебно-методическими материалами по теме практической работы, ответить на вопросы для закрепления теоретического материала.

Практические работы Вы должны выполнить по приведенному алгоритму, соответственно заданий.

Оформление практических работ начинается с наименования выполняемой практической работы и её номера.

Требования к выполнению расчетов и оформлению схем и рисунков:

- порядок ведения расчетной части должен соответствовать следующей схеме: **искомая величина - формула - подстановка значений в строгой последовательности - ответ - единица измерений**

- рисунки и схемы должны выполняться карандашом с использованием чертежных инструментов;

В процессе выполнения практической работы Вы должны:

- стремиться к самостоятельности в решении всех вопросов;  
- организовать свою работу так, чтобы с наименьшей затратой времени и труда найти наилучшее техническое решение.

Наличие, как минимум, удовлетворительной оценки по практическим работам необходимо для получения допуска к экзамену по МДК 05.02 «Техническое обслуживание и ремонт электрооборудования подвижного состава».

В случае отсутствия на занятии по любой причине или получении неудовлетворительной оценки за выполненную практическую работу, Вы должны найти время для ее выполнения или пересдачи.

**Внимание!** Если в процессе подготовки к практическим работам у Вас возникают вопросы, разрешить которые самостоятельно не удастся, необходимо обратиться к преподавателю для получения разъяснений или указаний.

### **СОБЛЮДЕНИЕ ПРАВИЛ ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ**

Рабочие места производственных участков депо для производства ремонтных работ оснащены технологическим оборудованием, обеспечивающим безопасные условия труда. Для каждого работающего обеспечено удобное рабочее место, которое обеспечено достаточной площадью для размещения вспомогательного оборудования, стеллажей и верстаков для хранения деталей, инструмента, приспособлений. Для подъема деталей и узлов вагонов установлены грузоподъемные устройства – мостовые краны  $Q = 1\text{т}, 0,5\text{т}$ , и кран-балки.

Студенты должны:

- выполнять только порученную преподавателем работу;
- применять безопасные приемы выполнения работ;
- содержать в исправном состоянии и чистоте инструмент, приспособления, инвентарь, средства индивидуальной защиты (СИЗ);
- внимательно следить за сигналами и распоряжениями преподавателя и выполнять эти команды;
- выполнять требования запрещающих, предупреждающих, указательных и предписывающих знаков, надписей, громкоговорящей связи, звуковых и световых сигналов, подаваемых машинистом подвижного состава, водителями транспортных средств;
- выполнять требования инструкций по ОТ и ТБ;
- проходить по территории депо по установленным маршрутам, переходным дорожкам, проходам и переходам;
- соблюдать меры безопасности при переходе железнодорожных путей, быть внимательным в темное время суток, при гололеде, в снежное время года, а также при плохой видимости;
- быть предельно внимательным в местах движения транспорта.

1. Перед началом проведения работ на ремонтных, испытательных и диагностических участках, студент должен ознакомиться с правилами техники безопасности на рабочем месте, и строго их выполнять.

Все работы по техническому обслуживанию и ремонту, проведению испытаний и наладке электрического и электронного оборудования подвижного состава необходимо производить в соответствии с требованиями Правил эксплуатации электроустановок потребителей (ПЭЭП). Правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей (ПТБ) и технологическими процессами.

Перед началом проведения работ по ремонту электрооборудования подвижного состава должны быть обесточены все силовые электрические цепи, отключены выключатели тяговых электродвигателей, разъединитель силовых цепей поставлен в положение «Заземлено», выпущен сжатый воздух и перекрыты разобщительные краны пневматической системы электроаппаратов. Кроме того, при необходимости ремонта отдельных аппаратов, должны быть вынуты предохранители данного участка, предусмотренные конструкцией. Внешние электрические сети питания переносных диагностических приборов напряжением более 42В переменного или 110В постоянного тока должны быть оборудованы защитным заземлением или «занулением».

Стенд для диагностики и ремонта электронного оборудования должен иметь защитное заземление («зануление» или устройство защитного отключения). Испытания электрических машин и аппаратов на электрическую прочность изоляции после ремонта перед установкой на подвижной состав должны проводиться на специально оборудованной станции (площадке, стенде), имеющей необходимое ограждение, сигнализацию, знаки безопасности и блокирующие устройства.

Перед началом и во время испытаний на станции (площадке) не должны находиться посторонние лица.

Сборка схем на испытательных стендах должна осуществляться при полном снятии напряжения. Питающие кабели для испытания электрических машин и



аппаратов высоким напряжением должны быть надежно присоединены к зажимам, а корпуса машин и аппаратов заземлены.

Подачу и снятие напряжения необходимо осуществлять контакторами с механическим или электромагнитным приводом, или рубильником, имеющим защитный кожух.

Пересоединение на зажимах испытываемых машин и аппаратов должно производиться после отключения всех источников питания и полной остановки вращающихся деталей.

Измерение сопротивления изоляции, контроль нагрева подшипников, проверка состояния электрощеточного механизма должны производиться после отключения напряжения и полной остановки вращения якоря.

При пайке наконечников на проводе непосредственно на подвижном составе должен использоваться надежно закрепленный тигель, исключающий выплескивание из него припоя.

При измерении сопротивления изоляции электрических цепей мегомметром на напряжение 0,5 и 2,5 кВ выполнение каких-либо других работ на электрооборудовании и электрических цепях подвижного состава запрещается.

Перед испытаниями высоким напряжением сопротивления изоляции электрических цепей подвижного состава, все ремонтные работы должны быть прекращены, работники выведены, входные двери закрыты, а с четырех сторон на расстоянии 2 м установлены переносные знаки «Внимание! Опасное место».

Перед подачей высокого напряжения необходимо подать звуковой сигнал и объявить по громкоговорящей связи: «На подвижной состав, стоящий на такой-то канаве, подается напряжение». Управлять испытательным агрегатом должен руководитель работ, проводить испытания совместно с преподавателем или персоналом, прошедшим специальную подготовку.

Корпус передвижного трансформатора и рамы испытываемого подвижного состава необходимо заземлить.

После ремонта электроподвижного состава (ЭПС) подъем токоприемника и опробование электровоза или электросекции под рабочим напряжением должно производить лицо, имеющее право управления, в присутствии проводившего ремонт

мастера или бригадира, которые до начала опробования должны убедиться в том, что:

1) все работники находятся в безопасных местах, и подъем токоприемника не грозит им опасностью. Закрываются люки машин, двери шкафов управления, щиты стенок высоковольтной камеры (ВВК), реостатных помещений, крышки подвагонных аппаратных ящиков;

2) в ВВК и под кузовом нет людей, инструментов, материалов и посторонних предметов; закрыты двери в ВВК, складные лестницы и калитки технологических площадок для выхода на крышу;

3) с машин и аппаратов после ремонта сняты все временные присоединения;

4) машины, аппараты, приборы и силовые цепи готовы к пуску и работе.

2. При проведении работ при обслуживании и ремонте элементов аккумуляторных батарей студенту необходимо быть внимательным.

Аккумуляторное помещение или шкаф, в котором установлена аккумуляторная батарея должны быть всегда заперты на замок. Не допускается курение рядом со шкафом, в котором установлена аккумуляторная батарея, в аккумуляторном помещении, вход в него с огнем, пользование электронагревательными приборами, аппаратами и инструментами, которые могут дать искру.

На дверях аккумуляторной имеются надписи: «Аккумуляторная», «Огнеопасно», «Запрещается курить», вывешены соответствующие знаки безопасности о запрещении использования открытого огня и курения.

В помещениях аккумуляторного отделения имеются:

- стеклянная или фарфоровая (полиэтиленовая) кружка с носиком (или кувшин) емкостью 1,5-2 л для составления электролита и доливки его в сосуды;
- вода для обмыва рук;
- полотенце;
- раствор пищевой соды.

Элементы аккумуляторов в батареях соединяются последовательно с помощью перемычек. Аккумуляторы при монтаже должны быть жестко закреплены

во избежание перемещения относительно друг друга (так как при перемещении нарушается изоляция, и ломаются перемычки).

При работе с гаечным ключом и другими металлическими инструментами нельзя допускать коротких замыканий одновременным прикосновением к разнополярным выводам аккумуляторных элементов. Металлический инструмент должен иметь изолированные рукоятки.

Наконечники проводов переносного вольтметра должны быть снабжены ручками из изоляционного материала. Чистить аккумуляторную батарею влажной ветошью следует только после отключения их от зарядного устройства.

Для защиты от поражения электрическим током при обслуживании батареи необходимо пользоваться диэлектрическими перчатками. При ожогах электрическим током необходимо рану покрыть марлей, стараясь не касаться ее руками, и немедленно обратиться в медицинский пункт.

При работе с электролитом и твердой щелочью необходимо надевать защитные очки, резиновые перчатки, прорезиненный фартук, резиновые сапоги.

Запрещается устанавливать батареи вблизи нагревательных приборов и пользоваться открытым огнем на расстоянии менее 2 м. Запрещается проводить заряд батареи с закрытой крышкой батарейного ящика и закрывать ее ранее, чем через 2 часа после окончания заряда.

При зарядке кислотных аккумуляторов слишком большим током, это может привести к разрушению или деформации пластин внутри него. Для уточнения рекомендуемого зарядного тока, необходимо пользоваться инструкцией, поставляемой вместе с аккумулятором.

Для контроля степени заряженности необходимо следить за значениями напряжения и плотности электролита для кислотного аккумулятора, а для щелочного необходимо контролировать значение напряжения. Кислотные аккумуляторы, слишком чувствительны к перезаряду или недозаряду, поэтому необходимо своевременно заканчивать заряд.

Окончание зарядки кислотного аккумулятора характеризуется установлением напряжения на одном элементе аккумуляторной батареи, равного 2,5-2,6 В (в зависимости от типа АКБ).

Щелочные АКБ менее критичны к режимам. Для них окончание зарядки характеризуется установлением на одном элементе постоянного напряжения 1,6-1,7 В (в зависимости от типа АКБ).

При зарядке АКБ постоянным напряжением, необходимо полностью зарядить аккумулятор, при этом задавать напряжение на зарядном устройстве на много больше, чем номинальное напряжение самого аккумулятора.

Помещение для работы с аккумуляторами и батареями должно быть светлым, вентилируемым. При проведении работ необходимо:

- не допускать попадания кислот на аккумуляторы;
- не пользоваться приборами, инструментом и посудой применяемым для обслуживания кислотных аккумуляторов и батарей;
- не допускать при работе с гаечным ключом и другими металлическими инструментами коротких замыканий;
- работать с изолированным инструментом.

При работе с аккумуляторами категорически запрещается:

- работать с открытым огнем и курить;
- проводить работы с электролитом без защитных очков и спецодежды;
- хранить и приводить в рабочее состояние совместно с щелочными и кислотными аккумуляторами.

При попадании щелочи на кожу и одежду, немедленно смыть щелочь водой, затем промыть облитое место 3% раствором борной кислоты и снова водой. При попадании электролита в глаза тщательно промыть их водой и немедленно обратиться к преподавателю, а затем к врачу.

При заряде аккумуляторов, особенно в заключительной фазе заряда, в аккумуляторах образуется взрывоопасная газовая смесь, поэтому заряд аккумуляторов следует производить в хорошо вентилируемом помещении. Монтаж и демонтаж аккумуляторов проводить не ранее чем через 2 часа после окончания заряда. Заряд проводить с вывернутыми пробками.

При необходимости проведения заряда батареи от внешнего источника в отсеках вагонов, соблюдать особую осторожность! Любая искра может вызвать взрыв газовой смеси!

3. При проведении обслуживания и ремонта системы безопасности в лаборатории поездных устройств и автоматики, Вы должны выполнять требования «Типовой инструкции по охране труда для электромехаников по ремонту подвижного состава».

При проведении технического обслуживания и ремонта элементов электроники и систем безопасности, необходимо выполнять следующие правила:

- при обслуживании системы на подвижном составе запрещается подниматься и спускаться с него во время движения, включать и выключать какие-либо приборы контроля и управления, не относящиеся к обслуживаемым устройствам;
- ремонт элементов системы безопасности и замена блоков должны производиться только на стоянке подвижного состава;
- проверка ЭПК на срабатывание, а также работы, связанные с выводом контроллера машиниста (водителя) из нулевой позиции, должны проводиться электромехаником, имеющим свидетельство на право проведения данных работ;
- при замене и ремонте элементов системы безопасности, а также при измерении сопротивления изоляции монтажа узлов, необходимо выключить питание, и после этого отключить напряжение.

При эксплуатации и ремонте узлов и элементов системы АСОТП (блоков контроля, пожарные извещатели) необходимо особые меры безопасности и предосторожности.

Запрещается производить на вагонах какие-либо работы после снятия высокого напряжения в течение пяти минут, соединять и разъединять штепсельные разъемы, провода, жгуты и кабели, выполнять пайку, замену предохранителей и ламп под напряжением;

- находиться под вагоном и проводить работы на электроаппаратах при поданном высоком напряжении 750В на токоприемники;
- производить заземление электрических устройств проводом с диаметром менее 5 мм;
- обслуживать автоматизированную систему пожаротушения при их включении в сеть и вращающихся вентиляторах.

Не допускается проведение работ по обслуживанию пневматического оборудования, находящегося под давлением.

Работы при обслуживании, связанные с использованием легковоспламеняющихся жидкостей, масел и смазок проводить в строгом соответствии с требованиями пожарной безопасности.

4. Техника безопасности при ремонте групповых аппаратов и электрических машин.

Перед началом ремонта электрооборудования электроподвижного состава должны быть обесточены все силовые электрические цепи, отключены выключатели тяговых электродвигателей, крышевой разъединитель поставлен в положение «Заземлено», выпущен воздух и перекрыты краны пневматической системы электроаппаратов. Кроме того, при необходимости ремонта отдельных аппаратов должны быть сняты предохранители, защищающие данный участок цепи.

При снятии аппаратов с ЭПС и транспортировании их к месту ремонта кранами следят за правильностью закрепления и равномерностью натяжения тросов, за отсутствием посторонних лиц в подкрановом поле.

Продувку электрических аппаратов необходимо производить на специально приспособленном стойле или на выделенных для этой цели путях, которые должны быть оборудованы приточно-вытяжной вентиляцией, не допускающей распространение пыли в окружающую среду. До начала продувки необходимо включить отсос пыли. Продувку электрических аппаратов, снятых с ЭПС для ремонта, следует производить в специальных обдувочных камерах, так же оборудованных вытяжной вентиляцией.

При осмотре и ремонте электроаппаратов необходимо пользоваться переносными лампами напряжением 12-36 В, которые имеют предохранительную сетку и исправную проводку.

При испытании аппаратов на стенде запрещается прикасаться к вращающимся валам и переключающимся контакторным элементам. Регулируя предельную муфту силового контроллера приспособлением, разработанным заводом-изготовителем, надо соблюдать осторожность, так как при натяжении тросика возможен его срыв.

Зубчатые передачи редуктора группового аппарата при его испытании должны быть закрыты предохранительным чехлом. Корпус передвижного трансформатора и рамы испытываемого аппарата необходимо заземлить.

После ремонта электроподвижного состава и опробование электропоезда под рабочим напряжением должно производить лицо, имеющее право управления, в присутствии проводившего ремонт мастера или бригадира, которые до начала опробования должны убедиться в том, что:

- все работники находятся в безопасных местах, и подача высокого напряжения на токоприемник не грозит им опасностью;
- закрыты люки машин, двери шкафов управления, щиты стенок ВВК, реостатных помещений, крышки подвагонных аппаратных ящиков;
- под кузовом подвижного состава нет людей, инструментов, материалов и посторонних предметов;
- с машин и аппаратов после их ремонта сняты все временные присоединения;
- машины, аппараты, приборы и силовые цепи готовы к пуску и работе.

Приступать к выполнению практических заданий, если известны безопасные способы его выполнения. В случае неясности обратиться к преподавателю за разъяснением. При получении новой работы попросить преподавателя дополнительного инструктажа по технике безопасности.

При несчастном случае немедленно обратиться в медпункт, поставив при этом в известность преподавателя.

Перед началом проведения работ, соблюдать ряд требований.

Привести в порядок рабочую одежду, застегнуть рукава, подобрать волосы под плотно облегающий головной убор. Организовать свое рабочее время так, чтобы все необходимое для работы было под руками. Проверить исправность инструмента.

Наибольшую опасность при осмотре и ремонте вспомогательных машин представляет поражения электрическим током пониженного напряжения при шлифовке или обточке коллекторов, сушке изоляции тяговых двигателей током низкого напряжения.

Возможны так же ожоги и травмирования рук при работе на неостывшем двигателе, смене щеткодержателей постановки кронштейнов без применения специального инструмента. Поэтому применяют специальные ключи для смены щеткодержателей и их кронштейнов приспособления с изолированным резцом для коллекторов, колодки с изолированными ручками для шлифовки коллекторов. При осмотре и ремонте необходимо строго выполнять требования техники безопасности. При пропиточных работах и особенно компаундирующих, наряду с правилами техники безопасности соблюдать так же противопожарные мероприятия. Выполнение работ с деталями из пластмассы, особенно из стекла пластика, требует обязательного соблюдения правил техники безопасности. Стеклопластик, попадая на кожу, вызывает ее раздражение и зуд.

Перед началом работы рекомендуется чистые, сухие руки смазать пастой. Биологические перчатки их просушить на воздухе 5-7 минут. Рабочая одежда должна иметь длинные рукава и глухой воротник.

Во время работы нельзя касаться открытых частей тела руками, загрязненными пылью и эпоксидным компаундом. Остатки компаунда с рук смывают спирто-канифольной смесью и затем моют руки горячей водой с мылом и смазывают глицерином. При испытаниях необходимо исключить возможность соприкосновения с вращающимися частями и особенно касаться токоведущих частей, находящихся под напряжением, кроме того, необходимо обеспечивать выполнение всех требований промышленной санитарии, предъявляемых к помещению, где ремонтируют и испытывают электрические машины.

#### 5. Требования безопасности по окончании проведения работы:

Привести в порядок рабочее место и сдать его преподавателю.

Выключить все электроприборы, рубильники оборудования.

Емкости со смазками, керосином, соляркой закрыть крышкой.

Уложить шланги аккуратными кольцами, собрать инструмент и уложить его в переносной ящик, личный инструмент закрыть в отведенном специальном ящике, инструмент общего пользования сдать.



Собрать использованные обтирочные материалы в металлические ящики с плотно закрывающейся крышкой.

Все средства измерения, приспособления и оборудование очистить от грязи, осмотреть и при наличии неисправностей поставить в известность преподавателя.

Для очистки кожи от производственных загрязнений по окончании работ необходимо применять защитно-отмывочные пасты и мази, сочетающие свойства защитных и моющих средств.

Для поддержания кожных покровов в хорошем состоянии после проведения работ следует использовать различные индифферентные мази и кремы (борный вазелин, ланолиновый крем и другие мази).

Обо всех замечаниях, недостатках, обнаруженных во время работы, сообщить преподавателю.

Вымыть лицо и руки теплой водой с мылом. Возвращаясь домой, соблюдать правила дорожного движения и требования техники безопасности при нахождении на предприятии, ходить по депо нужно по определенным маршрутам (пешеходным дорожкам).

## Практическая работа 1

**Наименование:** Изучение устройства и работы тяговых двигателей.

**Цель работы:** Исследовать действие электрического поля на подвижную и неподвижную части двигателя.

**Порядок выполнения:**

1. Внимательно прочитайте учебный материал.
2. Выполните задание по варианту, заданному преподавателем.
3. Письменно ответьте на контрольные вопросы:

**Задание**

**1 Ответить на вопросы (дать развернутые ответы):**

Вариант 1.

1. Какую функцию выполняет неподвижная часть машины?
2. Какую функцию выполняет подвижная часть машины?
3. Что происходит с подвижной частью машины, если подключить его к источнику напряжения? Почему?

Вариант 2.

1. Почему наблюдается искрение между щетками и коллектором? Чем такое искрение опасно?
2. Как изменится магнитное поле, если применить реверсирование?
3. Разрядится ли конденсатор, если отключить его от источника напряжения, к которому он подключён, и замкнуть проводником его обкладки? Почему?

Вариант 3.

1. Почему возникает круговой огонь на коллекторе?
2. Как изменится вращающий момент, если входное напряжение увеличить вдвое?
3. Разрядится ли конденсатор, если заземлить любую его обкладку, отключив конденсатор от источника напряжения, к которому он подключён? Почему?

**2 Используя таблицу 1.1, определите напряжение, при котором будет пробит образец материала заданной толщины  $h$ .**

Таблица 1.1 – Варианты образцов

Вариант	h, мм	Материал	$E_{пр}$ , кВ /см
1	2	стекло	300
2	1	фарфор	150
3	15	электрокартон	120

## Учебный материал

Материя (твёрдое тело, жидкость, газ) считается электрически нейтральной, если количество положительных и отрицательных зарядов в ней одинаковое. Если же в ней преобладают положительные или отрицательные заряды, то она считается соответственно положительно или отрицательно заряженной.

В пространстве вокруг заряженного тела создаётся электрическое поле. Поле, порождённое неподвижными зарядами, называется *электростатическим*.

Если проводник поместить в электрическое поле, то под действием сил этого поля происходит разделение зарядов в проводнике. Разделение зарядов в проводнике прекратится тогда, когда напряжённость поля разделённых зарядов станет равной напряжённости внешнего поля в проводнике. Таким образом, результирующее поле внутри проводника станет равным нулю.

Если диэлектрик поместить в электрическое поле, то в нём произойдёт поляризация атомов. Поляризованные атомы создают своё электрическое поле, напряжённость которого направлена против внешнего поля. Интенсивность поляризации диэлектрика зависит от его диэлектрической проницаемости  $\epsilon$ . Чем больше диэлектрическая проницаемость, тем интенсивнее поляризация в диэлектрике и тем слабее электрическое поле в нём.

Если диэлектрик поместить в сильное электрическое поле, то при определённой напряжённости произойдёт пробой диэлектрика. Таким образом, диэлектрик становится проводником. Напряжённость, при которой происходит пробой диэлектрика, называется *пробивной напряжённостью*  $E_{пр}$ . А напряжение, при котором происходит пробой диэлектрика, называют *пробивным напряжением*  $U_{пр}$  или *электрической прочностью диэлектрика*:

$$E_{пр} = U_{пр} / d, \quad (1.1)$$

где  $d$  – толщина диэлектрика.

Конденсатор представляет собой систему из двух проводников (пластин), разделенных диэлектриком. Различают искусственные и естественные конденсаторы. В зависимости от диэлектрика искусственные конденсаторы бывают бумажными, электролитическими, слюдяными, воздушными и др. Конденсаторы бывают постоянной и переменной емкости. Естественные конденсаторы – электропроводка, две жилы кабеля, жила кабеля и броня.

Конденсаторы обладают свойством накапливать и удерживать на своих обкладках (пластинах) равные по величине, но разные по знаку электрические заряды.

Емкость плоского конденсатора зависит от площади его пластин  $S$ , проницаемости диэлектрика  $\epsilon$  и расстояния между его пластинами  $d$ :

$$C = \epsilon \epsilon_0 S / d, \quad (1.2)$$

где  $\epsilon_0$  – электрическая постоянная,  $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$  Ф/м.

Если к конденсатору приложить электрическое напряжение, то в электрическом поле конденсатора накапливается энергия.

## Практическая работа 2

**Наименование:** Изучение устройства и работы тягового электрооборудования.

**Цель работы:** Усвоить суть закона баланса мощностей. Провести измерение электрической мощности в цепях постоянного тока.

**Оборудование:** миллиамперметры постоянного тока 300мА; амперметр постоянного тока 1А; вольтметры постоянного тока 50V и 15V; лампы накаливания; блок питания постоянного тока 0 – 30V; провода.

**Порядок выполнения:**

1. Внимательно прочитайте учебный материал.

2. Изобразите электрическую схему последовательного или параллельного соединения (по указанию преподавателя) двух ламп накаливания с указанием места включения электроизмерительных приборов.

3. Перенесите в таблицу 2.1 или 2.2 (исходя из способа соединения ламп).

4. Соберите электрическую цепь по схеме, что ранее изобразили. Дайте её проверить преподавателю.

5. Подключите питание к проверенной электрической цепи. Входное напряжение выбирайте в заданном интервале питающего напряжения используемого источника. При этом снимите показания электроизмерительных приборов. Результаты измерения занесите в таблицу 2.1 (2.2).

6. Опыт повторите, изменив входное напряжение.

7. Используя экспериментальные данные, проверьте равенство, соответствующее балансу мощностей тягового электрооборудования. Сделайте вывод.

8. Письменно ответьте на контрольные вопросы.

8.1. Как определить мощность участка цепи постоянного тока, не имея ваттметра?

8.2. В чём суть баланса мощностей тягового электрооборудования?

8.3. Как изменятся показания ваттметра при измерении мощности, потребляемой двумя лампами, соединёнными параллельно, если к ним подключить ещё одну? Почему?

8.4. Как изменятся показания ваттметра, если из последовательного соединения двух ламп убрать одну? Что произойдёт с яркостью, оставшейся? Почему?

8.5 Влияет ли способ соединения потребителей на количество потребляемой ими мощности? Почему?

## **Задание**

**Проверьте справедливость закона баланса мощностей.**

## **Учебный материал**

При последовательном соединении резисторы соединяются в одну неразветвленную цепочку. Ток в каждом резисторе одинаков и равен общему току всей цепи. Напряжение, приложенное к цепи равно сумме падений напряжений на каждом резисторе.

При параллельном соединении все резисторы подключены к двум узловым точкам цепи. Напряжение на всех резисторах одинаково, так как их концы подключены к одному и тому же источнику электрической энергии. Общий ток в неразветвленной части цепи равен сумме токов в каждом разветвлении (в каждом резисторе).

Для электрических цепей постоянного тока соблюдается закон баланса мощностей: *мощность всей цепи равна сумме мощностей на отдельных участках цепи.*

Для измерения мощности в цепях постоянного тока достаточно амперметра и вольтметра. Используя формулу 2.1 по показаниям приборов можно вычислить мощность участка цепи.

$$P = I \cdot U, \quad (2.1)$$

где  $I$  – сила тока на участке;

$U$  – падение напряжения на данном участке;

$P$  – мощность участка электрической цепи.

Таблица 2.1 – Показания электроизмерительных приборов при последовательном соединении ламп

Опыт	$I, A$	$U, B$	$U_1, B$	$U_2, B$	$P, Bт$	$P_1, Bт$	$P_2, Bт$
1							
2							

Таблица 2.2 – Показания электроизмерительных приборов при параллельном соединении ламп

Опыт	$I, A$	$U, B$	$I_1, mA$	$I_2, mA$	$P, Bт$	$P_1, Bт$	$P_2, Bт$
1							
2							

### Практическая работа 3

**Наименование:** Изучение устройства и работы вспомогательных электрических машин.

**Цель работы:** Усвоить устройство и работу электрических машин на основе законов Кирхгофа.

**Оборудование:** - миллиамперметры постоянного тока 50 мА и 300 мА;

- вольтметры постоянного тока 50V и 15V;

- резисторы R2-R5 ПЭВ - 705 – 200 Ом;

- амперметр постоянного тока 1А;

- блок питания постоянного тока 0 – 30V;

- провода.

#### Порядок выполнения:

1. Внимательно прочитайте учебный материал.
2. Перенесите в тетрадь схемы с рисунков 3.1 и 3.2, таблицы 3.1 и 3.2 соответственно.
3. Соберите электрическую цепь по схеме рисунка 3.1 (3.2). Дайте её проверить преподавателю.
4. Подключите соответствующее питание к проверенной электрической цепи и снимите показания электроизмерительных приборов. Результаты измерения занесите в таблицу 3.1 (3.2). Повторите опыт, действуя в заданном интервале входного напряжения.
5. Используя формулу первого (второго) закона Кирхгофа заполните последний столбец таблицы 3.1 (3.2).
6. Сравните показание амперметра в неразветвлённой части электрической цепи со значением последнего столбца таблицы 3.1 при проверке первого закона Кирхгофа и показание вольтметра на входе электрической цепи со значением последнего столбца таблицы 3.2 при проверке второго закона Кирхгофа. По результатам сравнения устно сделайте соответствующий вывод.

#### Задание

**Проверьте опытным путём соблюдения законов Кирхгофа.**

## Учебный материал

В 1845-1847гг. немецкий физик Густав Роберт Кирхгоф открыл закономерности в протекании электрического тока в разветвлённых электрических цепях. *Первый закон Кирхгофа* касается узлов разветвлённой электрической цепи. Формулировка первого закона Кирхгофа: *алгебраическая сумма токов в узле электрической цепи равна нулю*, т.е.

$$\Sigma I = 0 \quad (3.1)$$

При составлении узлового уравнения необходимо пользоваться следующим правилом знаков: токи, приходящие к узлу, записывают со знаком « + », а токи, уходящие от узла, со знаком « – ».

Справедливость первого закона Кирхгофа понятна из утверждения, что электрический заряд, который при неизменном токе каждую секунду притекает к узлу электрической цепи, должен быть равен заряду, ежесекундно вытекающему из данного узла. Частный случай проявления первого закона Кирхгофа – разветвление тока по параллельным ветвям.

*Второй закон Кирхгофа* относится к контуру электрической цепи. Формулировка второго закона Кирхгофа: *алгебраическая сумма ЭДС в замкнутом контуре электрической цепи равна алгебраической сумме падений напряжений на сопротивлениях этого контура*, т.е.

$$\Sigma E = \Sigma U = \Sigma IR \quad (3.2)$$

При составлении контурного уравнения применимы следующие правила знаков: ЭДС записывают со знаком « + », если её направление совпадает с произвольно выбранным направлением обхода контура, и со знаком « – », если не совпадает с обходом; напряжение на участке цепи записывают со знаком « + », если направление тока на этом участке совпадает с направлением обхода контура.

Направление ЭДС источника соответствует направлению от вывода « – » к выводу « + » внутри источника.



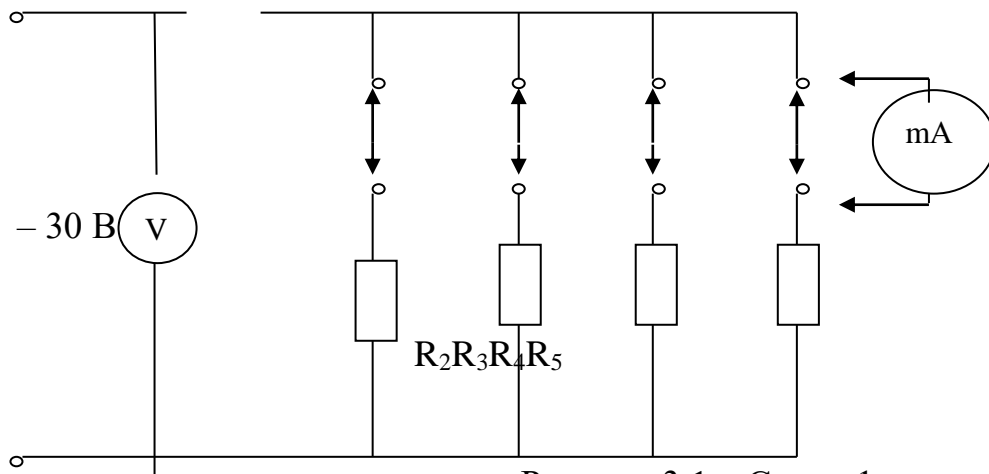


Рисунок 3.1 – Схема 1

Таблица 3.1 – Результат проверки первого закона Кирхгофа

Опыт	U, В	I, А	I <sub>2</sub> ,мА	I <sub>3</sub> , мА	I <sub>4</sub> , мА	I <sub>5</sub> , мА	I = $\Sigma I_n$
1							
2							

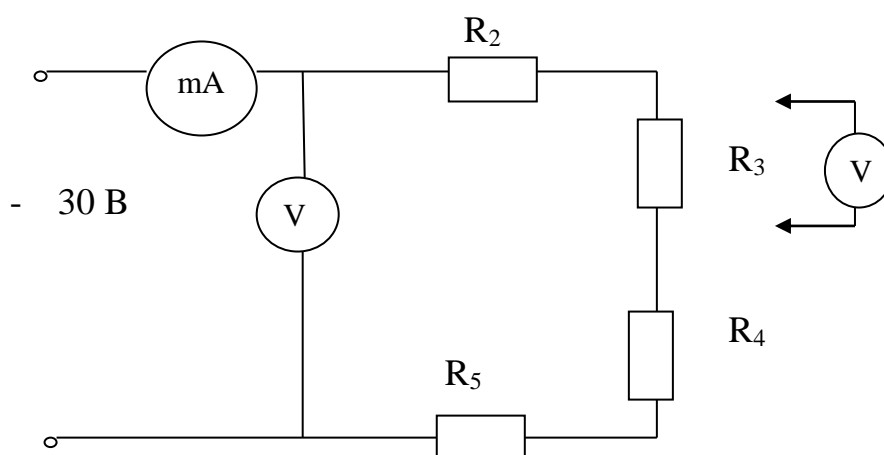


Рисунок 3.2 – Схема 2

Таблица 3.2 – Результат проверки второго закона Кирхгофа

Опыт	U, В	I, мА	U, В	U <sub>2</sub> ,В	U <sub>3</sub> , В	U <sub>4</sub> , В	U <sub>5</sub> ,В	U = $\Sigma U_n$
1								
2								

## Практическая работа 4

**Наименование:** Изучение устройства и работа систем охлаждения.

**Цель работы:** Научиться различать системы охлаждения.

**Оборудование:** Аналоговые электроизмерительные приборы.

**Порядок выполнения:**

1. Внимательно прочитайте учебный материал.
2. По заданному преподавателем варианту впишите необходимые числа для установления предлагаемых равенств в таблице 4.1.
3. Письменно ответьте на контрольные вопросы:
  - 3.1. Для чего служит система охлаждения электрической машины?
  - 3.2. Имеет ли значение вид системы охлаждения? Ответ объясните.
  - 3.3. Нужно ли обращать внимание на неисправность элементов системы охлаждения? Ответ объясните.
  - 3.4. Какое значение имеет неисправность системы охлаждения?

### Задание

**1 По заданному преподавателем варианту впишите необходимые числа для установления предлагаемых равенств в таблице 4.1.**

Таблица 4.1– Предлагаемые равенства

Вариант	Устанавливаемое равенство		
1	$200 \text{ мА} = ? \text{ А}$	$15 \text{ кВ} = ? \text{ В}$	$450 \text{ Ом} = ? \text{ кОм}$
2	$0,00025 \text{ А} = ? \text{ мкА}$	$200 \text{ В} = ? \text{ кВ}$	$0,22 \text{ МОм} = ? \text{ кОм}$
3	$0,15 \text{ А} = ? \text{ мА}$	$50 \text{ мВ} = ? \text{ В}$	$4200 \text{ Ом} = ? \text{ МОм}$
4	$1500 \text{ А} = ? \text{ кА}$	$0,3 \text{ кВ} = ? \text{ В}$	$100 \text{ МОм} = ? \text{ Ом}$
5	$420 \text{ мкА} = ? \text{ мА}$	$2,5 \text{ кВ} = ? \text{ В}$	$10000 \text{ Ом} = ? \text{ кОм}$
6	$300 \text{ А} = ? \text{ кА}$	$0,04 \text{ В} = ? \text{ мВ}$	$1,3 \text{ кОм} = ? \text{ Ом}$

**2 Прочитайте шкалу предложенного измерительного прибора по алгоритму:**

- название прибора;
- измеряемая величина;
- род тока;
- пределы измерения (верхний, нижний);

- цена деления;
- класс точности;
- положение установки шкалы.

**3 По заданному преподавателем варианту, используя данные таблицы 4.2 Подберите приборы для измерения силы тока и напряжения на участке электрической цепи, изображённой на рисунке 4.1, если сопротивление резистора может изменяться. Объясните свой выбор.**

Вариант 1: от 10 Ом до 20 Ом.

Вариант 2: от 5 Ом до 10 Ом.

Вариант 3: от 20 Ом до 25 Ом.

Вариант 4: от 12 Ом до 20 Ом.

Вариант 5: от 40 Ом до 60 Ом.

Вариант 6: от 20 Ом до 40 Ом.

Таблица 4.2 – Информация на шкале измерительных приборов

№	Единицы измерения	Пределы измерения	Род тока
1	V	0 - 50	—
2	V	0 - 20	—
3	V	0 - 30	~
4	kV	0 - 1	~
5	mA	0 - 300	—
6	A	0 - 5	—
7	kA	0 - 2	~
8	$\Omega$	0 - 50	—
9	k $\Omega$	0 - 1	—
10	kW	0 - 0,6	~
11	W	0 - 50	—

### Учебный материал

Общее в качественном отношении свойство многих физических объектов (физических систем, их состояний, происходящих в них процессов) называют *физической величиной*. В электротехнике физическими величинами являются электрическое напряжение, сила тока, мощность, электроёмкость, индуктивность, частота.

Физическая величина может иметь различные значения. Измерение данной физической величины – это определение её значения опытным путём.

Технические устройства, применяемые при измерениях температур, называют системой охлаждения. К средствам охлаждения относят вентиляторные колеса, масляные и водяные охладители. При неработающей системе охлаждения, происходит перегрев обмоток частей машины, и провести измерение используют измерительные приборы.

*Измерительный прибор* – средство измерения, вырабатывающее доступный для восприятия наблюдателем сигнал, определяющий значение измеряемой величины.

Приборы, показания которых изменяются плавно в зависимости от изменения измеряемой величины, называют *аналоговыми*. Приборы, в которых показания представлены в цифровой форме и изменяются дискретно (ступенями) при плавном изменении измеряемой величины, называют цифровыми.

Перед началом измерений необходимо ознакомиться с прибором. На шкале прибора, помимо делений с цифрами и букв, обозначающих сокращённой буквой вольты (V), амперы (A), ватты (W) и т. д., имеются другие условные обозначения. Эти обозначения наносят в нижней части шкалы измерительного прибора: значок постоянного тока (горизонтальная чёрточка) или переменного тока (синусоида); система измерительного механизма; положение шкалы (горизонтальное, вертикальное, наклонное); зажимы (отрицательный, положительный, общий – звёздочкой); класс точности. Так же имеется и другая информация о приборе, которая не рассматривается в данном курсе.

Класс точности прибора – это обобщённая характеристика прибора. В зависимости от погрешности электроизмерительные приборы подразделяются на классы. Каждый класс обозначается значением погрешности, выраженной в процентах. Наиболее точные лабораторные приборы имеют класс 0,05; 0,1; 0,2 или 0,5. Хорошие технические приборы относятся к классу 1,0 или 1,5. Имеются также и менее точные приборы класса 2,5 или 4,0.

При измерении иногда допускаются ошибки в отсчёте показаний прибора. Для этого следует пользоваться понятием о *цене деления* шкалы. Например,

миллиамперметр на 100 мА имеет шкалу на 20 делений. Тогда каждому делению соответствует 5 мА. Это и будет цена деления.

## Практическая работа 5

**Наименование:** Изучение устройства и работы систем питания тягового оборудования.

**Цель работы:** Научиться подбирать электроизмерительные приборы для контроля за состоянием участка цепи и настройки системы питания тягового оборудования на заданные параметры.

**Порядок выполнения:**

1. Внимательно прочитайте учебный материал.
2. Выполните задание в удобной для вас последовательности. Решение оформите письменно.
3. Ответьте на контрольные вопросы к каждому заданию.

### Задание

**1** Используя данные таблицы 5.1, выберите омметр для настройки реостата на определённое сопротивление (определите его величину) в схеме, изображённой на рисунке 5.1, так, чтобы мощность лампы была максимальной, при условии, что сила тока в лампе не будет превышать 1,7 А. Лампа рассчитана на напряжение 12 В, сопротивление реостата можно изменять от 5 Ом до 10 Ом.

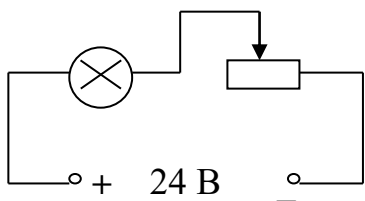


Рисунок 5.1 – Схема к заданию 1

**2** Используя данные таблицы 5.1, выберите прибор для измерения силы тока в неразветвлённой части цепи к схеме, изображённой на рисунке 5.2, если сопротивления резисторов  $R_1$  и  $R_2$  равны соответственно 10 Ом и 15 Ом, лампа рассчитана на напряжение 12 В. Какими при этом будут показания ваттметра,

подключённого к лампе? Подберите соответствующий ваттметр. Укажите на схеме место положения выбранных вами приборов.

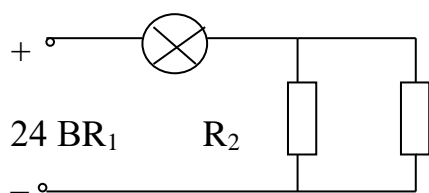


Рисунок 5.2 – Схема к заданию 2

### Контрольные вопросы

К заданию 1.

1.1 Как будет меняться яркость лампы, если сопротивление реостата

а) увеличить до максимума;

б) уменьшить до минимума? Почему?

1.2 При каком сопротивлении реостата эксплуатация лампы не возможна?

Почему?

К заданию 2.

2.1 Какими будут показания ваттметра, если измерять мощность всей цепи?

Можно ли при этом воспользоваться ранее выбранным ваттметром?

2.2 Как отразится на яркости лампы выход из строя одного из резисторов?

Почему?

Таблица 5.1 – Информация на шкале измерительных приборов

№	Единицы измерения	Пределы измерения	Род тока
1	V	0 – 50	—
2	V	0 – 20	—
3	V	0 – 30	~
4	kV	0 – 1	~
5	mA	0 – 300	—
6	A	0 – 5	—
7	kA	0 – 2	~
8	$\Omega$	0 – 50	—
9	k $\Omega$	0 – 1	—
10	kW	0 – 0,6	~
11	W	0 – 50	—

### Учебный материал

При последовательном соединении резисторы соединяются в одну неразветвленную цепочку. Ток в каждом резисторе одинаков и равен общему току всей цепи. Напряжение, приложенное к цепи равно сумме падений напряжений на каждом резисторе. Общее сопротивление всей цепи равно сумме сопротивлений отдельных резисторов.

При параллельном соединении все резисторы подключены к двум узловым точкам цепи. Напряжение на всех резисторах одинаково, так как их концы подключены к одному и тому же источнику электрической энергии. Общий ток в неразветвленной части цепи равен сумме токов в каждом разветвлении (в каждом резисторе). Общее сопротивление цепи можно определить из соотношения:

$$1/R_{\text{экв}} = \sum 1/R \quad (5.1)$$

Для электрических цепей постоянного тока соблюдается закон баланса мощностей: мощность всей цепи равна сумме мощностей на отдельных участках цепи.

На участке электрической цепи соблюдается закон Ома: сила тока на участке прямо пропорциональна приложенному напряжению и обратно пропорциональна сопротивлению участка.

## Практическая работа 6

**Наименование:** Определение технических характеристик и проверка технического состояния токоприемников.

**Цель работы:** Исследовать технические характеристики токоприемников переменного и постоянного тока.

**Оборудование:** - миллиамперметр постоянного тока 50 мА;

- вольтметр постоянного тока 50V;
- резистор ПЭВ - 705 – 200 Ом;
- блок питания постоянного тока 0 – 30V;
- провода.

**Порядок выполнения:**

1. Внимательно прочитайте учебный материал.

2. Изобразите в тетради электрическую схему последовательного соединения токоприемника и тяговый контейнер с указанием места включения электроизмерительных приборов: миллиамперметр для измерения силы тока в цепи, а вольтметры для измерения падения напряжения.

3. Соберите электрическую цепь по схеме, что ранее изобразили. Дайте её проверить преподавателю.

4. Подключите питание к проверенной электрической цепи. Входное напряжение выбирайте по мере возрастания, действуя в заданном интервале питающего напряжения используемого источника. При этом снимите показания электроизмерительных приборов.

5. Используя экспериментальные данные, постройте на одной координатной плоскости вольтамперные характеристики лампы накаливания и резистора. Построение выполните на тетрадном листе.

6. Проанализируйте построенные вольтамперные характеристики. Сделайте обоснованный вывод о линейности.

7. Письменно ответьте на контрольные вопросы.

7.1 Чем задаются параметры измерения проверки технических характеристик токоприемников?

7.2 Какое значение имеют отклонения от характеристик? Почему?

## **Задание**

**Исследуйте физические характеристики токоприемников.**

## **Учебный материал**

Нелинейными называются цепи, в которые включены нелинейные элементы.

Элемент электрической цепи, сопротивление которого зависит от величины и направления тока в нём или от напряжения на его зажимах, называется нелинейным.

Кроме того, к техническим характеристикам относят силу нажатия ползца токоприемника на контактную сеть.

Вольтамперные характеристики линейного и нелинейного элементов имеют разный вид и изображаются в виде кривых, построенных на основании



экспериментальных данных. На рисунке 6.1 представлены характеристики трёх элементов. Характеристики электрических параметров изображены под номерами 2 и 3, сила нажатия под номером 1.

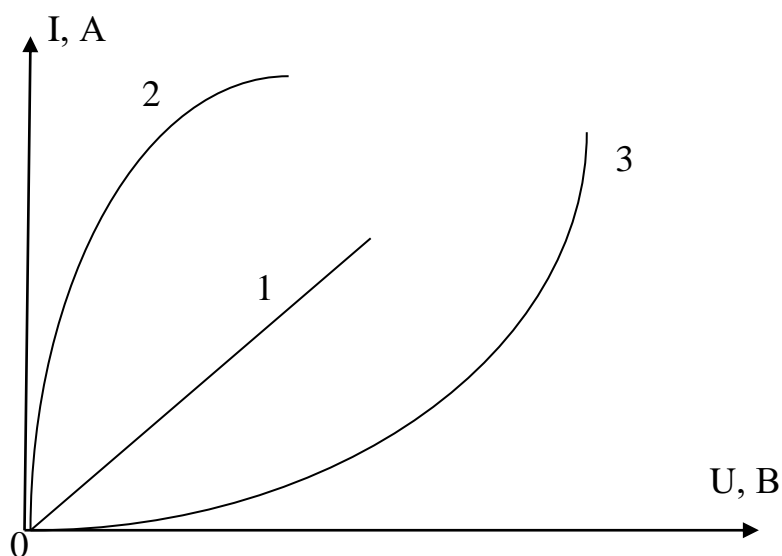


Рисунок 6.1 – Технические характеристики токоприемника

## Практическая работа 7

**Наименование:** Определение и проверка технических характеристик высоковольтных аппаратов коммутации.

**Цель работы:** Исследовать поведение тока и напряжения при разных характерах нагрузки на заданном участке электрической цепи переменного тока высоковольтным аппаратом коммутации.

**Оборудование:** миллиамперметр переменного тока 500 мА; вольтметр переменного тока 250V; плата 2 (резистор ПЭВ - 75 – 750 Ом, конденсатор, катушка); блок питания переменного тока ~ 0 - 250 V (БП 4822 – 2); провода.

**Порядок выполнения:**

1. Внимательно прочитайте учебный материал.
2. Изобразите в тетради электрическую схему последовательного соединения конденсатора (или катушки) и резистора с указанием места включения электроизмерительных приборов: миллиамперметр для измерения силы тока в цепи,

а вольтметры для измерения падения напряжения на резисторе и катушке (или конденсаторе), а также напряжения, подаваемого на вход цепи.

3. Перенесите значения в таблицу 7.1 (или 7.2).

4. Соберите электрическую цепь по схеме, что ранее изобразили. Дайте её проверить преподавателю.

5. Установите переключатель ЛАТР в положение « $\sim 0 - 250 \text{ V}$ », зафиксируйте на нём напряжение 220В.

6. Подключите соответствующее питание к проверенной электрической цепи и снимите показания электроизмерительных приборов. Результаты измерения занесите в таблицу 7.1 (или 7.2).

7. Используя формулу 7.1 (или 7.2) и опираясь на рисунок 7.1 (или 7.2) постройте векторную диаграмму при заданной нагрузке.

8. Ответьте на контрольные вопросы.

8.1 В чём суть понятий: «активная нагрузка», «реактивная нагрузка»?

8.2 Зависит ли сдвиг фаз между током и напряжением от характера нагрузки и величины её сопротивления? Если да, то как?

8.3 Влияет ли характер нагрузки и величина её сопротивления на потребляемую мощность? Если да, то как?

## **Задание**

**Исследуйте поведение тока и напряжения при заданной нагрузке. Установите зависимость коэффициента мощности от величины и характера нагрузки аппаратов коммутации.**

## **Учебный материал**

Электрическая цепь переменного тока с реальной катушкой, то есть катушкой, обладающей активным сопротивлением  $R$  и индуктивностью  $L$ , можно рассматривать как неразветвленную цепь с последовательно включенными активным  $R$  и индуктивным  $X_L$  сопротивлениями.

Действующее значение напряжения цепи  $U$  определяется геометрической суммой действующих значений падения напряжения на активном  $U_R$  и индуктивном  $U_L$  сопротивлениях реальной катушки, то есть:

$$\vec{U} = \vec{U}_R + \vec{U}_L \quad (7.1)$$

Так как падение напряжения на активном сопротивлении совпадает по фазе с током, а падение напряжения на индуктивном (реактивном) сопротивлении опережает по фазе ток на  $90^\circ$ , то пользуясь формулой (7.1), получаем векторную диаграмму, представленную на рисунке 7.1.

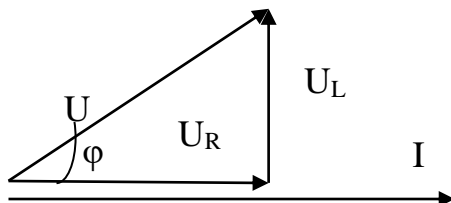


Рисунок 7.1 – Векторная диаграмма при RL нагрузке

Если в цепь переменного тока последовательно включены резистор и конденсатор, то её можно рассматривать как цепь, имеющую активное  $R$  и емкостное  $X_C$  сопротивления соответственно.

Действующее значение напряжения цепи  $U$  определяется геометрической суммой действующих значений падения напряжения на активном  $U_R$  и емкостном  $U_C$  сопротивлениях, то есть:

$$\vec{U} = \vec{U}_R + \vec{U}_C \quad (7.2)$$

Так как падение напряжения на активном сопротивлении совпадает по фазе с током, а падение напряжения на емкостном (реактивном) сопротивлении отстает по фазе от тока на  $90^\circ$ , то пользуясь формулой (7.2), получаем векторную диаграмму, представленную на рисунке 7.2.

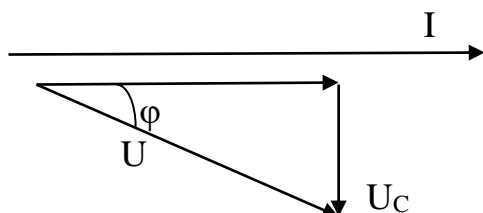


Рисунок 7.2 – Векторная диаграмма при RC нагрузке

В векторных диаграммах, представленных на рисунках 8.1 и 8.2, показан угол  $\varphi$ , являющийся сдвигом фаз между током и напряжением на входе.

С помощью значения этого угла можно определить коэффициент мощности цепи по формуле:

$$\cos\varphi = P/S, \quad (7.3)$$

где  $P$  – активная мощность, Вт,

$S$  – полная мощность, В·А.

Так как в цепи переменного тока потребляется только часть полной мощности, то по величине  $\cos\varphi$  можно судить об эффективности работы цепи. Понятно, что  $\cos\varphi = 1$  в том случае, если вся мощность активизируется.

Таблица 7.1 – Действующие величины при RL нагрузке

	U, В	I, мА	U <sub>R</sub> , В	U <sub>L</sub> , В	$\varphi$	$\cos\varphi$
Измерено						—
Рассчитано		—	—	—	—	

Таблица 7.2 – Действующие величины при RC нагрузке

	U, В	I, мА	U <sub>R</sub> , В	U <sub>C</sub> , В	$\varphi$	$\cos\varphi$
Измерено						—
Рассчитано		—	—	—	—	

## Практическая работа 8

**Наименование:** Проверка технического состояния разрядников и антенны радиосвязи.

**Цель работы:** Исследовать действие нулевого провода и проверить соотношения между фазными и линейными напряжениями в четырёхпроводной цепи.

**Оборудование:** вольтметр переменного тока 250V; плата 3; блок питания переменного тока 3 ~ 220 V (БП 4822 – 2); лампы накаливания РН 230 – 15 (4 шт.); провода.

### **Порядок выполнения:**

1. Внимательно прочитайте учебный материал.
2. Перенесите в тетрадь электрическую схему, представленную на рисунке 8.1 и таблицу 8.1.
3. Соберите электрическую цепь по представленной схеме. Дайте её проверить преподавателю.
4. Подключите проверенную электрическую цепь к клеммам трёхфазного питания и снимите показания вольтметра при обеих позициях тумблера В<sub>3</sub>. Результаты измерения занесите в графу «Несимметричная нагрузка» таблицы 8.1.
5. Извлеките в фазе В из гнезда одну лампу и повторите измерения. Результаты занесите в графу «Симметричная нагрузка» таблицы 8.1.
6. Сравните значения фазных напряжений при замкнутом и разомкнутом тумблере при несимметричной нагрузке. Обоснуйте полученный результат.
7. Сравните значения фазных напряжений при замкнутом и разомкнутом тумблере при симметричной нагрузке. Обоснуйте полученный результат.
8. Ответьте на контрольные вопросы.
  - 8.1 Для чего служит нулевой провод и когда можно обойтись без него?
  - 8.2 Как отражается отсутствие нулевого провода на яркости ламп в случае несимметричной нагрузки? Почему?
  - 8.3 Почему в электрической цепи антенн радиосвязи отсутствует нулевой провод?

### **Задание**

**Исследуйте действие нулевого провода в трёхфазной цепи при соединении фаз звездой.**

### **Учебный материал**

При соединении проводов концы его обмоток соединяются в одну точку, которая называется *нулевой* или *нейтральной*. При этом источник питания с потребителем соединяется тремя или четырьмя проводами.

Первые три соединительных провода называются *линейными* и подключаются к началам трёх фаз: А, В, С соответственно. Четвёртый провод называют *нулевым* или *нейтральным*, он подключается к концам трёх фаз.

В трёхфазной цепи действуют линейные и фазные токи, линейные и фазные напряжения. Токи, проходящие по линейным проводам, называются линейными, а токи, проходящие по фазам, называют фазными.

Напряжение, измеренное между началом и концом одной фазы, называется *фазным*.

Напряжение, измеренное между началами двух фаз, называется *линейным*.

Нулевой провод в четырёхпроводной цепи предназначен для обеспечения симметрии фазных напряжений при несимметричной нагрузке.

Несимметрия фазных напряжений не допустима, так как нарушает нормальную работу потребителей, рассчитанных на определённое рабочее напряжение.

Нагрузка считается *симметричной*, если все три нагрузочных сопротивления равны по величине и имеют одинаковый характер.

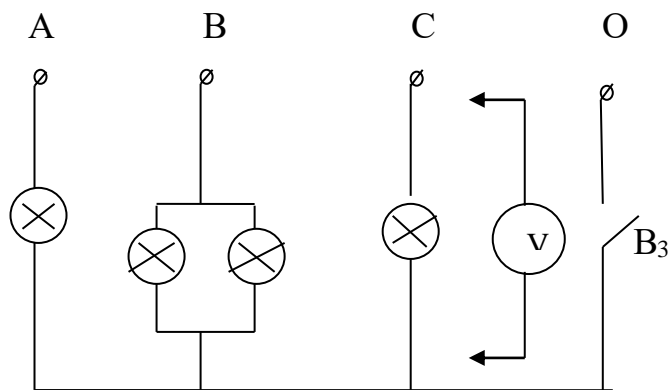


Рисунок 8.1 – Схема четырёхпроводной пи

Таблица 8.1 – Показания вольтметра

Положение тумблера $B_3$	Несимметричная нагрузка			Симметричная нагрузка		
	$U_{A,B}$	$U_{B, B}$	$U_{C, B}$	$U_{A,B}$	$U_{B, B}$	$U_{C, B}$
Замкнут						
Разомкнут						

## Практическая работа 9

**Наименование:** Проверка технического состояния выпрямительной установки, аккумуляторной батареи и электронасосов.

**Цель работы:** Изучить этапы проверки обмотки элементов электронасоса.

**Оборудование:** тестер; обмотка электронасоса; соединительные провода; тестер (в режиме омметра).

### Порядок выполнения:

1. Внимательно прочитайте учебный материал.
2. Перенесите в тетрадь таблицы 9.1 и 9.2.
3. Проверьте предложенную обмотку выключателя электронасоса на обрыв, как показано на рисунке 9.1. Результаты проверки занесите в таблицу 9.1.
4. Проверьте предложенную обмотку выключателя на короткое замыкание, как показано на рисунке 9.2. Результаты проверки занесите в таблицу 9.2.
5. Устно ответьте на контрольные вопросы.
  - 5.1 Какое количество фаз имеет выключатель электронасоса? Каким способом они соединены?
  - 5.2 Каким должно быть заключение, если при тестировании обмотки на короткое замыкание стрелка тестера не отклонилась?
  - 5.3 Какое заключение необходимо сделать, если при диагностике обмотки выключателя на обрыв тестер показал только два одинаковых значения?
  - 5.4 Сколько фаз обмоток выключателя электронасоса необходимо протестировать на обрыв, чтобы сделать заключение?
  - 5.5 Сколько выводов обмоток выключателя достаточно протестировать на короткое замыкание, чтобы сделать заключение?

### Задание

**Проверьте состояние обмотки элементов электронасоса на обрыв и короткое замыкание.**

### Учебный материал

Обмотка электронасоса проверяется на обрыв и короткое замыкание.

При обрыве одной фазы в цепи обмотки электронасоса увеличивается сопротивление в цепи остальных фаз, от чего снижается мощность, а аккумуляторная батарея не будет полностью заряжаться.

В случае обрыва в обмотке двух фаз выключается вся обмотка выключателя, и инвертор не работает.

Проверка обмотки электронасоса **на обрыв** (Рисунок 9.1) проводится поочерёдным подключением тестера (в режиме омметра) к концам двух фаз. При обрыве стрелка тестера не отклоняется.

Обратите внимание, при всех подключениях тестера между выводами фаз, его показания должны быть одинаковыми. Если же тестер будет показывать разное сопротивление, это значит, что в обмотке выключателя есть межвитковое замыкание. При такой неисправности существенно снижается мощность инвертора, а аккумуляторная батарея заряжается только на большой частоте зарядного устройства.

**Короткое замыкание** обмотки электронасоса на корпус (Рисунок 9.2) определяется подключением одного щупа тестера (в режиме омметра) к одному из выводов обмотки, а второго щупа – к корпусу электронасоса. Если стрелка тестера отклоняется, значит, обмотка электронасоса замыкает на корпус. Такая неисправность возникает вследствие механического или теплового повреждения изоляции обмотки. При этом значительно снижается мощность зарядного устройства, происходит его перегрев. Аккумуляторная батарея заряжается только от зарядного устройства.

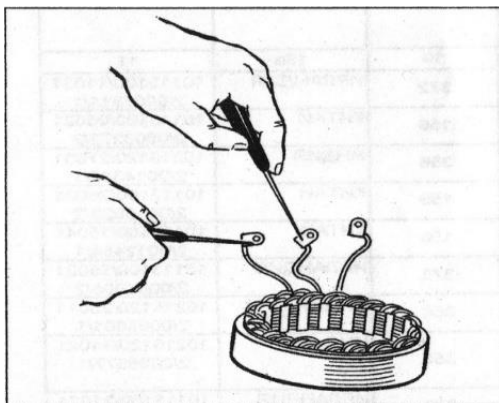


Рисунок 9.1 – Проверка обмотки на обрыв



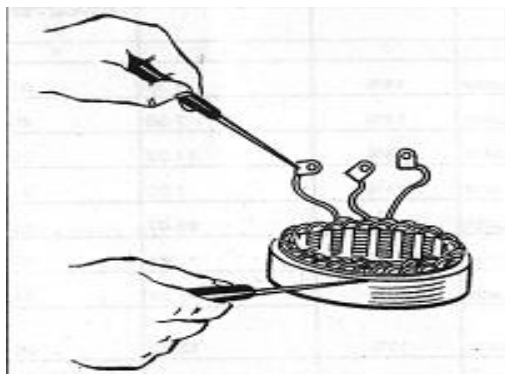


Рисунок 9.2 – Проверка обмотки на короткое замыкание

Таблица 9.1 – Результат проверки обмотки на обрыв

Показания тестера			Заключение
$Z_{AB}, \text{Ом}$	$Z_{BC}, \text{Ом}$	$Z_{CA}, \text{Ом}$	

Таблица 9.2 – Результат проверки обмотки на короткое замыкание

Показания тестера, <i>стрелка отклонилась /не отклонилась</i>	Заключение

## Практическая работа 10

**Наименование:** Проверка технического состояния мотор-вентилятора, электрокалорифера и электрической печи.

**Цель работы:** Проанализировать работу схемы пуска мотор-вентилятора.

**Порядок выполнения:**

1. Внимательно прочитайте учебный материал.
2. Самостоятельно рассмотрите работу схемы мотор-вентилятора, изображенную на рисунке 10.1.
3. Письменно ответьте на контрольные вопросы:
  - 3.1 Что позволяет обеспечить управление мотор-вентилятором?
  - 3.2 Перечислите электрооборудование, указанное в схеме на рисунке 10.1.

3.3 Чем обеспечивается дистанционный пуск и остановка двигателя?

3.4 От каких аварийных режимов предусмотрена защита в схеме на рисунке 10.1?

Какими электрическими аппаратами она осуществляется?

3.5 Что может произойти, если убрать из схемы на рисунке 10.2 действие контактов магнитных пускателей на участках, указанных стрелками 1 и 2 (обратите внимание, указанные контакты срабатывают на замыкание или на размыкание?)?

## **Задание**

**Определите техническое состояние мотор-вентилятора.**

## **Учебный материал**

Механизация технологических процессов технического обслуживания и ремонта подвижного состава имеет важное технико-экономическое и социальное значение, которое выражается не только в уменьшении численности ремонтных рабочих за счёт снижения трудоёмкости работ по ТО и ремонту подвижного состава, но и за счёт повышения качества выполнения ТО и ремонта, а также улучшения условий труда ремонтного персонала.

Технологическое оборудование ПТО имеет широкий спектр выполняемых операций, основанных на электроприводе. Например, подъёмно-осмотровое и подъёмно-транспортное оборудование, простые токарные, сверлильные и другие электрические машины и т. д.

Электроприводом называется электромеханическое устройство, предназначенное для электрификации и автоматизации рабочих процессов.

Системы управления электроприводов состоят из типовых узлов, выполняющих отдельные функции. Одной из главных функций управления электроприводом является пуск и выключение электродвигателя.

Самым простым способом пуска электрических машин является прямое включение, схема которого изображена на рисунке 10.1. Данная схема используется при пуске двигателей малой и средней мощности.

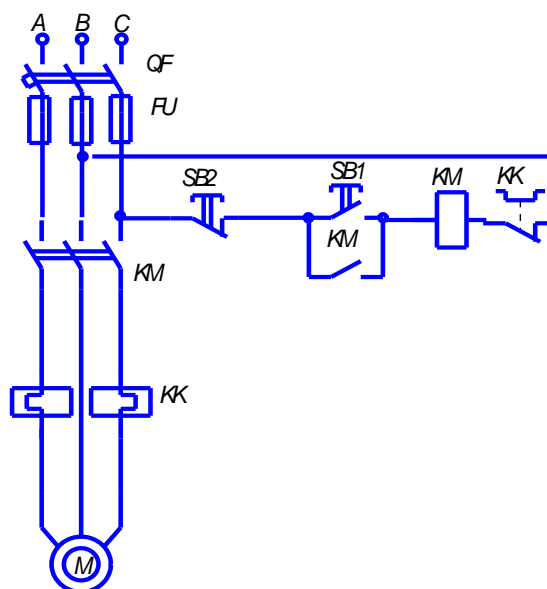


Рисунок 10.1 – Схема прямого пуска электрической машины

Для пуска электрической машины оператор нажимает на кнопку SB1, при этом катушка магнитного пускателя KM получает питание, магнитный пускатель срабатывает, включая контакты в цепи выключателя электродвигателя, и блокирует пусковую кнопку. Электродвигатель разгоняется. При перегрузке (если ток выключателя превышает 1,1-1,2 А номинального значения) срабатывает тепловое реле KK, отключая своим контактом цепь питания катушки магнитного пускателя.

Для остановки электродвигателя оператор нажимает на кнопку SB2 (стоп). Для защиты от коротких замыканий и перегрузок используется автоматический выключатель QF. Каждая фазовая защита от коротких замыканий предусмотрена плавкими предохранителями FU.

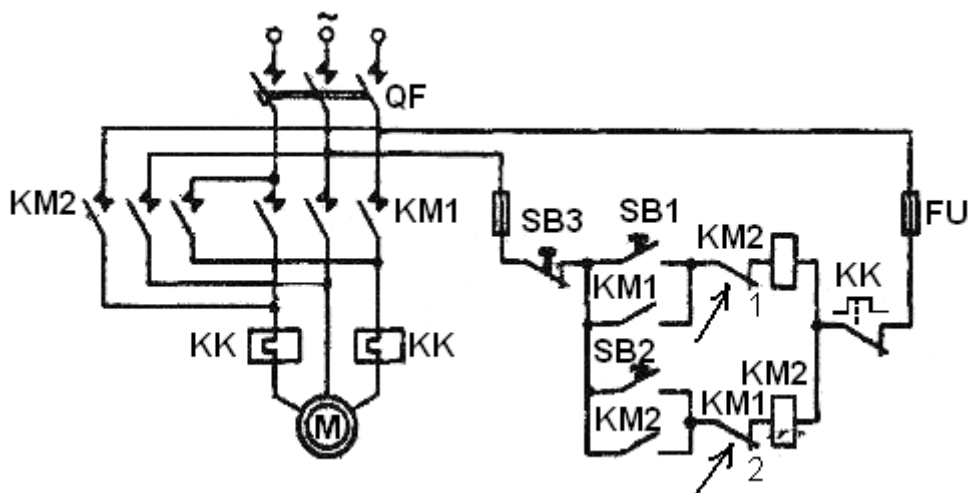


Рисунок 10.2 – Схема управления электродвигателем

## **Практическая работа 11**

**Наименование:** Определение качества топлива.

**Цель работы:** Изучить назначение и принцип действия логометрического определителя качества топлива.

**Порядок выполнения:**

1. Внимательно прочитайте учебный материал, сопоставляя содержание текста с рисунками 11.1 и 11.2.

2. Перенесите электрическую схему логометрического определителя качества топлива с расшифровкой цифровых обозначений.

3. Устно ответьте на контрольные вопросы:

3.1 С какой целью на подвижном составе определяют качество топлива?

3.2 Что используется в качестве чувствительного элемента в датчике определителя качества топлива? На что реагирует этот чувствительный элемент?

3.3 В изменения какой величины реостатный датчик преобразует изменения измеряемой физической величины?

3.4 На изменения какой величины реагирует стрелка логометрического определителя качества топлива? Зависит ли эта величина от силы тока, протекающего через обмотки указателя, если да, то как?

3.5 Каким образом оператор получает информацию о качестве топлива?

**Задание**

**Определите дальнейшую возможность использования топлива.**

**Учебный материал**

Информация о качестве топлива на подвижном составе позволяет оператору рассчитать расстояние, которое может проехать подвижной состав без дополнительной заправки и его замены. Для этого на составах устанавливаются приборы для измерения уровня топлива и температуры масла, которые выводят информацию о количестве топлива в баке и температуру масла на панель приборов. Когда топлива остаётся слишком мало, стрелка приближается к красному сектору,

во многих приборах управления при этом дополнительно загорается соответствующий индикатор.

На современном подвижном составе применяют дистанционные электрические указатели уровня топлива и смазочных масел двух видов: электромагнитные и магнитоэлектрические (логометрические). Последние обладают значительно меньшей погрешностью измерения вследствие конструктивных особенностей. Подвижной состав отечественного производства имеет измеритель уровня топлива логометрического типа с реостатным датчиком или датчик – указатель уровня топлива и масла.

Конструкция реостатного датчика представлена на рисунке 11.1.

Датчик помещён в корпус 3, крышка 4 которого имеет установочный фланец 6 и вывод 5. В нижней части корпуса установлен реостат из текстолитовой пластины 10 с намотанной на неё с неравномерным шагом нихромовой проволокой 12. Один конец 11 обмотки реостата соединён с выводом 5, а второй – с массой 8. Соединение с массой обеспечивает отсутствие искрения.

Ползунок 9 реостата установлен на вращающейся оси 2 и связан с подвижным рычагом 7, на конце которого закреплён пластмассовый поплавок 1. Корпус датчика установлен на верхней крышке топливного бака таким образом, что рычаг с поплавком расположен внутри бака. При понижении уровня топлива поплавок с рычагом перемещается вниз, а ползунок по обмотке реостата в сторону уменьшения сопротивления реостата. Датчик снабжён контактным устройством, при помощи которого включается сигнализатор, оповещающий водителя о снижении уровня топлива до минимального значения и необходимости произвести заправку.

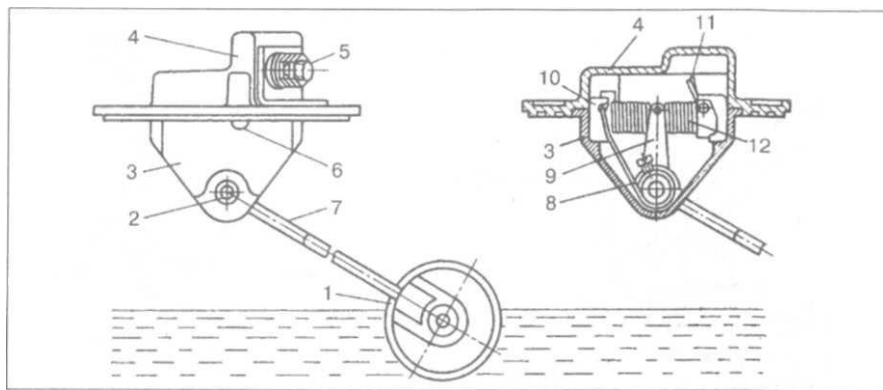


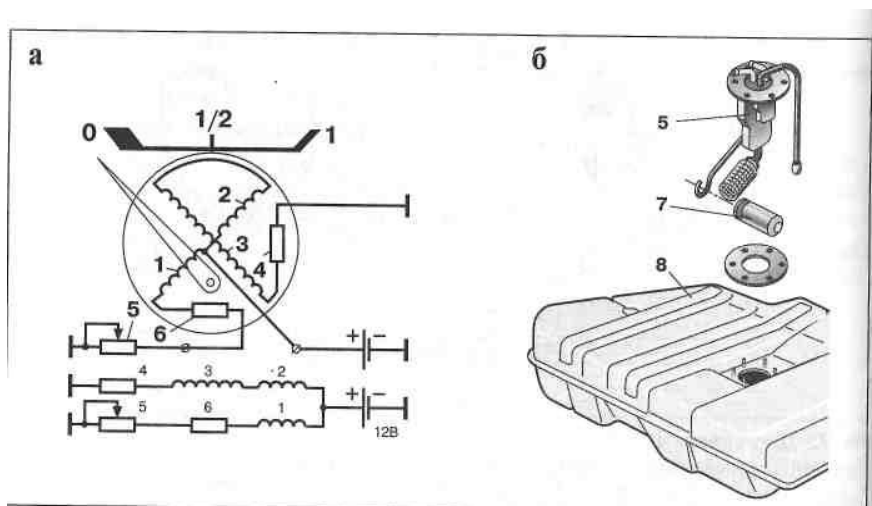
Рисунок 11.1 – Датчик измерителя качества топлива

Конструкция и схема логометрического измерителя качества топлива и масел представлены на рисунке 11.2.

В качестве указателя используется магнитоэлектрический логометр – прибор, измеряющий отношение токов, протекающих по его обмоткам.

Логометрический указатель имеет три измерительных обмотки 1, 2, 3, соединённые таким образом, что магнитные потоки, создаваемые обмотками 1 и 2, действуют вдоль их общей оси и направлены навстречу друг другу. Суммарный магнитный поток обеих обмоток определяется разностью их магнитных потоков. Магнитный поток обмотки 3 действует под углом  $90^\circ$  к суммарному магнитному потоку обмоток 1 и 2. Обмотки 2 и 3 подключены к «массе» через термокомпенсационный резистор 4, а обмотка 1 через добавочный резистор 6 соединена с датчиком 5. Изменение величины сопротивления реостатного датчика оказывает влияние на величину тока, протекающего в индукционных катушках, а это в свою очередь соответственно изменяет магнитные потоки обмоток указателя, что приводит к отклонению стрелки на соответствующий угол.

Размещение элементов представлено на рисунке 11.2 (б), где 5 – датчик; 7 – поплавок; 8 – топливный бак.



а – электрическая схема; б – размещение

Рисунок 11.2 – Логометрический измеритель качества топлива

## Практическая работа 12

**Наименование:** Определение качества моторного масла.

**Цель работы:** Изучить назначение и принцип действия логометрического определителя качества моторных масел.

**Порядок выполнения:**

1. Внимательно прочитайте учебный материал, сопоставляя содержание текста с рисунками 12.1 и 12.2.

2. Перенесите электрическую схему логометрического определителя качества топлива с расшифровкой цифровых обозначений.

3. Устно ответьте на контрольные вопросы:

3.1 С какой целью на подвижном составе определяют качество моторных масел?

3.2 Что используется в качестве чувствительного элемента в датчике определителя качества моторных масел? На что реагирует этот чувствительный элемент?

3.3 В изменения какой величины реостатный датчик преобразует изменения измеряемой физической величины?

3.4 На изменения какой величины реагирует стрелка логометрического определителя качества моторных масел? Зависит ли эта величина от силы тока, протекающего через обмотки указателя, если да, то как?

3.5 Каким образом оператор получает информацию о качестве моторных масел?

**Задание**

**Определите дальнейшую возможность использования моторного масла.**

**Учебный материал**

Информация о качестве моторного масла на подвижном составе позволяет оператору рассчитать расстояние, которое может проехать подвижной состав без дополнительной заправки и замены. Для этого на составах устанавливаются приборы для измерения уровня и температуры моторного масла, которые выводят информацию о количестве масла в баке и температуру масла на панель приборов.

Когда масла остаётся слишком мало, стрелка приближается к красному сектору, во многих приборах управления при этом дополнительно загорается соответствующий индикатор.

На современном подвижном составе применяют дистанционные электрические указатели уровня моторных масел двух видов: электромагнитные и магнитоэлектрические (логометрические). Последние обладают значительно меньшей погрешностью измерения вследствие конструктивных особенностей. Подвижной состав отечественного производства имеет измеритель уровня масла логометрического типа с реостатным датчиком или датчик – указатель уровня масла.

Конструкция реостатного датчика представлена на рисунке 12.1.

Датчик помещён в корпус 3, крышка 4 которого имеет установочный фланец 6 и вывод 5. В нижней части корпуса установлен реостат из текстолитовой пластины 10, с намотанной на неё с неравномерным шагом нихромовой проволокой 12. Один конец 11 намотки реостата соединён с выводом 5, а второй – с массой 8. Соединение с массой обеспечивает отсутствие искрения.

Ползунок 9 реостата установлен на вращающейся оси 2 и связан с подвижным рычагом 7, на конце которого закреплён пластмассовый поплавок 1. Корпус датчика установлен на верхней крышке бака таким образом, что рычаг с поплавком расположен внутри бака. При понижении уровня топлива поплавок с рычагом перемещается вниз, а ползунок по обмотке реостата в сторону уменьшения сопротивления реостата. Датчик снабжён контактным устройством, при помощи которого включается сигнализатор, оповещающий водителя о снижении уровня масла до минимального значения и необходимости произвести заправку.

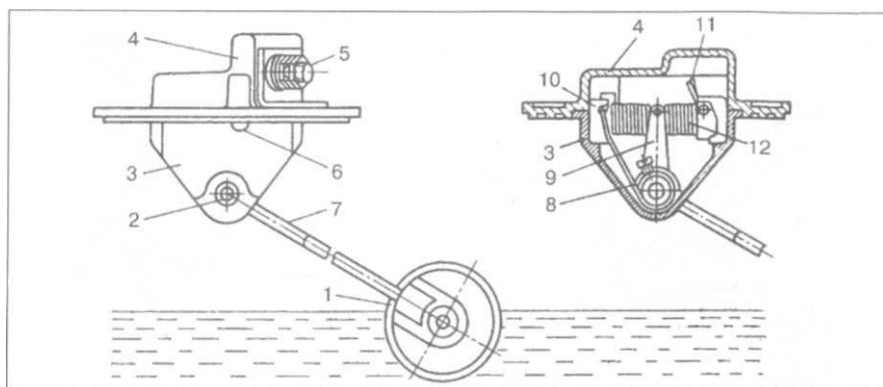


Рисунок 12.1 – Датчик измерителя качества моторного масла

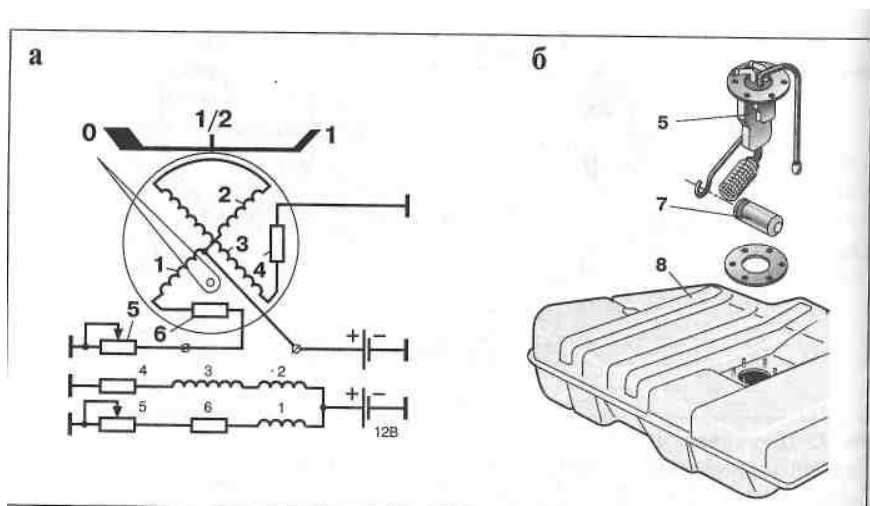


Конструкция и схема логометрического измерителя качества масел представлены на рисунке 12.2.

В качестве указателя используется магнитоэлектрический логометр – прибор, измеряющий отношение токов, протекающих по его обмоткам.

Логометрический указатель имеет три измерительных обмотки 1, 2, 3, соединённые таким образом, что магнитные потоки, создаваемые обмотками 1 и 2, действуют вдоль их общей оси и направлены навстречу друг другу. Суммарный магнитный поток обеих обмоток определяется разностью их магнитных потоков. Магнитный поток обмотки 3 действует под углом  $90^\circ$  к суммарному магнитному потоку обмоток 1 и 2. Обмотки 2 и 3 подключены к «массе» через термокомпенсационный резистор 4, а обмотка 1 через добавочный резистор 6 соединена с датчиком 5. Изменение величины сопротивления реостатного датчика оказывает влияние на величину тока, протекающего в индукционных катушках, а это в свою очередь соответственно изменяет магнитные потоки обмоток указателя, что приводит к отклонению стрелки на соответствующий угол.

Размещение элементов представлено на рисунке 12.2 (б), где 5 – датчик; 7 – поплавок; 8 – топливный бак.



а – электрическая схема; б – размещение

Рисунок 12.2 – Логометрический измеритель качества моторного масла

### Практическая работа 13

**Наименование:** Определение качества пластичной смазки.

**Цель работы:** Изучить назначение и принцип действия логометрического определителя качества пластичной смазки.

**Порядок выполнения:**

1. Внимательно прочитайте учебный материал, сопоставляя содержание текста с рисунками 13.1 и 13.2.

2. Перенесите электрическую схему логометрического определителя качества пластичной смазки с расшифровкой цифровых обозначений.

3. Устно ответьте на контрольные вопросы:

3.1 С какой целью на подвижном составе определяют качество пластичной смазки?

3.2 Что используется в качестве чувствительного элемента в датчике определителя качества пластичной смазки? На что реагирует этот чувствительный элемент?

3.3 В изменения какой величины реостатный датчик преобразует изменения измеряемой физической величины?

3.4 На изменения какой величины реагирует стрелка логометрического определителя качества пластичной смазки? Зависит ли эта величина от силы тока, протекающего через обмотки указателя, если да, то как?

3.5 Каким образом оператор получает информацию о качестве пластичной смазки?

**Задание**

**Определите дальнейшую возможность использования пластичной смазки.**

**Учебный материал**

Информация о качестве пластичной смазки на подвижном составе позволяет оператору рассчитать расстояние, которое может проехать подвижной состав без дополнительной заправки и их замены. Для этого на составах устанавливаются приборы для измерения уровня пластичной смазки, которые выводят информацию о количестве и температуру пластичной смазки на панель приборов. Когда пластичной смазки остаётся слишком мало, стрелка приближается к красному

сектору, во многих приборах управления при этом дополнительно загорается соответствующий индикатор.

На современном подвижном составе применяют дистанционные электрические указатели уровня пластичной смазки двух видов: электромагнитные и магнитоэлектрические (логометрические). Последние обладают значительно меньшей погрешностью измерения вследствие конструктивных особенностей. Подвижной состав отечественного производства имеет измеритель уровня пластичной смазки логометрического типа с реостатным датчиком или датчик – указатель уровня масла.

Конструкция реостатного датчика представлена на рисунке 13.1.

Датчик помещён в корпус 3, крышка 4 которого имеет установочный фланец 6 и вывод 5. В нижней части корпуса установлен реостат из текстолитовой пластины 10 с намотанной на неё с неравномерным шагом нихромовой проволокой 12. Один конец 11 обмотки реостата соединён с выводом 5, а второй – с массой 8. Соединение с массой обеспечивает отсутствие искрения.

Ползунок 9 реостата установлен на вращающейся оси 2 и связан с подвижным рычагом 7, на конце которого закреплён пластмассовый поплавок 1. Корпус датчика установлен на верхней крышке топливного бака таким образом, что рычаг с поплавком расположен внутри бака. При понижении уровня пластичной смазки поплавок с рычагом перемещается вниз, а ползунок по обмотке реостата в сторону уменьшения сопротивления реостата. Датчик снабжён контактным устройством, при помощи которого включается сигнализатор, оповещающий водителя о снижении уровня масла до минимального значения и необходимости произвести заправку.

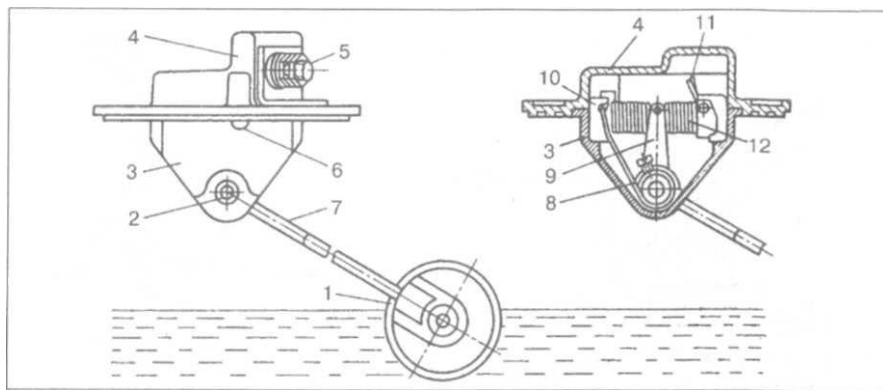


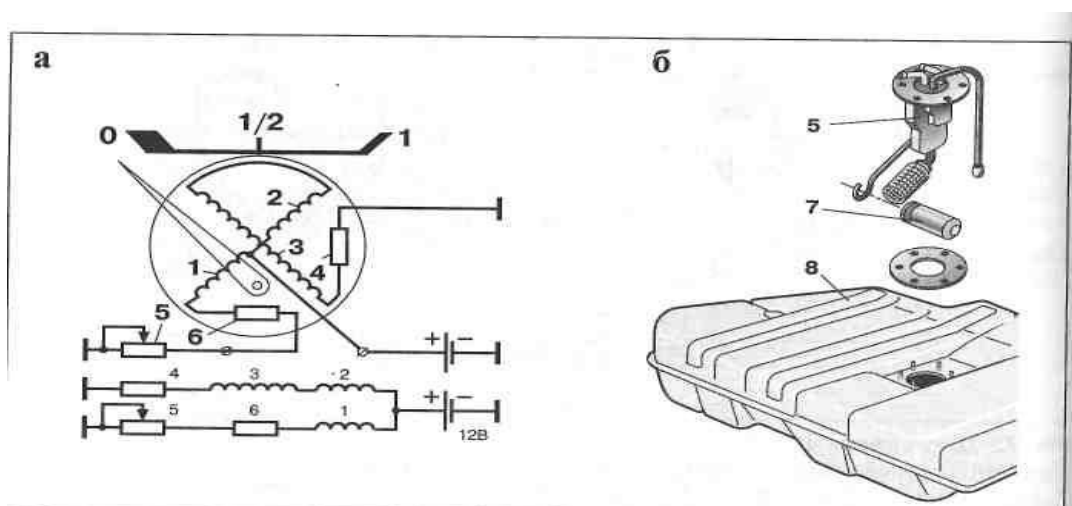
Рисунок 13.1 – Датчик измерителя качества пластичной смазки

Конструкция и схема логометрического измерителя качества пластичной смазки представлены на рисунке 13.2.

В качестве указателя используется магнитоэлектрический логометр – прибор, измеряющий отношение токов, протекающих по его обмоткам.

Логометрический указатель имеет три измерительных обмотки 1, 2, 3, соединённые таким образом, что магнитные потоки, создаваемые обмотками 1 и 2, действуют вдоль их общей оси и направлены навстречу друг другу. Суммарный магнитный поток обеих обмоток определяется разностью их магнитных потоков. Магнитный поток обмотки 3 действует под углом  $90^\circ$  к суммарному магнитному потоку обмоток 1 и 2. Обмотки 2 и 3 подключены к «массе» через термокомпенсационный резистор 4, а обмотка 1 через добавочный резистор 6 соединена с датчиком 5. Изменение величины сопротивления реостатного датчика оказывает влияние на величину тока, протекающего в индукционных катушках, а это в свою очередь соответственно изменяет магнитные потоки обмоток указателя, что приводит к отклонению стрелки на соответствующий угол.

Размещение элементов представлено на рисунке 13.2 (б), где 5 – датчик; 7 – поплавок; 8 – топливный бак.



а – электрическая схема; б – размещение

Рисунок 13.2 – Логометрический измеритель качества пластичной смазки

## Практическая работа 14

**Наименование:** Определение качества лакокрасочных материалов.

**Цель работы:** Изучить назначение и принцип действия логометрического определителя качества лакокрасочных материалов.

**Порядок выполнения:**

1. Внимательно прочитайте учебный материал, сопоставляя содержание текста с рисунками 14.1 и 14.2.

2. Перенесите электрическую схему логометрического определителя качества лакокрасочных материалов с расшифровкой цифровых обозначений.

3. Устно ответьте на контрольные вопросы:

3.1 С какой целью на подвижном составе определяют качество лакокрасочных материалов?

3.2 Что используется в качестве чувствительного элемента в датчике определителя качества лакокрасочных материалов? На что реагирует этот чувствительный элемент?

3.3 В изменения какой величины реостатный датчик преобразует изменения измеряемой физической величины?

3.4 На изменения какой величины реагирует стрелка логометрического определителя качества лакокрасочных материалов? Зависит ли эта величина от силы тока, протекающего через обмотки указателя, если да, то как?

3.5 Каким образом оператор получает информацию о качестве лакокрасочных материалов?

**Задание**

**Определите дальнейшую возможность использования лакокрасочных материалов.**

**Учебный материал**

Информация о качестве лакокрасочных материалов на подвижном составе позволяет оператору рассчитать расстояние, которое может проехать подвижной состав без дополнительной заправки и замены лакокрасочных материалов. Для этого

на составах устанавливаются приборы для измерения уровня топлива и температуры масла, которые выводят информацию о количестве лакокрасочных материалов и температуру на панель приборов. Когда топлива остаётся слишком мало, стрелка приближается к красному сектору, во многих приборах управления при этом дополнительно загорается соответствующий индикатор.

На современном подвижном составе применяют дистанционные электрические указатели уровня лакокрасочных материалов двух видов: электромагнитные и магнитоэлектрические (логометрические). Последние обладают значительно меньшей погрешностью измерения вследствие конструктивных особенностей. Подвижной состав отечественного производства имеет измеритель уровня лакокрасочных материалов логометрического типа с реостатным датчиком или датчик – указатель уровня лакокрасочных материалов.

Конструкция реостатного датчика представлена на рисунке 14.1.

Датчик помещён в корпус 3, крышка 4 которого имеет установочный фланец 6 и вывод 5. В нижней части корпуса установлен реостат из текстолитовой пластины 10 с намотанной на неё с неравномерным шагом нихромовой проволокой 12. Один конец 11 намотки реостата соединён с выводом 5, а второй – с массой 8. Соединение с массой обеспечивает отсутствие искрения.

Ползунок 9 реостата установлен на вращающейся оси 2 и связан с подвижным рычагом 7, на конце которого закреплён пластмассовый поплавок 1. Корпус датчика установлен на верхней крышке бака таким образом, что рычаг с поплавком расположен внутри бака. При понижении уровня лакокрасочных материалов поплавки с рычагом перемещаются вниз, а ползунок по обмотке реостата в сторону уменьшения сопротивления реостата. Датчик снабжён контактным устройством, при помощи которого включается сигнализатор, оповещающий водителя о снижении уровня лакокрасочных материалов до минимального значения и необходимости произвести заливку.

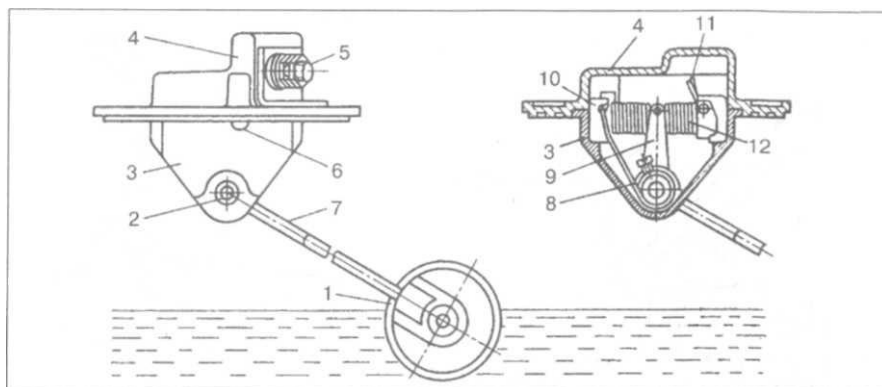


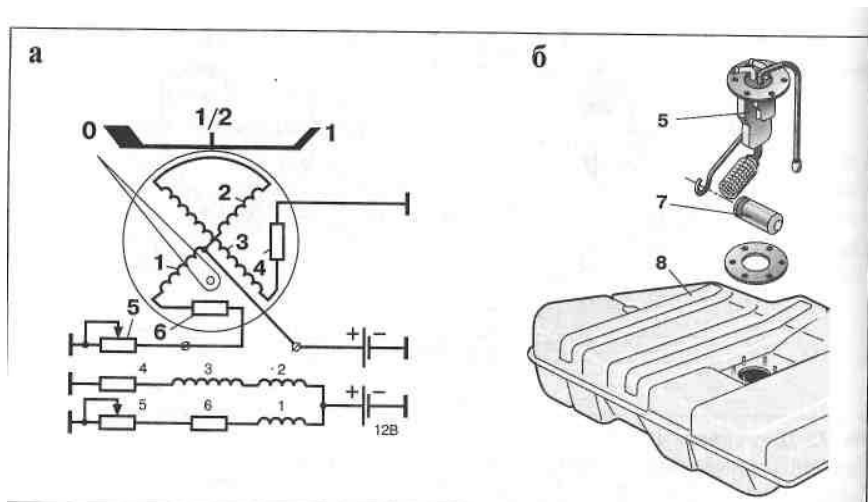
Рисунок 14.1 – Датчик измерителя качества лакокрасочных материалов

Конструкция и схема логометрического измерителя качества лакокрасочных материалов представлены на рисунке 14.2.

В качестве указателя используется магнитоэлектрический логометр – прибор, измеряющий отношение токов, протекающих по его обмоткам.

Логометрический указатель имеет три измерительных обмотки 1, 2, 3, соединённые таким образом, что магнитные потоки, создаваемые обмотками 1 и 2, действуют вдоль их общей оси и направлены навстречу друг другу. Суммарный магнитный поток обеих обмоток определяется разностью их магнитных потоков. Магнитный поток обмотки 3 действует под углом  $90^\circ$  к суммарному магнитному потоку обмоток 1 и 2. Обмотки 2 и 3 подключены к «массе» через термокомпенсационный резистор 4, а обмотка 1 через добавочный резистор бсоединена с датчиком 5. Изменение величины сопротивления реостатного датчика оказывает влияние на величину тока, протекающего в индукционных катушках, а это в свою очередь соответственно изменяет магнитные потоки обмоток указателя, что приводит к отклонению стрелки на соответствующий угол.

Размещение элементов представлено на рисунке 14.2 (б), где 5 – датчик; 7 – поплавки; 8 – бак.



а – электрическая схема; б – размещение

Рисунок 14.2 – Логометрический измеритель качества лакокрасочных материалов

## Практическая работа 15

**Наименование:** Выполнение технического обслуживания тягового электрооборудования.

**Цель работы:** Проанализировать работоспособность управления электропривода.

**Порядок выполнения:**

1. Внимательно прочитайте учебный материал.

2. Письменно ответьте на контрольные вопросы:

2.1 Перечислите оборудование, составляющее электропривод в схеме на рисунке 15.2.

2.2 Какой электропривод используется в данном устройстве (какого рода тока)? Какого способа возбуждения?

2.3 Имеет ли электропривод передаточное устройство? Если да, то какого характера?

2.4 Чем обеспечивается дистанционное управление работой тягового электропривода?

2.5 Какую функцию в схеме на рисунке 15.2 выполняет концевой выключатель?



2.6 От какого аварийного режима работы предусмотрена защита в схеме на рисунке 15.2? Каким электрическим аппаратом она осуществляется?

### Задание

**Определите техническое состояние электропривода.**

### Учебный материал

Электропривод (Рисунок 15.1) предназначен для механического привода электрической машины.

Системы управления электропривода должны обеспечивать работу электродвигателей с малой и большой частотой вращения, периодического включения электродвигателя с перерывами в 3-5с (осуществляется с помощью специального электронного реле), а также укладку щеток при отключении электродвигателя от бортовой сети.

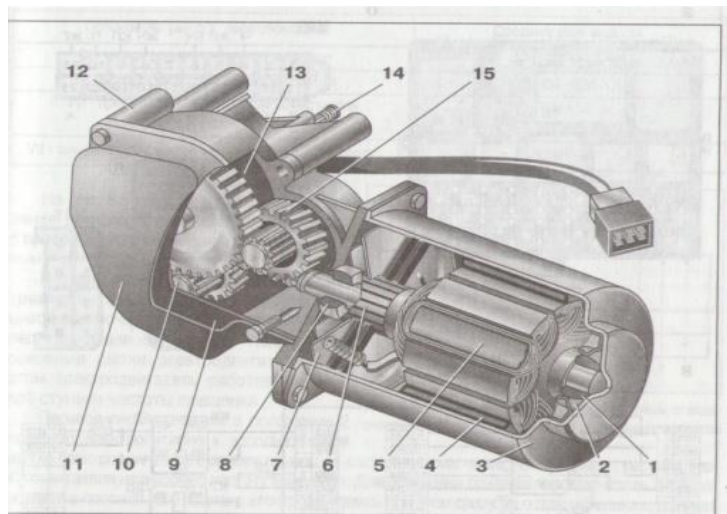


Рисунок 15.1 – Электропривод:

1 – задняя втулка вала якоря; 2 – войлочное кольцо; 3 – корпус электродвигателя; 4 – постоянный магнит; 5 – якорь; 6 – коллектор; 7 – траверса со щёткодержателями, дросселями и предохранителями; 8 – передняя втулка вала якоря; 9 – панель с конденсаторами и контактами концевого выключателя; 10 – блок промежуточных шестерён; 11 – крышка; 12 – корпус редуктора; 13 – ведомая шестерня; 14 – выходной вал редуктора; 15 – блок промежуточных шестерён.

На рисунке 15.2 представлена схема управления двухскоростным стеклоочистителем с приводом от электродвигателя с постоянными магнитами.

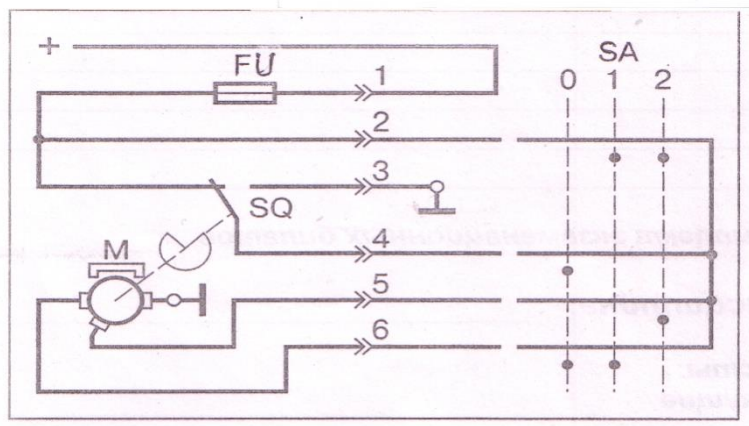


Рисунок 15.2 – Схема управления электропривода

При положении 1 трёхпозиционного переключателя SA питание подаётся на основные щетки электродвигателя. При этом электродвигатель работает на низкой ступени частоты вращения.

Перевод переключателя в положение 2 подводит электропитание к дополнительной щетке электродвигателя с возбуждением от постоянных магнитов, что вызывает переход электродвигателя на высокую частоту вращения.

Для остановки привода переключатель SA переводится в положение 0. Однако электродвигатель при этом сразу не останавливается, получая питание через размыкающий контакт концевого выключателя SQ. После перевода рычагов стеклоочистителя в крайнее положение концевой выключатель SQ срабатывает, разрывая свой замыкающий контакт, и электродвигатель отключается от сети питания. При этом замыкается выключатель SQ. Основные щетки электродвигателя оказываются соединёнными накоротко. Возникает режим динамического торможения, ускоряющий остановку электродвигателя.

## Практическая работа 16

**Наименование:** Освоение навыков работ с технологическим оборудованием.

**Цель работы:** Изучить назначение и принцип действия технологического оборудования, а в частности электронного тахометра.

**Порядок выполнения:**

1. Внимательно прочитайте учебный материал, сопоставляя содержание текста со схемами на рисунке 16.1.

2. Перенесите функциональную схему электронного тахометра с расшифровкой буквенных обозначений.

3. Ответьте на контрольные вопросы:

3.1 Какой величине соответствует частота вращения вала двигателя, если указатель оборотов двигателя показывает 3?

3.2. В какой блок электронного тахометра входят транзисторы VT1, VT2? Какую функцию выполняет каждый из них?

3.3 К электронным генераторам какой формы колебаний можно отнести транзисторный одновибратор, представленный в схеме электронного тахометра?

3.4 Чем обеспечивается длительность импульсов тока, протекающего по измерительному прибору?

3.5 Каким способом соединения подключён стабилизатор напряжения к измерительному прибору?

### **Задание**

**Используя технологическое оборудование, определите работоспособность электронного тахометра.**

### **Учебный материал**

К технологическому оборудованию, предназначенному для проведения ремонта и обслуживания электрооборудования подвижного состава, можно отнести контрольно-измерительные приборы, которые предназначены для оперативного информирования о состоянии важных узлов и агрегатов подвижного состава, текущем скоростном режиме, наличии топлива, количестве пройденного пути и т. д.

Контрольно-измерительные приборы находятся прямо на панели управления. Одним из таких приборов является указатель оборотов работы двигателя, который показывает, какое количество оборотов в минуту совершает ротор или якорь двигателя при текущем режиме работы. На циферблате указателя имеются цифры 1, 2, 3 и т.д.

На подвижном составе установлены электронные тахометры, регистрирующие частоту импульсов датчика — распределителя (контроллера), пропорционально частоте вращения подвижной части машины.

Принцип действия электронного тахометра основан на преобразовании частоты импульсов, возникающих в первичной цепи системы зажигания при работе датчика – распределителя, в электрический ток, измеряемый магнитоэлектрическим прибором.

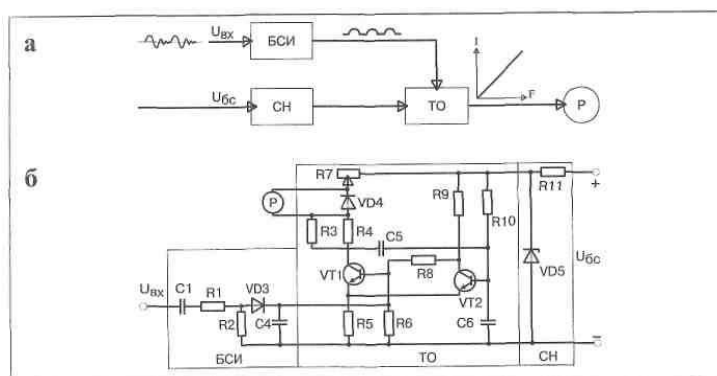
Электронный тахометр состоит из блока формирования стартовых импульсов (БСИ), транзисторного одновибратора (ТО), магнитоэлектрического измерительного прибора (Р), и стабилизатора напряжения (СН).

Блок формирования стартовых импульсов выделяет из входного сигнала  $U_{вх}$  в форме затухающей синусоиды импульс определённой величины и формы, который затем подаётся как стартовый на базу транзистора VT1 транзисторного одновибратора. В исходном состоянии транзистор VT2 открыт током, протекающим по цепи резистора R10; конденсатор C5 заряжен. Напряжение на резисторе R5 создаётся в запирающем направлении, поэтому транзистор VT1 закрыт. Положительный запускающий импульс, подаваемый на базу транзистора VT1, открывает его, конденсатор C5 разряжается по цепи VT1 - R10. При этом транзистор VT2 переходит в закрытое состояние и остаётся закрытым, пока конденсатор C5 не разрядится, т.к. к его базе приложен отрицательный потенциал.

Транзистор VT1 открыт под действием тока, протекающего по цепи R8-R9. При открытом состоянии этого транзистора через магнитоэлектрический измерительный прибор проходит импульс, длительность которого определяется параметрами разрядной цепи C5-R10 (временем разряда конденсатора C5). После разряда конденсатора C5 схема скачкообразно переходит в исходное устойчивое состояние до прихода нового стартового импульса (транзистор VT2 открывается, т.к. исчезает отрицательное смещение на его базе, а транзистор VT1 закрывается).

Следовательно, среднее эффективное значение тока, проходящего через магнитоэлектрический прибор и определяющего положение стрелки прибора, будет зависеть от частоты импульсов датчика-распределителя.

Переменным резистором R7 при настройке регулируют амплитуду импульсов. Терморезистор R3 компенсирует температурную погрешность прибора. Диод VD4 служит для защиты транзистора VT1. Стабилитрон VD5 обеспечивает стабилизацию напряжения питания прибора.



а – функциональная схема; б – электрическая схема.

Рисунок 16.1 – Электронный тахометр

## Практическая работа 17

**Наименование:** Освоение навыков по диагностированию систем питания.

**Цель работы:** Усвоить различия между полупроводниковыми диодами системы питания.

**Оборудование:** Лабораторный стенд 17Л – 03; сменная панель 11; генератор стенда G1; амперметр РА – АВ; вольтметр РВ – АВ2; электрические провода; диоды КД103А и Д9.

**Порядок выполнения:**

1. Внимательно прочитайте учебный материал.
2. Перенесите на лист бумаги схему с рисунка 17.2, таблицы 17.1 и 17.2.
3. Соберите электрическую цепь по схеме рисунка 17.2, используя графические обозначения на сменной панели 17Л-03/11, и дайте проверить ее преподавателю.
4. Подключите соответствующее питание к проверенной электрической цепи и снимите показания электроизмерительных приборов при прямом напряжении сначала с одного диода, затем с другого. Результаты измерения занесите в таблицы 17.1 и 17.2 соответственно. Обратите внимание на напряжение, при котором открываются диоды.
5. Пользуясь данными таблиц 17.1 и 17.2, постройте прямые ветви ВАХ в координатных осях.

6. Сравните построенные характеристики диодов и определите их принадлежность к конкретному диоду. По результатам сравнения сделайте соответствующий вывод.

7. Устно ответьте на контрольные вопросы.

7.1 Что отражает основная характеристика диода?

7.2 Каково основное назначение выпрямительных диодов?

7.3 Используются ли диоды в электрооборудовании подвижного состава? Если да, то в какой его части и для чего?

### **Задание**

**Постройте вольтамперные характеристики диодов и обоснуйте их принадлежность к конкретному диоду.**

### **Учебный материал**

В 1845-1847гг. немецкий физик Густав Роберт Кирхгоф открыл закономерности в протекании электрического тока в разветвлённых электрических цепях.

Полупроводниковым диодом называется прибор с двумя выводами и одним электронно-дырочным переходом и представляет собой контактное соединение двух полупроводников, один из которых с электронной проводимостью (n – типа), а другой с дырочной (p – типа).

Основной характеристикой диода служит его вольтамперная характеристика, вид которой совпадает с видом характеристики p-n перехода, отображающей его вентильные свойства (Рисунок 17.1).

Вольтамперная характеристика диода существенно зависит от температуры окружающей среды, с повышением которой прямой ток диода при одном и том же напряжении может увеличиться в несколько раз. Существенно температура влияет и на обратный ток, который возрастает с увеличением температуры.

Работа выпрямительных диодов в электрической схеме достаточно полно определяется его вольтамперной характеристикой (ВАХ). Анализ этих характеристик позволяет разграничить преимущественные области применения германиевого и кремниевого диодов. С помощью германиевого диода можно

выпрямлять переменное напряжение, амплитуда которого составляет доли Вольта, тогда как кремниевый диод при подаче на него напряжения, амплитуда которого менее 0,4В, одинаково плохо проводит ток в прямом и обратном направлениях. Кремниевые диоды применяются чаще германиевых, особенно когда недопустим обратный ток. Кроме того, они сохраняют работоспособность при температурах до 150°С, тогда как у германиевых она теряется уже при температуре около 70°С.

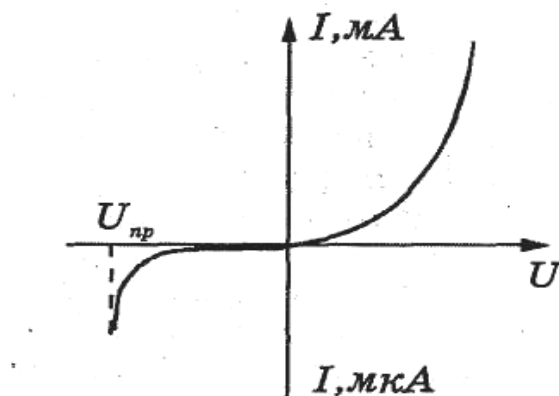


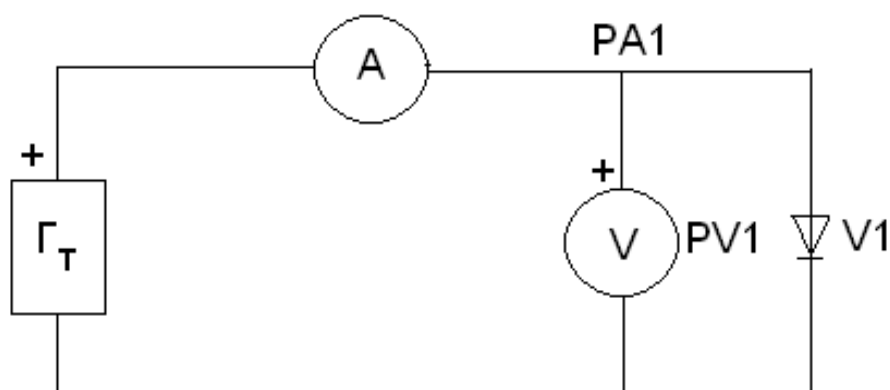
Рисунок 17.1 – Вольтамперная характеристика p-n перехода

Таблица 17.1 – Вольтамперная характеристика диода КД1003А

$U_{пр}, В$							
$I_{пр}, мА$							

Таблица 17.2 – Вольтамперная характеристика диода Д9

$U_{пр}, В$							
$I_{пр}, мА$							



## Практическая работа 18

**Наименование:** Освоение навыков технологии ремонта электрооборудования.

**Цель работы:** Исследовать функциональное действие элементов, входящих в состав выпрямителя.

**Оборудование:** Лабораторный стенд 17Л – 03; сменная панель5; генератор стенда ИсН1; осциллограф; съемные элементы КД102А (2 шт.); резисторы  $R = 200 \text{ Ом}$  и  $R_H = 1 \text{ кОм}$ ; конденсатор  $C = 50 \text{ мкФ}$ ; электрические провода.

**Порядок выполнения:**

1. Внимательно прочитайте учебный материал.
2. Перенесите в тетрадь схему с рисунка 18.1.
3. Соберите электрическую цепь по схеме рисунка 18.1 без подключения диода  $VD_2$ , резистора  $R$  и конденсатора  $C$ . Дайте её проверить преподавателю.
4. Проследите по осциллографу (для его подключения используйте клеммы 1, 2, 3, 4, 5) изменения напряжения. Изобразите изменения графически.
5. Подключите в схему диод  $VD_2$ . Проследите изменения напряжения по осциллографу. Изобразите изменения в новом графике.
6. Подключите в схему резистор  $R$  и конденсатор  $C$ . Проанализируйте их работу с помощью осциллографа.
7. По результатам сравнения графиков сделайте соответствующий вывод.
8. Письменно ответьте на контрольные вопросы.
  - 8.1 Чем отличается работа однополупериодного выпрямителя от двухполупериодного?
  - 8.2 Каково функциональное назначение конденсатора и резистора в схеме рисунка 18.2?
  - 8.3 Используются ли выпрямитель в электрооборудовании подвижного состава? Если да, то в какой его части и для чего?

**Задание**



## Исследуйте роль фильтра в работе выпрямителей.

### Учебный материал

Выпрямители – это устройства, которые служат для преобразования переменного тока в постоянный ток. Они широко применяются в различных электронных аппаратах, так как большинство блоков этих аппаратов требует питания постоянным током.

На рисунке 18.1 показана структурная схема выпрямителя, в состав которого входят: силовой трансформатор, служащий для преобразования переменного питающего напряжения; вентиль, обладающий односторонней проводимостью и обеспечивающий преобразование переменного тока в выпрямленный (ток одного направления); сглаживающий фильтр, который служит для преобразования выпрямленного тока в ток, близкий по форме к постоянному току.



Рисунок 18.1 – Структурная схема выпрямителя

Современные выпрямители различают по типу вентилей, схеме их включения и числу фаз источника переменного напряжения, а также выпрямители подразделяют на: управляемые и неуправляемые.

На рисунке 18.2 представлена схема однополупериодного выпрямителя.

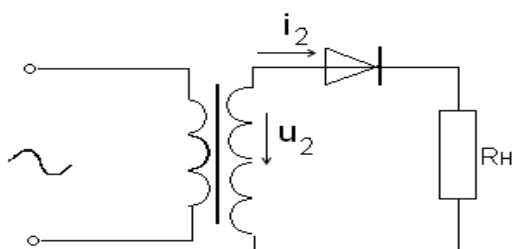


Рисунок 18.2 –

Электрическая схема однополупериодного выпрямителя

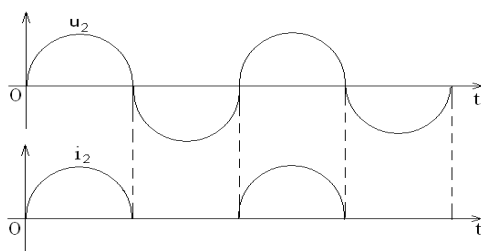


Рисунок 18.3 – Графики тока и напряжения однополупериодного выпрямителя

Переменное синусоидальное напряжение  $u_2$  (Рисунок 18.3) подают на диод. За счет односторонней проводимости ток  $i_2$  проходит только в положительные полупериоды напряжения  $u_2$  и имеет импульсную форму.

Схема двухполупериодного выпрямителя с нулевым выводом трансформатора (вывод 2) и активной нагрузкой  $R_H$  (Рисунок 18.4). Вторичная обмотка трансформатора выполнена так, чтобы в точках 1 и 3 были одинаковые, но противофазные относительно точки 2 напряжения  $u_2'$  и  $u_2''$  (Рисунок 18.5).

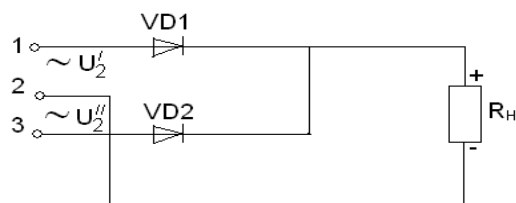


Рисунок 18.4 – Электрическая схема двухполупериодного выпрямителя

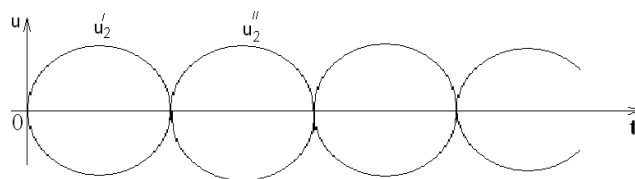


Рисунок 18.5 – Графики напряжений двухполупериодного выпрямителя

При работе схемы 18.6 диоды поочередно каждый в течение своего полупериода проводят ток в общую нагрузку. Частота пульсаций выходного напряжения двухполупериодной схемы равна удвоенной частоте сети, так как за период напряжения сети ток в нагрузку и напряжение на ней дважды достигают максимума.

Двухполупериодную схему применяют в силовых низковольтных выпрямителях.

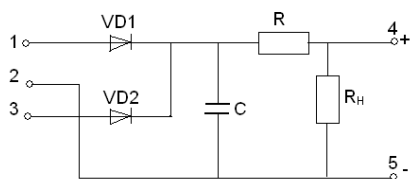


Рисунок 18.6 – Электрическая схема выпрямителя

## Практическая работа 19

**Наименование:** Освоение навыков организации производством ремонта.

**Цель работы:** Изучить процесс проведения текущих ремонтов на примере выпрямительного блока подвижного состава.

**Оборудование:** Выпрямительные блоки положительной и отрицательной полярности, тестер (в режиме омметра).

**Порядок выполнения:**

1. Внимательно прочитайте учебный материал.
2. Проверьте предложенный выпрямительный блок на обрыв и пробой.

Результат проверки обоснуйте.

3. Для оценки правильности действий при проверке состояния вентиля и справедливости сделанного заключения заполните таблицу 19.1 и письменно ответьте на контрольные вопросы.

3.1 Почему при прямом включении лампы она должна гореть, а при обратном нет?

3.2 Если диод пробит, как будет вести себя лампа при прямом включении? При обратном? Почему?

3.3 Почему при обрыве диода лампа не будет гореть при любом включении?

3.4 На чём основана диагностика вентиля омметром? Объясните.

Таблица 19.1 – Проверка состояния вентиля

Заключение	Состояние лампы: горит/не горит		Показания тестера: стрелка отклоняется/не отклоняется	
	<i>при прямом вкл</i>	<i>при обратном вкл</i>	<i>при прямом вкл</i>	<i>при обратном вкл</i>
Норма				
Обрыв				
Пробой				

**Задание**

**Проверьте выпрямительный блок на обрыв и пробой.**

**Учебный материал**

При выполнении текущего ремонта электрического оборудования подвижного состава, состояние выпрямительного блока генератора влияет на систему электроснабжения, так как генератор является генератором переменного тока, а все используемые на подвижном составе потребители работают на постоянном токе. Чтобы его получить, в генератор встроен выпрямительный блок, содержащий шесть диодов (Рисунок 19.1).

Выпрямитель представляет собой две алюминиевые пластины – держатели 5 и 6 с запрессованными в них диодами (Рисунок 19.2). Положительные диоды 29 запрессованы в держатель 5, а отрицательные диоды 28 – в держатель 6.

На держателе 5 выпрямительного блока установлены ещё три дополнительных диода 30. Напряжение, снимаемое с этих диодов, питает обмотку возбуждения 22 и схему контроля исправности генератора (с помощью контрольной лампы заряда аккумуляторной батареи).

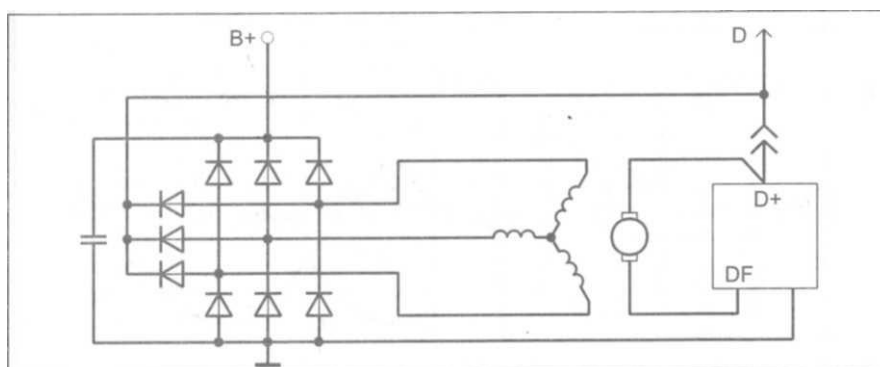


Рисунок 19.1 – Электрическая схема генератора источника питания

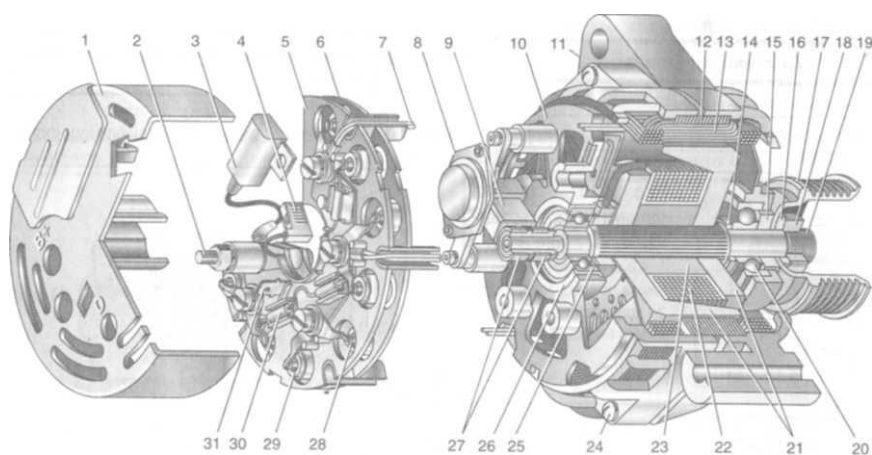


Рисунок 19.2 – Генератор источника питания

Основными неисправностями выпрямительного блока генератора являются пробой и обрыв.

Для проверки каждого из диодов выпрямительного блока необходимо разобрать генератор и проверить выпрямительный блок тестером (Рисунок 19.3) или подключением контрольной лампы мощностью 1 - 5 Вт напряжением 12 В как показано на рисунке 19.4.

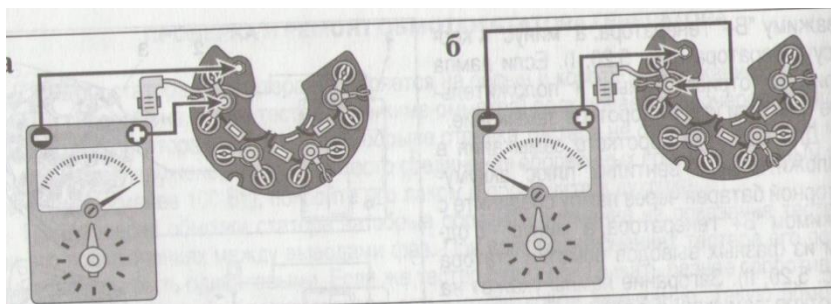


Рисунок 19.3 – Проверка выпрямительного блока тестером:

а) проверка на обрыв; б) проверка на пробой

При проверке тестером нужно соединить «минусовой» щуп тестера с «плюсовым» держателем (вывод В+) выпрямительного блока, а вторым щупом поочерёдно касаться зажимов выпрямительного блока. Стрелка тестера должна каждый раз отклоняться. Если она не отклоняется, в цепи соответствующего диода есть обрыв.

Далее необходимо поменять щупы тестера местами и повторить проверку диодов. В этом случае стрелка тестера не должна отклоняться. Если она отклоняется, то проверяемый диод пробит.

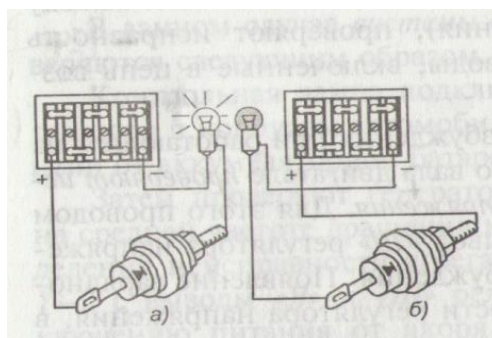


Рисунок 19.4 – Проверка контрольной лампой снятых диодов:

а) с положительной полярностью; б) с отрицательной полярностью

При проверке снятых диодов контрольной лампой диод считается исправным, если лампа горит при совпадении полярности источника и диода. Если диод пробит, лампа будет гореть при любой полярности источника и диода. При обрыве диода лампа не будет гореть при любой полярности.

Пробой диода обычно происходит из-за его перегрева. Пробой одного или нескольких диодов одной шины выпрямительного блока приводит к снижению мощности генератора. Пробой диодов одновременно в обеих шинах приводит к замыканию аккумуляторной батареи на «массу». В результате такого аварийного состояния в зарядной цепи устанавливается ток большой силы, который приводит к выгоранию, то есть обрыву в цепи диода.

Обрыв в цепи диода равносителен обрыву одной фазы выключателя, при которой амперметр показывает большую силу зарядного тока при полностью заряженной аккумуляторной батарее.

## **Практическая работа 20**

**Наименование:** Освоение навыков ремонта автоматизированной системы управления.

**Цель работы:** Изучить назначение и принцип действия логометрического термометра автоматизированной системы.

**Порядок выполнения:**

1. Внимательно прочитайте учебный материал, сопоставляя содержание текста со схемами на рисунке 20.1.

2. Перенесите электрическую схему логометрического термометра в тетрадь с расшифровкой цифровых обозначений.

3. Письменно ответьте на контрольные вопросы:

3.1 С какой целью на ремонтном участке устанавливают приборы для измерения температуры?

3.2 Что используется в качестве чувствительного элемента в датчике логометрического термометра? На что реагирует этот чувствительный элемент?

3.3 В изменения какой электрической величины логометрический датчик преобразует изменения измеряемой физической величины?

3.4 На изменения какой величины реагирует стрелка логометрического указателя? Зависит ли эта величина от силы тока, протекающего через обмотки указателя, если да, то как?

3.5 Что дополнительно используют на подвижном составе для контроля за тепловым режимом электродвигателя помимо стрелочного термометра?

## **Задание**

**Проверьте техническое состояние логометрического термометра.**

## **Учебный материал**

Для контроля эффективной работы систем и агрегатов подвижного состава необходимо знать их температурный режим. При эксплуатации непрогретого машин и электрооборудования автоматики резко снижаются его мощностные и экономические показатели, а его перегрев ведёт к снижению ресурса или возникновению неисправностей. Для контроля температурного режима работы узлов и агрегатов на подвижном составе применяются дистанционные термометры и сигнализаторы температуры, датчики которых устанавливаются в контролируемой среде, а указатели – на мониторе машиниста в кабине управления.

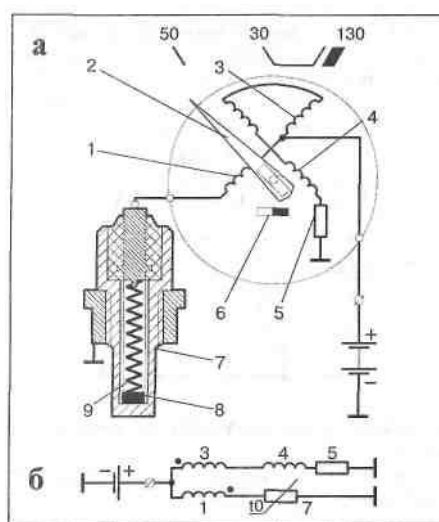
В комбинации приборов на подвижном составе применяется термометр логометрического типа, представленный на рисунке 20.1.

Датчик логометрического термометра 7 представляет латунный баллон с расширенной верхней частью, где выполнен шестигранник под ключ и коническая резьба для крепления датчика. К плоскому доньшку баллона с помощью токоведущей пружины 9 прижат терморезистор 8, выполненный в виде таблетки. Токоведущая пружина верхним концом соединяется с зажимом датчика и изолирована от стенки баллона.

В качестве указателя используется магнитоэлектрический логометр – прибор, измеряющий отношение токов, протекающих по его обмоткам.

Логометрический указатель имеет три измерительных обмотки 1, 3, 4, соединённые таким образом, что магнитные потоки, создаваемые обмотками 1 и 3,

действуют вдоль их общей оси и направлены навстречу друг другу. Суммарный магнитный поток обеих обмоток определяется разностью их магнитных потоков. Магнитный поток обмотки 4 действует под углом  $90^\circ$  к суммарному магнитному потоку обмоток 1 и 3. Обмотки 3 и 4 подключены к «массе» через термокомпенсационный резистор 5, а обмотка 1 соединена с датчиком. На оси стрелки 2 укреплён постоянный магнит, магнитный поток которого, взаимодействуя с результирующим магнитным потоком обмоток указателя, поворачивает постоянный магнит, а вместе с ним и стрелку указателя на определённый угол, соответствующий величине измеряемой температуры. При повышении температуры, сопротивление терморезистора значительно уменьшается, что приводит к увеличению силы тока, проходящего через измерительные индукционные катушки указателя, а это в свою очередь соответственно изменяет магнитные потоки обмоток указателя. В исходном положении стрелка удерживается постоянным магнитом 6, размещённым в корпусе указателя.



а – схема соединений; б – электрическая схема

Рисунок 20.1 – Логометрический термометр

Применение на подвижном составе дистанционного стрелочного термометра не гарантирует, что внезапное нарушение теплового режима автоматики будет сразу замечено. Поэтому в дополнение к стрелочному термометру устанавливают сигнализатор аварийной температуры. Причем, если система охлаждения тяговых трансформаторов, датчик сигнализатора температуры устанавливают в верхний



бачок радиатора, а если на составе автоматика с воздушным охлаждением – устанавливают в смазочную систему.

Все используемые датчики сигнализаторов аварийной температуры биметаллические.

## **Практическая работа 21**

**Наименование:** Ознакомление с проектированием производственных участков.

**Цель работы:** Изучить требования к поточной линии по ремонту тяговых двигателей.

**Порядок выполнения:**

1. Внимательно прочитайте учебный материал.

2. Письменно ответьте на контрольные вопросы:

2.1 Почему очень важно проведение расчетов поточной линии?

2.2 Для чего необходимо знать средний расчетный такт выпуска (запуска) одного двигателя?

2.3 Как будет изменяться число поступающих на ремонт тяговых двигателей в единицу времени?

2.4 Если изменится величина планового периода ремонта, то, как это отразится на показателях? Произвести расчет.

**Задание**

**Проведите расчет поточной линии.**

**Учебный материал**

Расчет основных параметров поточной линии.

Выпуск из ремонта тяговых двигателей типа НБ-418К6 и РТ-51М с поточной линии производится через строго определенные промежутки времени, называемые тактом.

Где производится расчет основных параметров поточной линии по ремонту тяговых двигателей. При этом программа выпуска равна программе ремонта тяговых электродвигателей.

Средний расчетный такт выпуска (запуска) одного двигателя определяется путем деления эффективного фонда времени за соответствующий плановый период  $F_{эф}$  на количество двигателей, подлежащих ремонту за тот же период  $N_B$ , т.е.:

$$F_{эф} / N_B, \quad (1)$$

где  $F_{эф}$  – годовой эффективный фонд времени работы переменного-поточной линии, мин;

$N_B$  – плановый период ремонта

$$F_{эф} = (T_{см} - T_{п}) S_{тр}, \quad (2)$$

где  $T_{см}$  – продолжительность смены (принимается равной 480 мин);

$T_{п}$  – продолжительность регламентированных перерывов (принимается равной нулю);

$S$  – число смен;

$T_p$  – число рабочих дней в году (принимается равное 249 дням).

Подставив значения  $T_{см} = 480$  мин,  $T_{п} = 0$ ,  $T_p = 249$  дней в формулу (2), провести расчет.

Подставив значения  $N_{БРТ-51Д} = 1,6$  тыс. шт.,  $N_{БРТ-51М} = 1,8$  тыс. шт. в формулу (1), провести расчет.

На поточной линии производится ремонт двигателей типа НБ-418К6 и РТ-51М с различной трудоемкостью. Поэтому целесообразно вести ремонт на линии с различными, частными для каждого типа двигателя, тактами.

Частный такт линии можно рассчитать.

Он заключается в приведении программы ремонта двигателей всех типов к условному объекту. Для этого следует принять трудоемкость ремонта двигателя типа НБ-418К6 за базу  $T_6$ , и тогда программы по всем закрепленным за линией двигателям  $N_j$  через коэффициент приведения по трудоемкости  $K_{пр j} = T_j / T_6$  можно привести к базовой (условной) единице, т.е.  $N_{пр j} = N_j K_{пр j}$ . Затем рассчитать общий такт  $t_{общ}$  и частные (рабочие) такты линии  $t_j$  ремонта тяговых двигателей.

Тяговый электродвигатель электровоза ВЛ80С типа НБ-418К6 предназначен для привода колесных пар и установлен на тележке локомотива.

Все основные детали якоря: коллектор, сердечник и обмоткодержатель – устанавливают на втулку, которая напрессована на вал. Такая конструкция позволяет в случае необходимости заменить вал, не разбирая весь якорь.

Сердечник якоря набран из лакированных листов электротехнической стали Э-12 толщиной 0,5 мм и зажат между обмоткодержателем и втулкой коллектора. Обмоткодержатель упирается в бурт втулки якоря, а втулка коллектора запирается специальной гайкой. Коллектор имеет арочную конструкцию, и стянут между втулкой и нажимным конусом восемью болтами из высококачественной стали. Диаметр коллектора составляет 460 мм.

## **Практическая работа 22**

**Наименование:** Освоение навыков технологии ремонта электрооборудования.

**Цель работы:** Изучить назначение и принцип действия бесконтактного регулятора напряжения.

**Порядок выполнения:**

1. Внимательно прочитайте учебный материал, сопоставляя содержание текста с рисунками 22.1 и 22.2.

2. Письменно ответьте на контрольные вопросы:

2.1 Влияет ли частота вращения вала двигателя на величину напряжения, вырабатываемого генератором? Если да, то как?

2.2 Как влияет сопротивление нагрузки (потребителя) на величину напряжения, вырабатываемого генератором?

2.3 С какой целью устанавливают регуляторы напряжения в системе электроснабжения подвижного состава?

2.4 На что направлено действие регулятора напряжения?

2.5 Какой элемент в схеме регулятора напряжения, представленной на рисунке 22.2, реагирует на изменения напряжения генератора? Что при этом происходит?

**Задание**

**Проверьте техническое состояние бесконтактного регулятора напряжения.**

## Учебный материал

Питание потребителей электроэнергии подвижного состава осуществляется от аккумуляторной батареи и генератора со встроенным регулятором напряжения.

На рисунке 22.1 представлен генератор типа 94.3701, устанавливаемый на подвижном составе. Напряжение генератора регулируется микроэлектронным бесконтактным регулятором напряжения 8. В один узел с регулятором объединён пластмассовый щёткодержатель 9 с двумя щётками, через которые питается обмотка возбуждения генератора. Регулятор прикреплён к щёткодержателю, а его выводы приварены к выводам щёток.

Постоянства напряжения генератора при изменении частоты вращения ротора и нагрузки можно добиться, изменяя силу тока возбуждения. Регулятор поддерживает напряжение постоянным в результате изменения силы тока в обмотке возбуждения. С повышением частоты вращения ротора генератора регулятор, стабилизируя напряжение, уменьшает силу тока возбуждения, а с ростом силы тока нагрузки он её увеличивает. Регулятор выполнен бесконтактным.

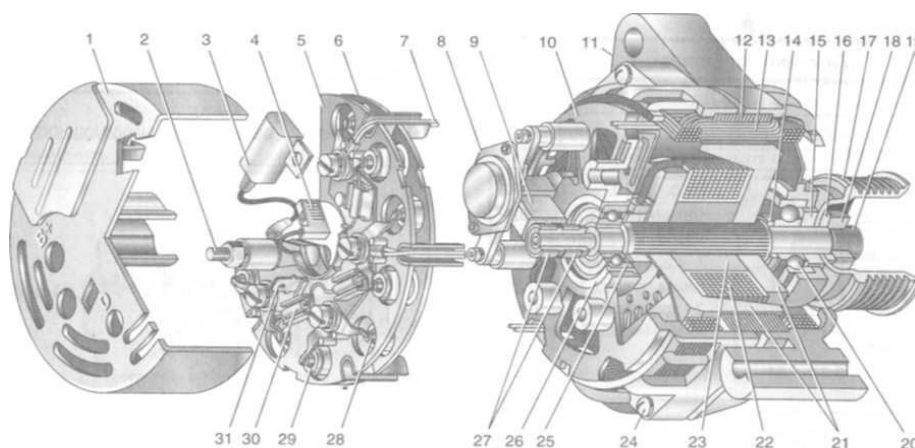


Рисунок 22.1 – Генератор типа 94.3701

На рисунке 22.2 представлена схема простейшего бесконтактного регулятора напряжения.

Пока напряжение генератора мало, стабилитрон VD1 регулятора закрыт, ток через него не протекает, поэтому транзистор VT1 тоже закрыт, а выходной транзистор VT2 открыт. Как только напряжение генератора становится больше номинального, стабилитрон «пробивается», проходящий через него ток открывает транзистор VT1 и закрывает транзистор VT2. При этом ток в обмотке возбуждения,

а значит, и напряжение генератора уменьшаются, стабилитрон снова закрывается, а выходной транзистор открывается. Процесс повторяется, обеспечивая поддержание напряжения генератора постоянным при изменении частоты вращения коленчатого вала двигателя.

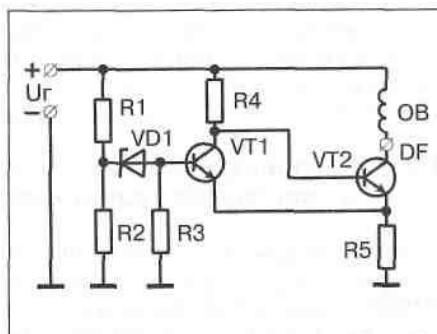


Рисунок 22.2 – Схема простейшего бесконтактного регулятора напряжения

## Практическая работа 23

**Наименование:** Освоение навыков технологии ремонта автоматики.

**Цель работы:** Изучить технологию ремонта элемента автоматики на примере принципа действия датчика импульсов напряжения.

**Порядок выполнения:**

1. Внимательно прочитайте учебный материал, сопоставляя содержание текста со схемой (Рисунок 23.1).

2. Перенесите схему датчика импульсов напряжения в тетрадь с расшифровкой цифровых обозначений.

3. Письменно ответьте на контрольные вопросы:

3.1 Что используется в качестве чувствительного элемента в датчике импульсов напряжения? На что реагирует этот чувствительный элемент?

3.2 Каково назначение усилителя в представленной схеме работы датчика на рисунке 23.1?

3.3 Какую функцию выполняет выходной транзистор, представленный в схеме работы датчика на рисунке 23.1? Чем управляется его работа?

3.4 К каким внешним воздействиям имеет повышенную чувствительность описанная микросхема? Какую защиту от этих воздействий она имеет?

3.5 Какую форму импульсов формирует описанная микросхема на выходе? К электронным генераторам какой формы колебаний можно отнести датчик импульсов напряжения?

### Задание

**Рассмотрите работу датчика импульсов напряжения, определите его вероятные неисправности.**

### Учебный материал

Благодаря развитию микроэлектроники широкое распространение получили датчики, работающие на эффекте Холла. Работа датчика импульсов (электронного микропереключателя) основана на эффекте Холла.

В свою очередь работа датчика импульсов напряжения является основой принципа действия датчика скорости, датчика бесконтактной системы зажигания.

Эффект Холла возникает в полупроводниковой пластине с четырьмя выводами (для изготовления элементов Холла используется германий (Ge), кремний (Si), арсенид галлия (GaAs), арсенид индия (InAs), антимонид индия (InSb)), внесённой в магнитное поле, при пропускании через неё электрического тока. Между противоположными гранями пластины, перпендикулярными току и магнитному потоку, возникает ЭДС Холла.

На рисунке 23.1 представлена схема датчика импульсов напряжения (датчик Холла).

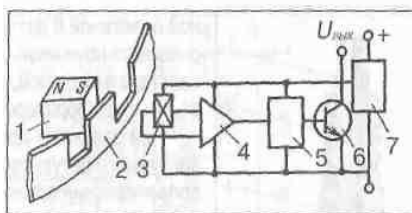


Рисунок 23.1 – Схема датчика импульсов напряжения (датчика Холла)

Магнитное поле создаётся постоянным магнитом 1 датчика, а прерывание магнитного поля осуществляется ротором (шторкой) 2 с прорезями, укреплёнными на валике распределителя. При прохождении ротора около постоянного магнита силовые линии его магнитного поля пронизывают поверхность элемента Холла 3 (пластины полупроводника), и на его выходе возникает ЭДС. Величина ЭДС очень

мала и поэтому должна быть усилена вблизи кристалла для того, чтобы устранить влияние радио и электропомех. Сигнал датчика усиливается усилителем 4 и через релейный усилитель 5 подаётся на базу выходного транзистора 6 датчика и открывает его. При прохождении зубца ротора около постоянного магнита его магнитное поле экранируется, ЭДС Холла исчезает и выходной транзистор закрывается. В результате с коллектора выходного транзистора 6 снимается сигнал прямоугольной формы. Для исключения влияния напряжения сети и температуры на выходной сигнал датчика колебаний в схеме датчика имеется блок стабилизации 7. Все элементы схемы выполнены на одной микросхеме, конструктивно связанной с магнитом и магнитной системой.

## **Практическая работа 24**

**Наименование:** Освоение навыков по восстановлению узлов электрооборудования.

**Цель работы:** Исследовать зависимость между индуктивностью и ёмкостью элементов в электрических цепях подвижного состава, необходимой для их восстановления.

**Порядок выполнения:**

1. Внимательно прочитайте учебный материал.
2. Выполните задание, состоящее из пяти частей.

### **Задание**

**1** Вычислите индуктивность вторичной обмотки индуктивной катушки, если число её витков находится в пределах 17000 - 26000, длина сердечника 10 см, а его поперечное сечение 10x10 мм. Относительная магнитная проницаемость стали равна 2000.

**2** Оцените индуктивность первичной обмотки катушки, если число её витков находится в пределах 180-330. Объясните, почему первичная обмотка имеет больше число витков, чем вторичная.

**3** Вычислите электроёмкость аккумуляторной батареи, созданную в рабочей части её выводов, если диаметр прямого вывода 2 мм, площадь загнутого 2x2 мм, а промежуток в пределах 0,7-0,8 мм.

**4** Определите минимальное напряжение, при котором может возникнуть искра между выводами, если электрическая прочность воздуха 30 кВ/см, расстояние между выводами 0,8 мм. Будет ли изменяться пробивное напряжение, если увеличивать искровой промежуток. Если да, то как?

**5** Объясните функцию индуктивной катушки как трансформатора.

### Учебный материал

Электрические цепи подвижного состава предназначены для передачи импульсов напряжения, вызывающих работу подвижного состава, синхронизации этих импульсов с фазой двигателя и распределения импульсов.

Посредством системы зажигания энергия аккумуляторной батареи или генератора (в зависимости от режима работы двигателя) преобразуется в энергию разряда. Этот процесс можно разделить на три этапа:

- накопление энергии в реактивном элементе (в катушке индуктивности);
- индуктирование импульса высокого напряжения в цепи вторичной обмотки индуктивной катушки;
- пробой искрового промежутка между электродами и выделение энергии в искровом разряде.

Электрический разряд имеет две составляющие: емкостную и индуктивную. Это значит, что индуктивности обмоток первичной и вторичной цепи индуктивной катушки и электроёмкость имеют значение и взаимозависимы (в частности от конструктивного исполнения элементов системы питания). Например, ёмкость аккумуляторной батареи около 60 А/ч, ёмкость вторичной обмотки индуктивной катушки 40 - 50 пФ, индуктивность первичной обмотки катушки 0,1 - 10 мГн.

Если обмотку индуктивной катушки рассматривать как дроссельную катушку, то её индуктивность можно вычислить по формуле:

$$L = 4\pi\mu\omega^2 S \cdot 10^{-7} / l, \quad (1)$$

где  $\mu$  – относительная магнитная проницаемость, Гн/м;

$\omega$  – количество витков,

$S$  – поперечное сечение сердечника, м<sup>2</sup>;



$l$  – длина средней силовой линии, м.

Если область рабочей части аккумуляторной батареи рассматривать как конденсатор, то электроёмкость можно вычислить по формуле:

$$C = \epsilon \epsilon_0 S / d, \quad (2)$$

где  $\epsilon_0$  – электрическая постоянная,  $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$  Ф/м;

$\epsilon$  – диэлектрическая проницаемость диэлектрика;

$S$  – площадь одной обкладки, м<sup>2</sup>;

$d$  – расстояние между обкладками, м.

Зазор между электродами в зависимости от характеристик системы электропитания может изменяться. В системе с электродвигателем промежуток изменяется в пределах 0,5-0,9 мм, а в системе с асинхронным двигателем 1,8-2 мм.

С увеличением искрового промежутка возрастает величина пробивного напряжения. Однако кроме него, на пробивное напряжение оказывает влияние целый ряд факторов. К ним относятся степень сжатия, скоростной режим, состав рабочей смеси, угол опережения, температура электролита. Так, при увеличении частоты вращения подвижной части электрической машины пробивное напряжение уменьшается. Уменьшается оно также при увеличении температуры центрального электрода. При пуске электродвигателя, разгоне и работе на режиме полного дросселя пробивное напряжение возрастает.

Если идеализировать процесс пробоя искрового промежутка между выводами батареи, то для расчёта пробивного напряжения можно воспользоваться формулой электрической прочности диэлектрика на пробой:

$$E_{пр} = U_{пр} / d, \quad (3)$$

где  $d$  – толщина диэлектрика, м;

$U_{пр}$  – пробивное напряжение, В.