

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра технической эксплуатации и ремонта автомобилей

А.В. Пузаков

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ АВТОМОБИЛЬНОГО ЭЛЕКТРОСТАРТЕРА

Методические указания

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Оренбургский государственный университет» для обучающихся по образовательным программам высшего образования по направлению подготовки 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов и специальности 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства

Оренбург

2018

УДК 629.33(075.8)

ББК 39.33-04я73

П 88

Рецензент – доцент, кандидат технических наук Р.Х. Хасанов

Пузаков, А.В.

П 88 Исследование работы автомобильного электростартера: методические указания / А.В. Пузаков; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2018.

Методические указания по выполнению лабораторной работы содержат сведения об устройстве, принципе действия и методике испытания автомобильных электростартеров.

Методические указания предназначены для обучающихся по образовательным программам высшего образования по направлению подготовки 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов при изучении дисциплины «Электротехника и электрооборудование транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования»; по специальности 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства при изучении дисциплин «Электрооборудование автомобилей и тракторов» и «Электротехника и электрооборудование автомобилей».

УДК 629.33(075.8)

ББК 39.33-04я73

© Пузаков А.В., 2018

© ОГУ, 2018

Содержание

Введение.....	4
1 Цель работы	5
2 Содержание работы.....	5
3 Оборудование	5
4 Краткие теоретические сведения.....	6
4.1 Пусковые свойства автомобильных двигателей.....	6
4.2 Конструктивное исполнение стартеров.....	8
4.3 Устройство и принцип работы тяговых реле	12
4.4 Конструктивное исполнение механизма привода	13
4.5 Электрическая схема системы стартерного пуска.....	16
4.6 Параметры и характеристики электростартеров	18
4.7 Техническое обслуживание электростартеров	20
5 Порядок выполнения работы	20
5.1 Внешний осмотр.....	20
5.2 Проверка тягового реле стартера	21
5.3 Испытание стартерного электродвигателя.....	24
5.4 Расчет и построение характеристик стартерного электродвигателя.....	27
5.5 Оценка технического состояния приборов системы пуска	29
6 Контрольные вопросы	31
Список использованных источников	34
Приложение А (рекомендуемое) Бланк лабораторной работы	35

Введение

Лабораторные работы по электрооборудованию автомобилей выполняются в специализированной лаборатории в соответствии с учебным планом дисциплины «Электротехника и электрооборудование транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования».

Лабораторная работа «Исследование работы автомобильного электростартера» содержит сведения об устройстве и принципе действия автомобильных электростартеров.

Указаны сведения о пусковых свойствах автомобильных двигателей внутреннего сгорания. Рассмотрены конструктивные исполнения стартерных электродвигателей, а также тяговых реле и механизма привода стартера. Представлена электрическая схема системы стартерного пуска и описана последовательность ее работы. Освещены вопросы технического обслуживания приборов системы электростартерного пуска.

Лабораторный практикум содержит порядок проведения основных процедур, позволяющих оценить техническое состояние приборов системы электростартерного пуска, а также сделать вывод об их пригодности к эксплуатации на транспортных средствах.

Контрольные вопросы позволяют оценить, как степень подготовленности студентов к проведению лабораторной работы, так и общий уровень знаний по данному разделу курса.

Использование бланков, приведенных в приложении, позволяет снизить время на подготовку и оформление отчета по лабораторной работе.

1 Цель работы

1. Приобрести практические навыки оценки технического состояния приборов системы электростартерного пуска.

3. Исследовать рабочие характеристики стартерного электродвигателя в режимах холостого хода и полного торможения.

4. На основании анализа полученных данных сделать вывод о пригодности приборов системы электростартерного пуска к дальнейшей эксплуатации.

2 Содержание работы

Испытание тяговых реле стартера; исследование работы стартерного электродвигателя на холостом ходу и при полном торможении якоря; расчет и построение рабочих характеристик стартерного электродвигателя; оценка технического состояния приборов системы электростартерного пуска; составление отчета.

3 Оборудование

Исследуемый стартер, стартерная аккумуляторная батарея, тяговые реле стартера, контрольно-испытательный стенд, манометр с гидравлической меодозой, цифровой мультиметр М890G, цифровой тахометр АТ-6, инструменты.

4 Краткие теоретические сведения

4.1 Пусковые свойства автомобильных двигателей

На возможность осуществления надежного пуска ДВС влияет множество факторов, к которым относят:

- степень сжатия;
- рабочий объем и число цилиндров;
- тепловое состояние деталей двигателя;
- низкотемпературные свойства топлива;
- вязкостно-температурные характеристики моторного масла;
- мощность системы пуска;
- наличие устройств облегчения пуска и т.д.

Пусковое устройство должно вращать коленчатый вал с частотой, достаточной для начала и развития процессов образования, воспламенения и сгорания топливовоздушной смеси и способствовать выходу двигателя на устойчивый режим самостоятельной работы.

Пусковые качества автомобильных ДВС оценивают по минимальной пусковой частоте вращения коленчатого вала и предельной температуре надежного пуска.

Минимальная пусковая частота вращения (n_{\min}) - это наименьшая частота вращения коленчатого вала, при которой запуск ДВС в заданных условиях происходит за две попытки пуска продолжительностью 10 с для бензиновых и 15 с для дизельных двигателей с перерывами между попытками в 1 мин.

Для бензиновых двигателей: $n_{\min} =$ от 40 до 85 об/мин

Для дизельных двигателей: $n_{\min} =$ от 60 до 200 об/мин

Минимальная пусковая частота вращения увеличивается с понижением температуры, увеличением вязкости масла и заметно снижается с увеличением количества цилиндров и применением устройств облегчения пуска двигателя.

Предельная температура надежного пуска ($t_{\text{пред}}$) – это наиболее низкая температура окружающего воздуха, при которой осуществляется надежный пуск холодного двигателя.

Под *надежным пуском* понимается пуск двигателя, оборудованного всеми навесными агрегатами, на основном топливе, при использовании штатных АКБ, имеющих 75 % степень заряженности, не более чем за три попытки пуска холодного двигателя и не более чем за две попытки пуска горячего двигателя.

Холодный двигатель – это двигатель, температура деталей, масла, охлаждающей жидкости и топлива которого отличается от температуры окружающего воздуха не более чем на 3 °С.

Горячий двигатель – это двигатель, температура деталей, масла, охлаждающей жидкости которого не ниже рабочей.

Для бензиновых двигателей: $t_{\text{пред}} = \text{минус } 25 \text{ °С (минус } 45 \text{ °С)}$

Для дизельных двигателей: $t_{\text{пред}} = \text{минус } 20 \text{ °С (минус } 60 \text{ °С)}$

Значения в скобках при наличии устройств облегчения пуска.

Требования к системе стартерного пуска.

1. Достаточная пусковая мощность при минимальных габаритах и массе.
2. Небольшая нагрузка на аккумуляторную батарею.
3. Запуск двигателя при низкой температуре окружающей среды за минимальное количество попыток.
4. Прочный корпус, способный противостоять частым включениям, вибрации, коррозии и изменениям температуры.
5. Обладать защитой от внешних воздействий не ниже IP 44.
6. Не требовать технического обслуживания.

7. Иметь большой срок службы (сравнимый со сроком службы автомобиля).

8. Иметь защиту от включения при работающем двигателе и автоматически отключаться после пуска.

Стартерные электродвигатели.

В качестве стартерных электродвигателей на подвижном составе автомобильного транспорта получили применение двигатели постоянного тока, поскольку они получают питание от аккумуляторной батареи – источника постоянного тока.

Для создания главного магнитного поля используется обмотка возбуждения (или постоянные магниты) размещенная в неподвижной части электрической машины. Для создания переменного магнитного поля используется обмотка якоря и коллектор, преобразующий постоянный ток, подводимый к щеткам в переменный ток.

Вращающий момент в двигателе постоянного тока возникает в результате взаимодействия двух магнитных полей. Направление действия вращающего момента определяется по правилу «левой руки».

Если расположить ладонь левой руки так, чтобы линии индукции магнитного поля входили в ладонь перпендикулярно к ней, а четыре пальца направлены по току, то отставленный на 90° большой палец укажет направление силы, действующей на проводник.

4.2 Конструктивное исполнение стартеров

Стартеры современных транспортных средств по конструктивному исполнению можно разделить на:

– стартеры с принудительным приводом шестерни, в которых тяговое реле располагается на электродвигателе, и шестерня начинает вращение после ввода в зацепление с маховиком;

– стартеры с электрическим вращением шестерни, в которых тяговое реле располагается на одной оси с электродвигателем, и проталкивает шестерню сквозь полый якорь с одновременным ее вращением.

Стартеры второго типа получили распространение на зарубежных автомобилях большой грузоподъемности.

Другими особенностями конструкции стартеров является наличие/отсутствие встроенного редуктора и постоянных магнитов.

Современные стартеры легковых автомобилей, а также ряда грузовых автомобилей и автобусов имеют встроенный редуктор и постоянные магниты, что обусловило значительное уменьшение массы, габаритов и потребляемой мощности таких моделей, получивших название малогабаритные.

В тоже время промышленность продолжает выпускать стартеры прежних конструкций для замены вышедших из строя моделей.

Хорошо иллюстрируют отличия исполнений стартеры автомобиля КамАЗ. Стартер традиционного исполнения имеет следующие характеристики: масса – 24 кг, мощность 7,7 кВт, а стартер малогабаритного исполнения обладает массой 9,5 кг и потребляемой мощностью 5,9 кВт. Крутящий момент обоих стартеров одинаковый.

Конструкция стартера малогабаритного исполнения.

На рисунке 4.1 показано устройство стартера малогабаритного исполнения, который состоит из бронзографитовой втулки 1, исполняющей роль подшипника скольжения, стопорного кольца 2, приводной шестерни 3, роликовой муфты свободного хода 4, буферной пружины 5, приводного (вильчатого) рычага 6, якоря тягового реле 7, втягивающей 8 и удерживающей 9 обмоток тягового реле, возвратной пружины 10, подвижного контакта 11 в виде диска или пластины, неподвижных контактов 12, клемм 13, задней

крышки стартера 14, коллектора 15, щеток 16, якоря 17, постоянных полюсов 18, корпуса стартера 19, встроенного редуктора 20.

Не обозначена цифрой передняя крышка стартера (маска).

Статор с постоянными магнитами имеет 6-8 полюсов, выполненных из феррита стронция, обладающего повышенной коэрцитивной силой, так как магнитное поле якоря оказывает размагничивающее действие.

Несмотря на более высокую стоимость, применение постоянных магнитов уменьшает массу, габариты и потребление энергии на 15 %.

Статор с электромагнитами имеет 4 стальных полюса, на которых закрепляют катушки последовательной (параллельной) обмотки возбуждения.

Последовательная обмотка выполняется из провода прямоугольного сечения, параллельная – из провода круглого сечения. Снаружи катушки изолируют киперной лентой

Якорь электродвигателя представляет собой шихтованный сердечник, в пазы которого уложена обмотка якоря, выводы которой припаяны к «петушкам» коллекторных пластин.

Якорь вращается в двух или трех опорах с бронзографитовыми подшипниками. На лобовые части обмотки накладывают бандаж для предотвращения ее «распушения» под действием центробежной силы.

Коллектор (заруб. – коммутатор) предназначен для преобразования постоянного тока, подводимого щётками в переменный ток обмотки якоря.

В ряде случаев якорь оборудуют торцовым коллектором, преимуществом которого является снижение расхода меди и габаритов стартера, а недостатком – повышенное искрение вследствие неплотного прилегания щеток.

Щёткодержатель представляет собой коробчатую конструкцию, в которую устанавливают четыре медно- или бронзографитные щётки

Щётки прижимаются к коллектору спиральными пружинами с силой нажатия 100-200 кПа.

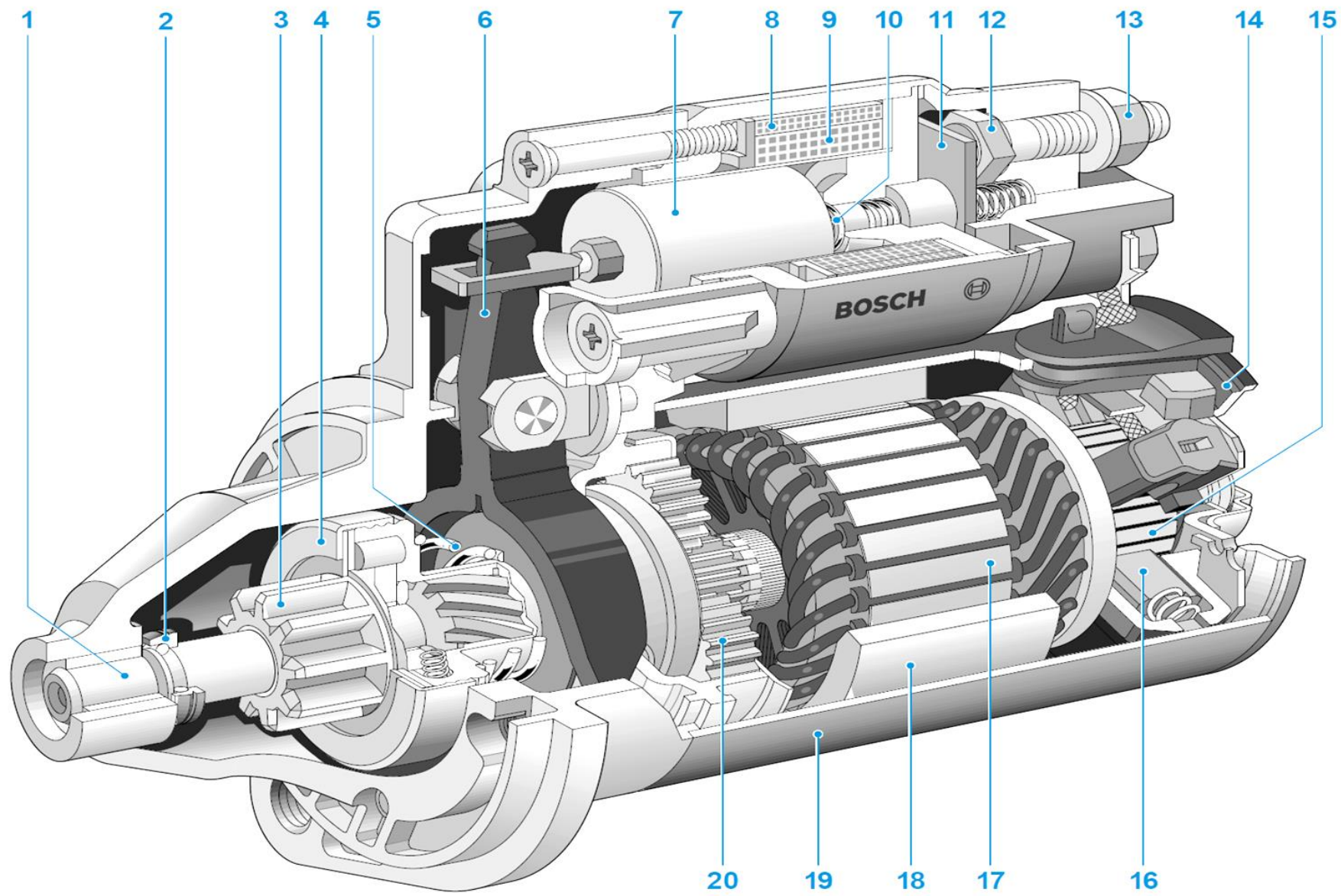


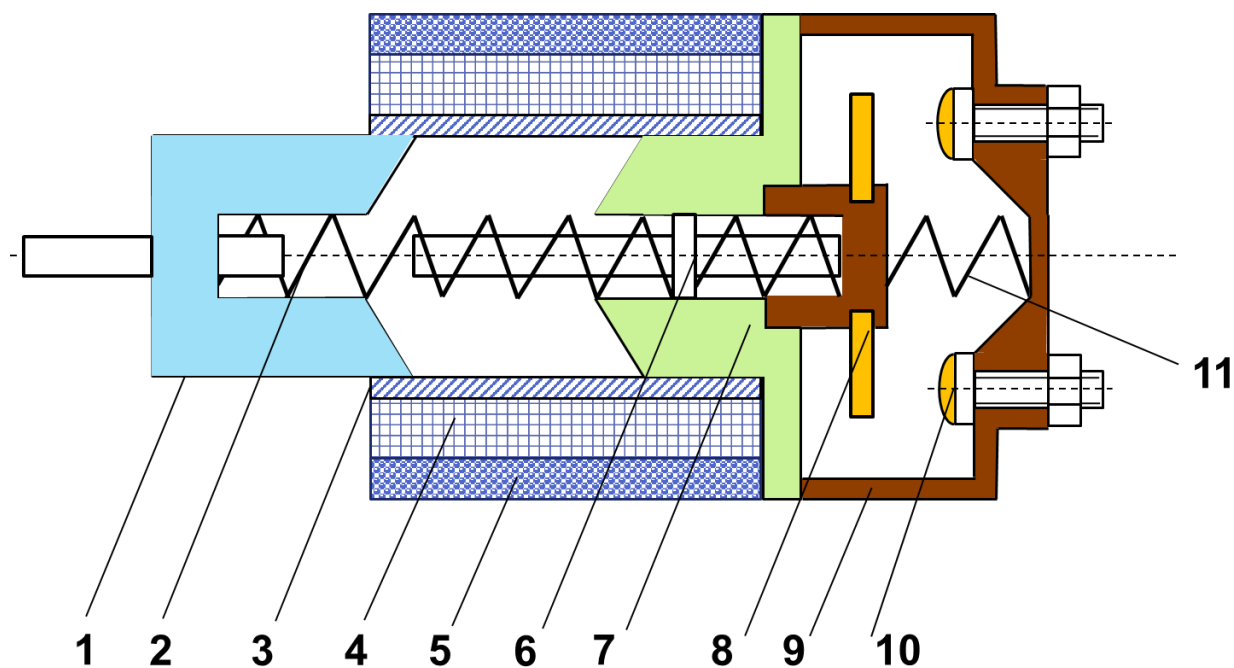
Рисунок 4.1 – Конструкция стартера малогабаритного исполнения

Обычно в качестве встроенного редуктора используется планетарный механизм, состоящий из внешнего зубчатого колеса (коронная шестерня), закреплённого неподвижно, в котором вращается водило с зубчатыми колесами-сателлитами. Коронная шестерня изготавливается из пластмассы (полиамид) для уменьшения шума.

Использование планетарного редуктора позволяет снизить габариты электродвигателя за счет повышения частоты вращения. Общие габариты стартера уменьшаются на 30-50 % по сравнению с безредукторными моделями.

4.3 Устройство и принцип работы тяговых реле

Тяговое реле представляет собой комбинацию соленоида и реле.



1 – стальной якорь, 2 – возвратная пружина, 3 – латунная втулка, 4 – втягивающая обмотка, 5 – удерживающая обмотка, 6 – шток, 7 – сердечник, 8 – подвижный контактный диск, 9 – пластмассовая крышка, 10 – неподвижные контакты, 11 – контактная пружина.

Рисунок 4.2 – Конструкция тягового реле

Тяговое реле служит для создания усилия на рычаге механизма привода, а также подключения стартерного электродвигателя к АКБ.

Тяговое реле может иметь одну или две обмотки, намотанные на латунную втулку, внутри которой свободно перемещается стальной якорь, воздействующий на шток с подвижным контактным диском. Два неподвижных контакта в виде болтов закреплены в пластмассовой крышке.

В двухобмоточном реле удерживающая обмотка рассчитана только на удержание якоря реле в притянутом состоянии, намотана проводом меньшего сечения и имеет прямой выход на «массу». Втягивающая обмотка подключена параллельно контактам реле и во время пуска шунтируется (закорачивается).

Принцип работы двухобмоточного тягового реле заключается в следующем: на первой стадии питание подается втягивающую и удерживающую обмотку, что приводит к намагничиванию тягового реле, перемещению якоря тягового реле и замыканию контакта тягового реле.

Во второй стадии втягивающая обмотка шунтируется для экономии энергии АКБ. После завершения процесса запуска ДВС ток протекает по втягивающей и удерживающей обмоткам, причем во втягивающей меняет свое направление. Поскольку количество витков обмоток совпадает, то это обеспечивает быстрое размагничивание тягового реле.

4.4 Конструктивное исполнение механизма привода

Механизм привода стартера (англ. – bendix) предназначен для ввода шестерни в зацепление с маховиком и защиты стартера от чрезмерной частоты вращения.

Конструктивно объединяет вильчатый рычаг, поводковую муфту, буферную пружину, муфту свободного хода и приводную шестерню.

В настоящее время на автомобилях используется преимущественно принудительный привод шестерни.

В стартерах с принудительным приводом перемещение якоря тягового реле посредством рычага преобразуется в движение шестерни, которая ходит в спиральных шлицах на валу привода. Такая конструкция позволяет сочетать осевое и вращательное движение, что существенно облегчает зацепление.

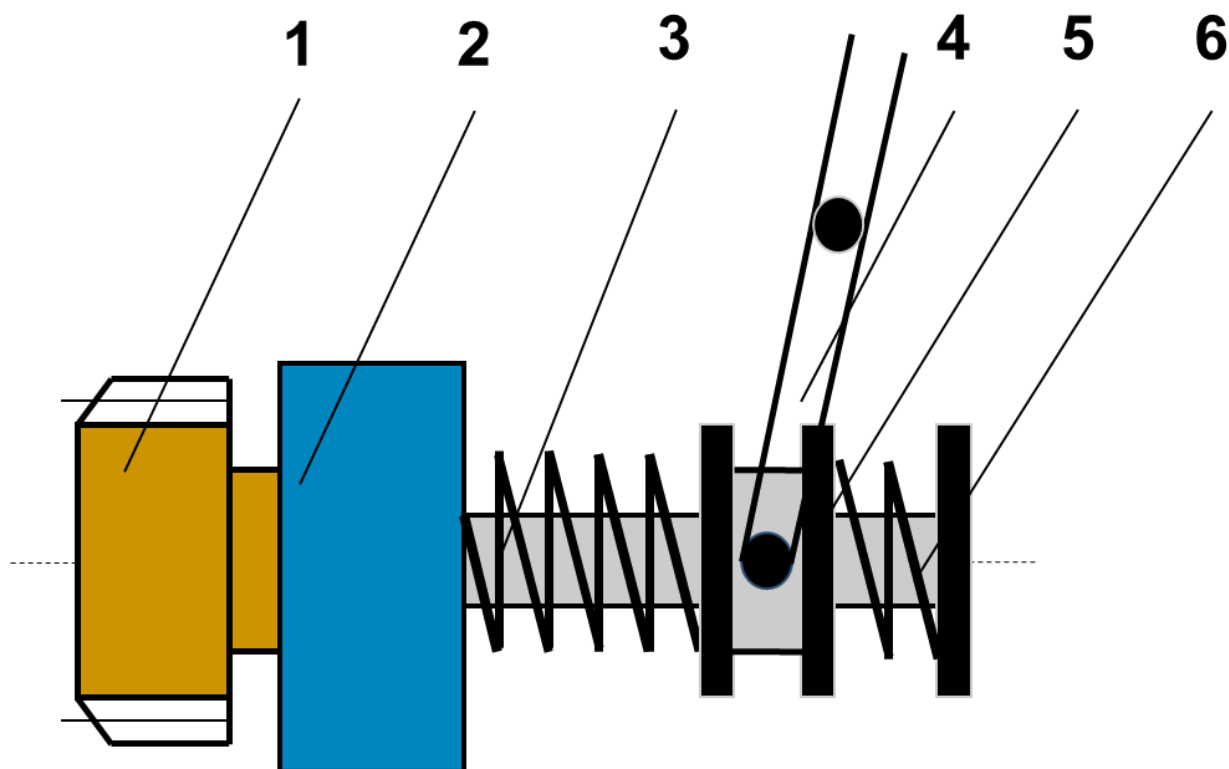


Рисунок 4.3 – Устройство механизма привода стартера

Буферная пружина обеспечивает ввод шестерни в зацепление с зубчатым венцом маховика в том случае, если зуб шестерни упрется в зуб маховика. Пружина сжимается под действием усилия тягового реле, которое в конце хода подает питание на электродвигатель.

Вращение электродвигателя поворачивает шестерню до тех пор, пока зуб шестерни не найдет впадину на маховике. При этом предварительно сжатая буферная пружина толкает вперед шестерню, обеспечивая зацепление.

Шестерня стартера обычно имеет 8-11 зубьев и специальную форму, облегчающую зацепление с маховиком.

Поскольку маховик имеет гораздо большее количество зубьев, то передаточное отношение стартер-маховик обычно лежит в диапазоне 1:10...1:20.

Муфты свободного хода.

Во всех стартерах вращение шестерни передается через муфту свободного хода. Муфта свободного хода позволяет шестерне приводиться во вращение валом якоря, однако разрывает соединение между шестерней и валом, как только маховик раскручивает шестерню быстрее, чем стартер.

Муфты свободного хода по конструкции подразделяют на:

- роликовые;
- храповые;
- фрикционные.

Принцип работы роликовой муфты свободного хода.

При включении электродвигателя ролики под действием пружин и сил трения перемещаются в узкую часть клиновидного пространства, и муфта заклинивается. Вращение от обоймы, размещенной на валу якоря, передается на втулку, жестко связанную с шестерней.

После пуска частота вращения втулки превышает частоту вращения обоймы. Ролики, под действием центробежной силы преодолевают сопротивление пружин и переходят в широкую часть клиновидного пространства. Следовательно, вращение от маховика к якорю не передается (муфта проскальзывает).

Храповая муфта обеспечивает более полное разъединение валов, надежна в работе, ремонтпригодна и передает большой момент при небольших габаритах.

Фрикционная (многопластинчатая) муфта получила применение на стартерах большегрузных автомобилей. Вращение передается за счет сил трения между набором пластин.

4.5 Электрическая схема системы стартерного пуска

Электрическая схема системы стартерного пуска, представленная на рисунке 4.4, состоит из стартера, реле включения стартера, аккумуляторной батареи и выключателя зажигания.

Процесс запуска двигателя внутреннего сгорания происходит в три стадии.

На первой стадии путем поворота ключа в замке зажигания (или нажатия кнопки) происходит замыкание контактов 30 и 50, в результате чего питание от АКБ подается на обмотку *1* реле стартера, которое предохраняет контакты замка зажигания от пригорания.

Реле стартера намагничивается и замыкает свой контакт *2* (вторая стадия запуска), обеспечивая питанием втягивающую *4* и удерживающую *3* обмотки тягового реле. Несмотря на то, что ток втягивающей обмотки протекает по обмоткам электродвигателя, он на данной стадии не вращается, так как напряжение недостаточно велико.

Тяговое реле намагничивается (третья стадия запуска), выдвигает шестерню стартера в зацепление с маховиком, и в конце своего хода замыкает свой контакт *5*, при этом ток напрямую поступает от АКБ на электродвигатель стартера *6*, который начинает вращаться, обеспечивая запуск двигателя внутреннего сгорания.

Процесс выключения схемы по окончании запуска двигателя внутреннего сгорания протекает в обратном порядке, то есть вначале обесточивается реле стартера, затем тяговое реле и электродвигатель стартера.

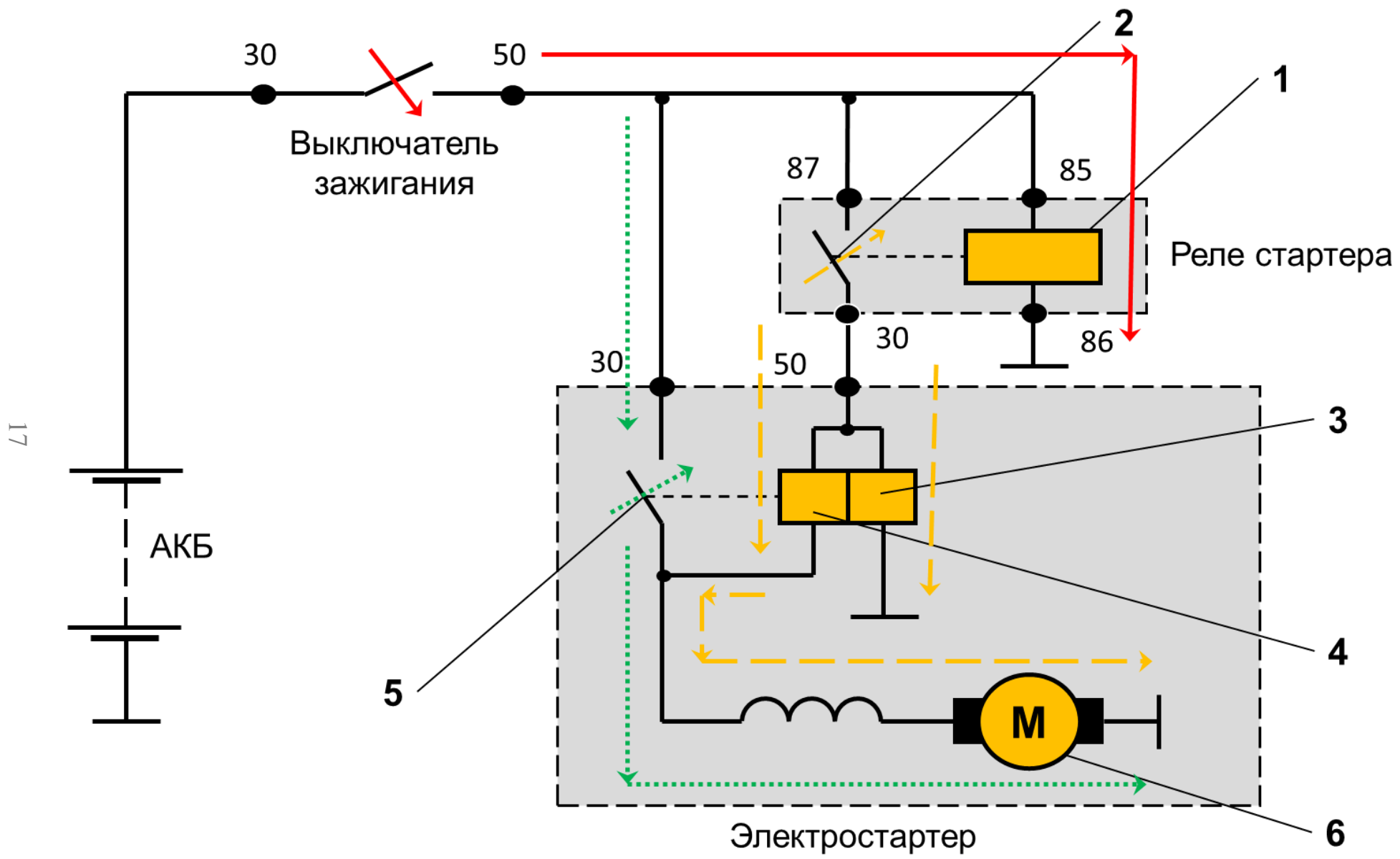


Рисунок 4.4 – Схема работы системы стартерного пуска

4.6 Параметры и характеристики электростартеров

К основным параметрам электростартеров относят:

1. Номинальное напряжение (12 В – легковые автомобили, грузовые автомобили и автобусы с бензиновыми двигателями, 24 В - грузовые автомобили и автобусы с дизельными двигателями)
2. Ток короткого замыкания (до 1000 А – легковые автомобили, до 3000 А – грузовые автомобили)
3. Емкость сопрягаемой АКБ (35 - 220 А·ч)
4. Номинальная мощность стартера (0,8 - 4 кВт - легковые автомобили, 4 - 12 кВт - грузовые автомобили)
5. Частота вращения холостого хода (3000 - 6000 об/мин)
6. Тормозной момент (до 30 Н·м – легковые автомобили, до 150 Н·м – грузовые автомобили)

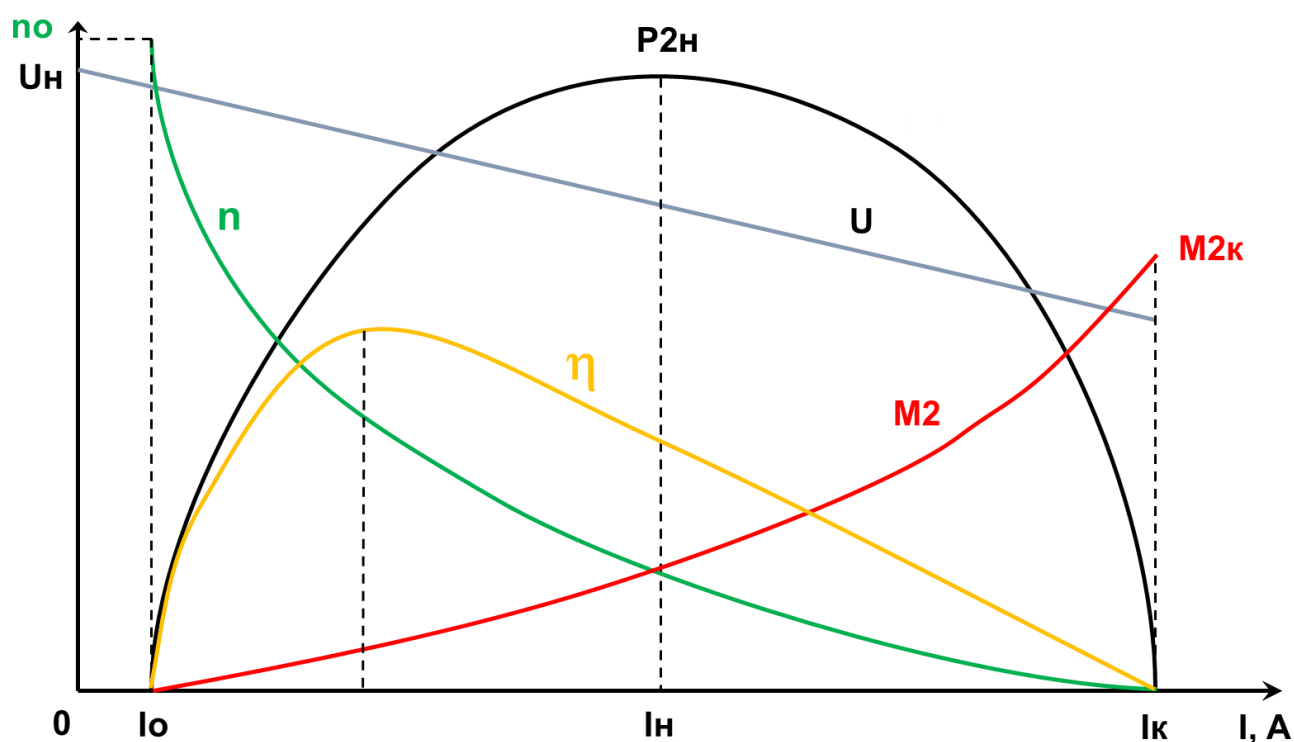


Рисунок 4.5 – Рабочие характеристики стартерного электродвигателя

К рабочим характеристикам стартерного электродвигателя относят зависимости частоты вращения n , крутящего момента M_2 , полезной мощности P_2 , коэффициента полезного действия η и напряжения на выводах стартера U от тока стартера I .

Эффективность системы стартерного пуска определяется механическими характеристиками, которые представляют собой зависимости крутящего момента $M_{двс}$, создаваемого стартером на коленчатом валу двигателя внутреннего сгорания и момента сил сопротивления прокручиванию $M_{ссп}$ двигателя внутреннего сгорания от частоты вращения коленчатого вала.

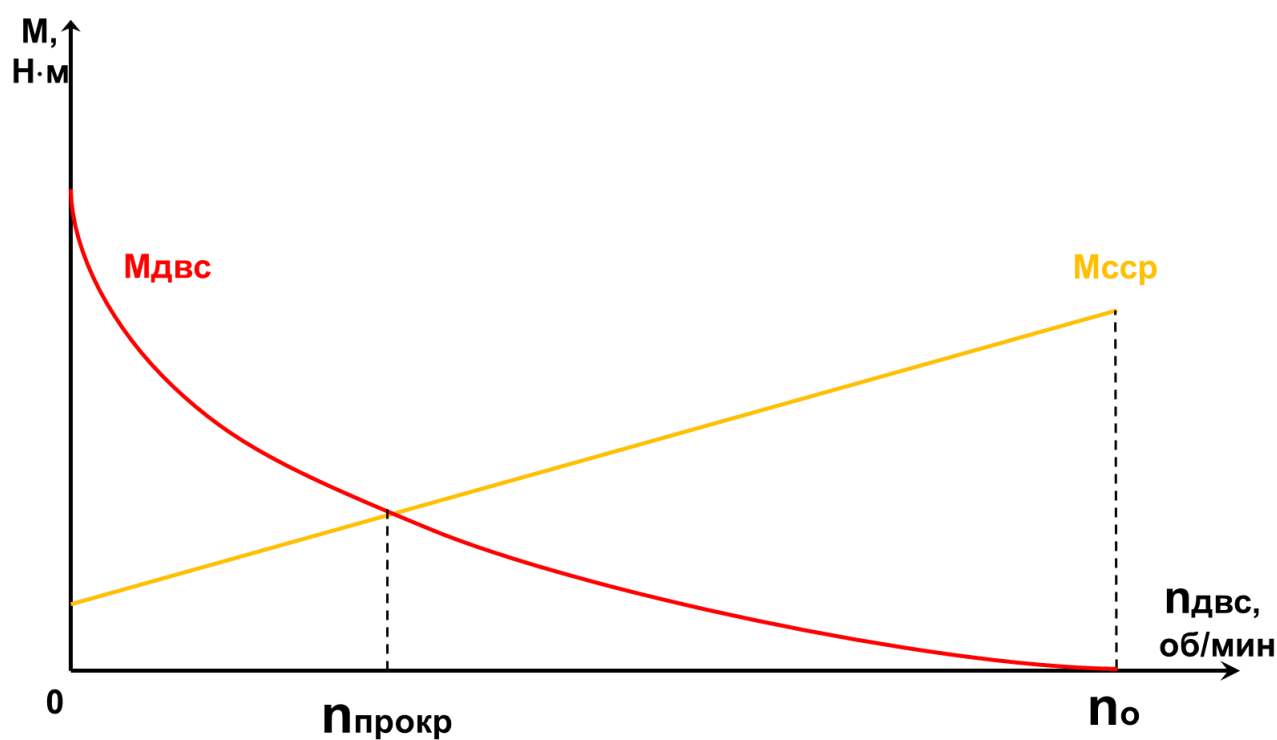


Рисунок 4.6 – Механические характеристики системы стартерного пуска

Точка пересечения вышеуказанных зависимостей называется частотой прокручивания, которая определяет успешность осуществления запуска двигателя внутреннего сгорания.

4.7 Техническое обслуживание электростартеров

При каждом ТО-2 проверяется крепление стартера к двигателю и соединение наконечников проводов стартера и АКБ.

При установленном значении пробега стартер снимают с двигателя, очищают наружные поверхности от масла и грязи и производят оценку технического состояния.

Проверка щёточно-коллекторного узла:

- проверяют подвижность щёток в щеткодержателях;
- контролируется высота щёток (не менее 8 мм);
- проверяют силу давления щёточных пружин;
- проверяют состояние коллектора.

Привод стартера должен свободно (без заеданий) перемещаться по валу и возвращаться пружиной.

На зубьях шестерни не должно быть сколов и выкрашиваний.

5 Порядок выполнения работы

5.1 Внешний осмотр

Покачиванием вала якоря определяют состояние подшипников. Изношенные втулки заменяют.

Перемещением якоря вдоль оси проверяют осевой люфт вала. Осевой люфт от 0,1 до 0,7 мм регулируют установкой шайб со стороны привода между крышкой и упорным кольцом. Проверяют легкость перемещения деталей и узлов привода. При проверке рукой перемещают шестерню вместе с муфтой по шлицам вала вперед к переднему подшипнику. Они должны свободно, без

заеданий перемещаться по шлицам вала и возвращаться в исходное положение под действием возвратной пружины.

Если привод перемещается по валу с трудом, или не возвращается, его разбирают и после разборки удаляют налет с вала шкурками зернистостью 140 – 180 единиц.

5.2 Проверка тягового реле стартера

Снимают крышку тягового реле и проверяют состояние контактного диска и головок болтов.

Окисленные и подгоревшие поверхности торцов головок контактных болтов и диска (или контактной пластины) зачищают напильником или абразивными шкурками, а затем шлифуют. При сильном износе головок болтов диска (пластины) болты поворачивают на 180° вокруг своей оси, а диск (пластину) переворачивают другой стороной. При сборке тягового реле необходимо правильно устанавливать на место наконечник.

Витковое замыкание в обмотках тягового реле определяют измерением их сопротивления омметром. Проверку сопротивления обмоток тягового реле проводят с помощью омметра или мультиметра, подключаемого как показано на рисунке 5.1. Результаты измерения заносят в таблицу по форме таблицы 5.1.

Таблица 5.1 – Результаты испытания тяговых реле стартера

Модель тягового реле	Удерживающая обмотка		Втягивающая обмотка		Результат испытания
	Сопротивление, Ом	Сила тока, А	Сопротивление, Ом	Сила тока, А	

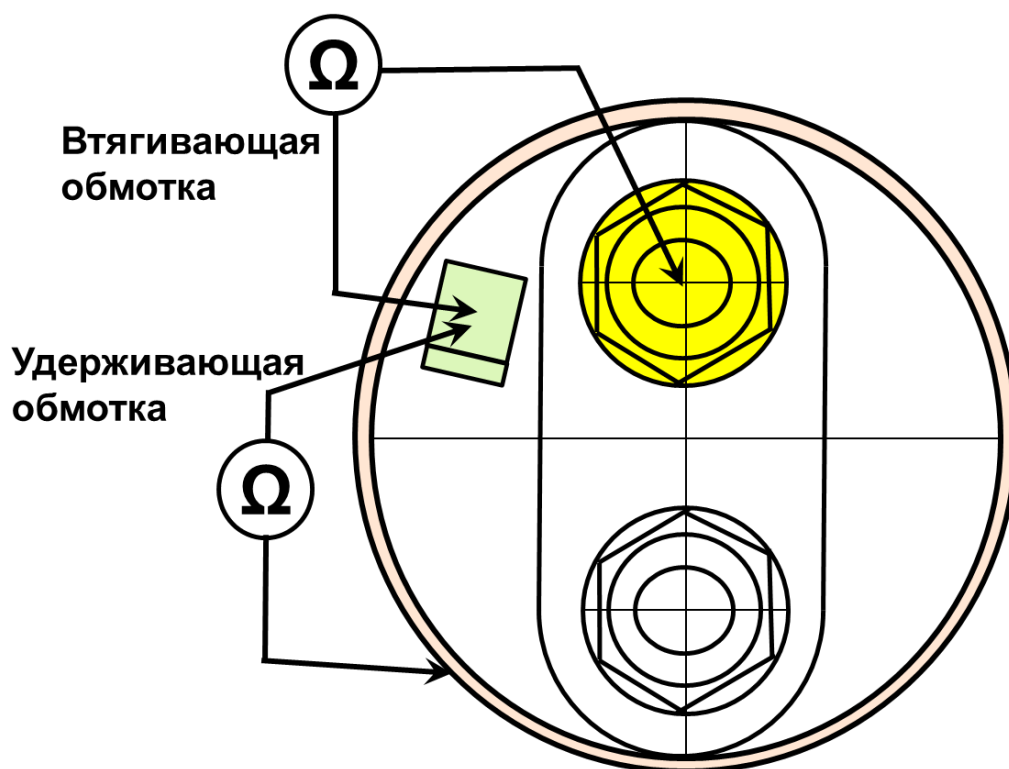


Рисунок 5.1 – Проверка сопротивления обмоток тягового реле

При проверке обмоток тягового реле отключают клемму провода от электродвигателя. Для проверки втягивающей обмотки проводники от батареи подключают к клеммам реле (рисунок 5.2). При исправной обмотке сердечник резко втягивается в реле.

Для проверки удерживающей обмотки один провод от батареи подключают к корпусу реле, а другой — к клемме вывода обмоток. При исправной обмотке сердечник будет слабо втягиваться в реле. Результаты испытания заносят в таблицу по форме таблицы 5.1.

Согласно требованиям ГОСТ Р 53829-2010 тяговые реле:

- должны срабатывать при напряжении не более 9 (18) В, и отпускать при напряжении 5,4 (10,8) В;
- якорь реле должен притягиваться при подаче напряжения на втягивающую обмотку и оставаться в притянутом состоянии при питании удерживающей обмотки;
- падение напряжения на контактах реле не должно превышать 0,5 В.

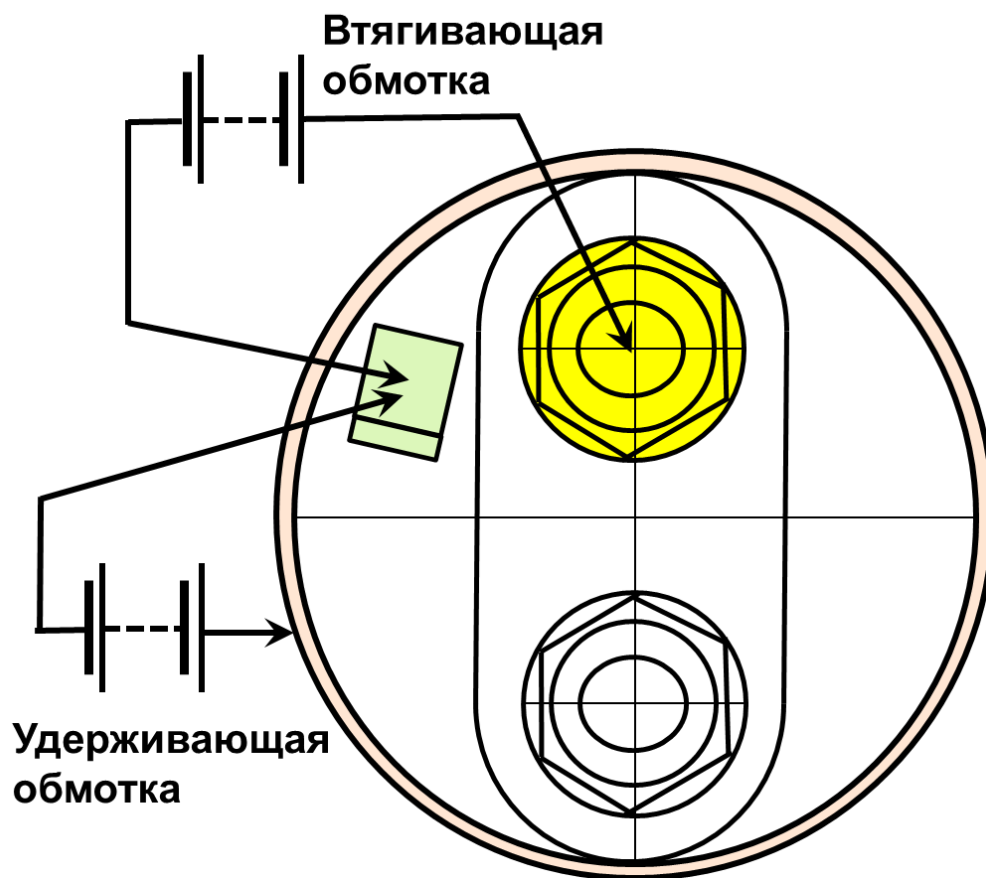


Рисунок 5.2 – Проверка включения обмоток тягового реле

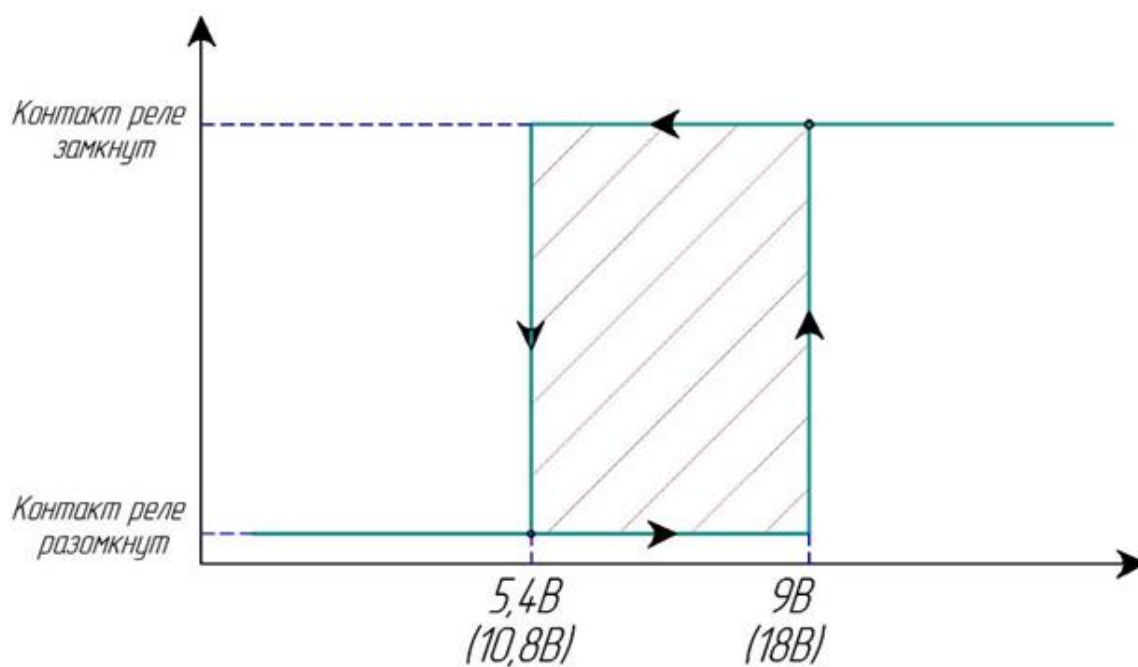


Рисунок 5.3 – Релейная характеристика тягового реле стартера

5.3 Испытание стартерного электродвигателя

Проверка стартерного электродвигателя производится с исправной заряженной аккумуляторной батареей такой же емкости, что и у батареи, с которой работает проверяемый стартер. Стартерный электродвигатель проверяют в двух режимах: в режиме холостого хода и в режиме полного торможения якоря. Для проверки стартера его подключают по схеме, приведенной на рисунке 5.4.

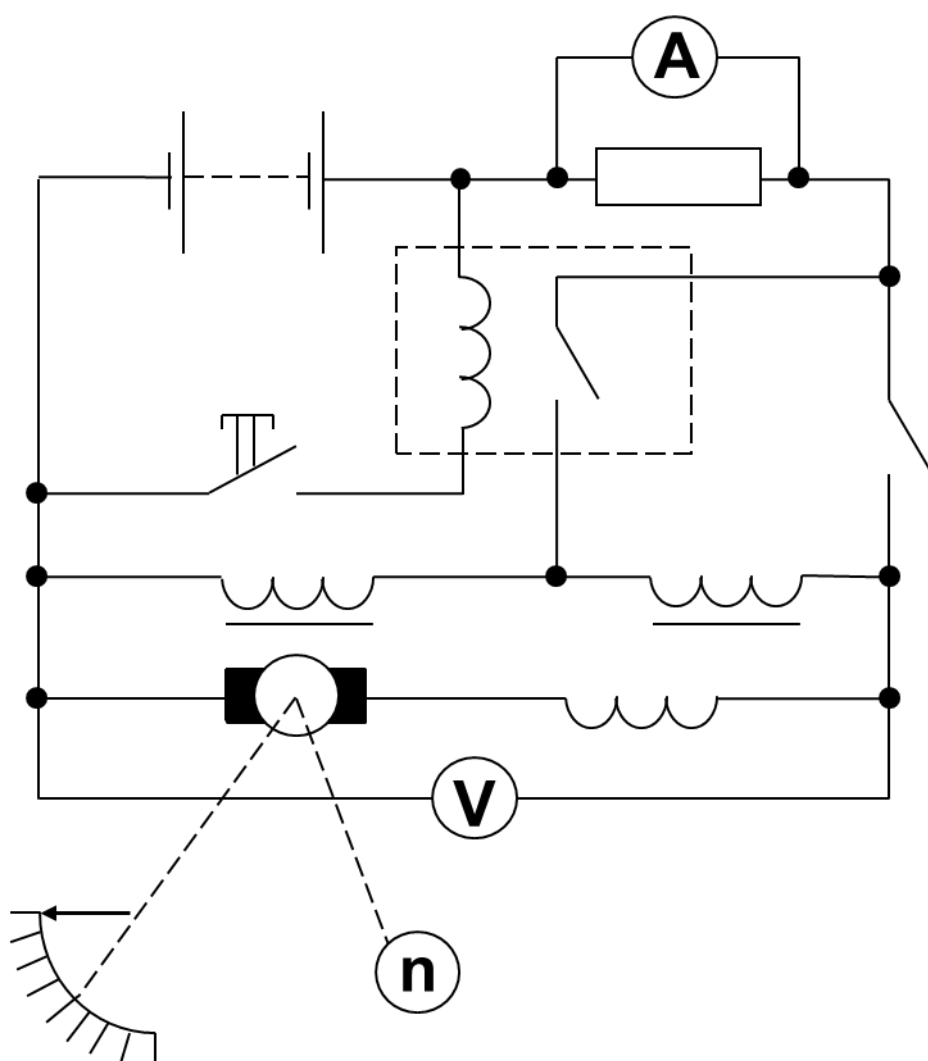


Рисунок 5.4 – Схема подключения стартера на стенде

Проверка стартера в режиме холостого хода.

Включают стартер и через 30 с после включения по показанию амперметра определяют силу тока, а частоту вращения якоря стартера измеряют переносным цифровым тахометром.

Результаты эксперимента заносят в таблицу по форме таблицы 5.2.

Таблица 5.2 – Испытание стартера в режиме холостого хода

Параметры стартера	Напряжение, В	Сила тока, А	Частота вращения, мин ⁻¹
Паспортные данные			
Результаты испытаний			

Показания амперметра и тахометра сравнивают с паспортными данными стартера. Стартер считается исправным, если сила тока не будет превышать паспортной величины, а частота вращения якоря будет не меньше паспортной.

Увеличение силы тока и уменьшение частоты вращения якоря по сравнению с паспортными величинами, вызывается следующими неисправностями: ослаблением крепления крышек, что вызывает перекося вала якоря; замыканием пластин коллектора металлоугольной пылью, возникшей при износе щеток и коллектора; изгибом вала и др. Стартер, удовлетворяющий техническим условиям в режиме холостого хода, проверяется в режиме полного торможения.

Проверка стартера в режиме полного торможения.

На зубьях шестерни привода закрепляют рычаг и соединяют его нагрузочной меодозой (рисунок 5.5). Стартер включают на 3 – 4 с и читают показания амперметра, вольтметра и динамометра.

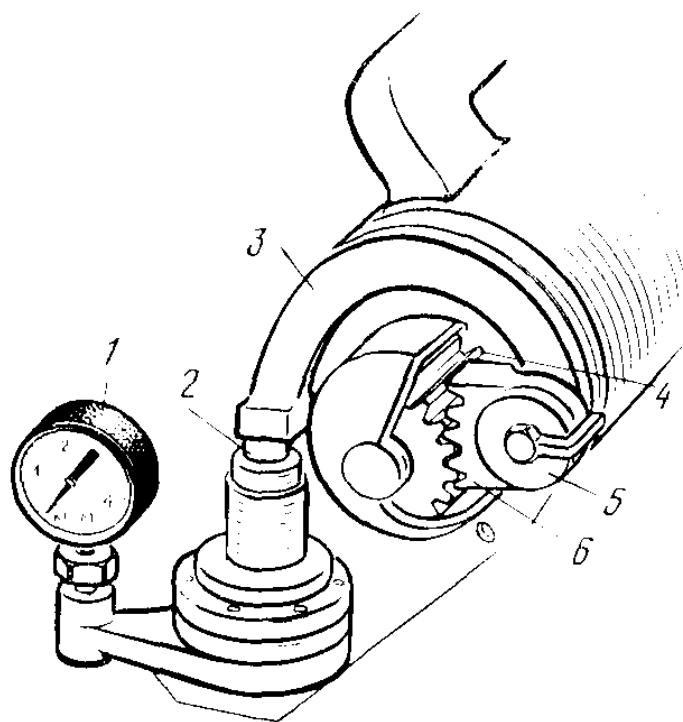


Рисунок 5.5 – Установка динамометра на стенде Э211

Результаты эксперимента заносят в таблицу по форме таблицы 5.3.

Таблица 5.3 – Испытание стартера в режиме полного торможения

Параметры стартера	Напряжение, В	Сила тока, А	Тормозной момент, Н·м
Паспортные данные			
Результаты испытаний			

Стартер считается исправным, если сила потребляемого тока будет не больше, а крутящий момент не меньше паспортных величин.

При напряжении аккумуляторной батареи не менее 9 (18) В большая сила потребляемого тока и меньший крутящий момент могут быть при замыкании обмотки возбуждения или обмотки якоря на корпус, витковом замыкании в катушках обмотки возбуждения, замыкании пластин коллектора или замыкании на корпус изолированных щеткодержателей, а также механических неисправностей.

Малый крутящий момент и небольшая сила тока могут быть при зависании или износе щеток, окислении или замасливание коллектора, ослаблении пружин щеткодержателей и окислении контактных поверхностей контактного диска и клемм тягового реле.

Вращение якоря стартера при заторможенной шестерне свидетельствует о пробуксовке муфты свободного хода.

Стартер, не удовлетворяющий техническим условиям, разбирается для проверки состояния обмоток, узлов и деталей.

5.4 Расчет и построение характеристик стартерного электродвигателя

По данным таблиц 5.2 и 5.3 строятся рабочие характеристики стартерного электродвигателя, примерный вид которых показан на рисунке 5.6.

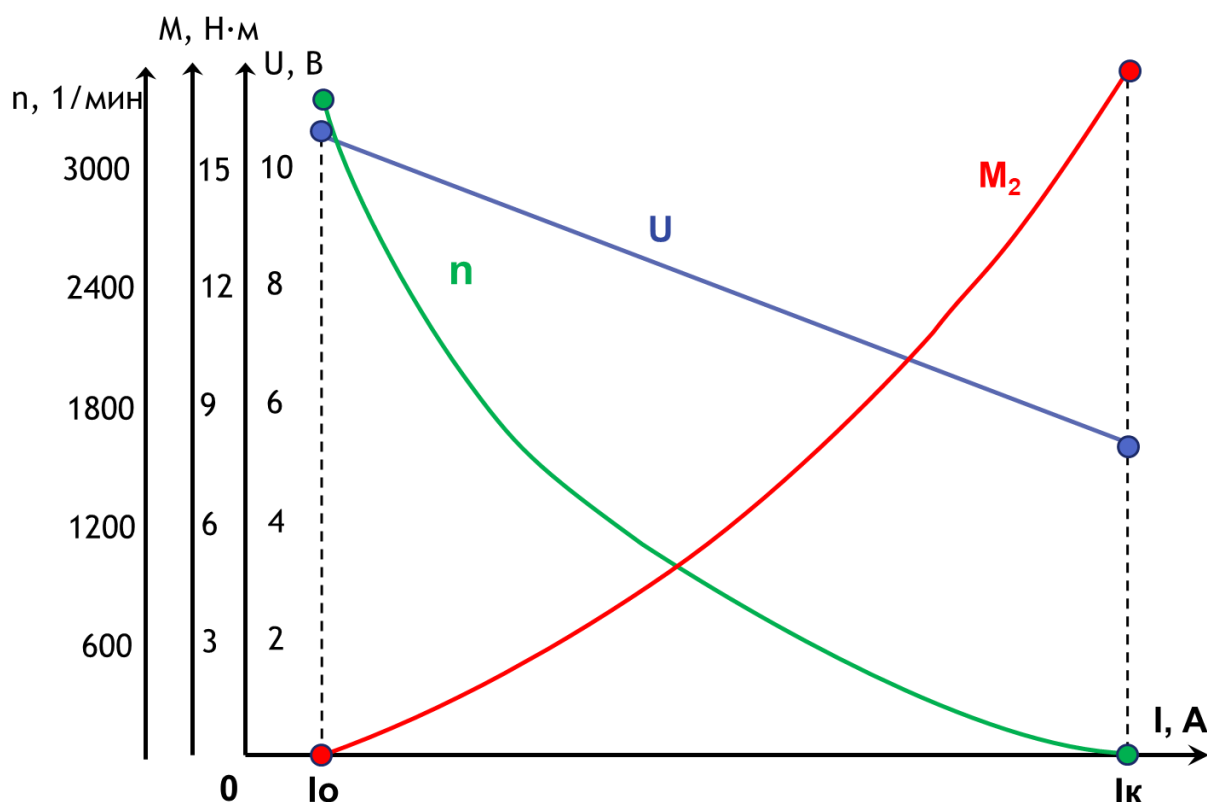


Рисунок 5.6 – Рабочие характеристики стартерного электродвигателя

По данным графиков, изображенных на рисунке 5.6, рассчитываются энергетические параметры стартерного электродвигателя. Для этого необходимо заполнить таблицу по форме таблицы 5.4.

Таблица 5.4 – Расчет энергетических характеристик стартерного электродвигателя

Параметры	I_0				I_k
U, В					
P1, Вт					
n, 1/мин					
M, Н·м					
P2, Вт					
η , о.е.					

Потребляемая мощность стартерного электродвигателя, Вт

$$P_1 = U \cdot I, \quad (5.1)$$

где U – напряжение на стартере, В;

I – ток стартерного электродвигателя, А.

Полезная мощность на валу стартерного электродвигателя, Вт

$$P_2 = \frac{M \cdot n}{9,55}, \quad (5.2)$$

где M – крутящий момент на валу стартерного электродвигателя, Н·м;

n – частота вращения якоря стартерного электродвигателя, 1/мин.

Коэффициент полезного действия стартерного электродвигателя, о.е.

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \quad (5.3)$$

Значения напряжения, частоты вращения и крутящего момента для расчета по формулам (5.1) – (5.3) и заполнения таблицы 5.4 находятся графически по рисунку 5.6.

Результаты расчета представляют графически в виде зависимостей потребляемой и полезной мощности, а также коэффициента полезного действия от силы тока, потребляемого стартерным электродвигателем.

Пример вышеперечисленных зависимостей приведен на рисунке 5.7.

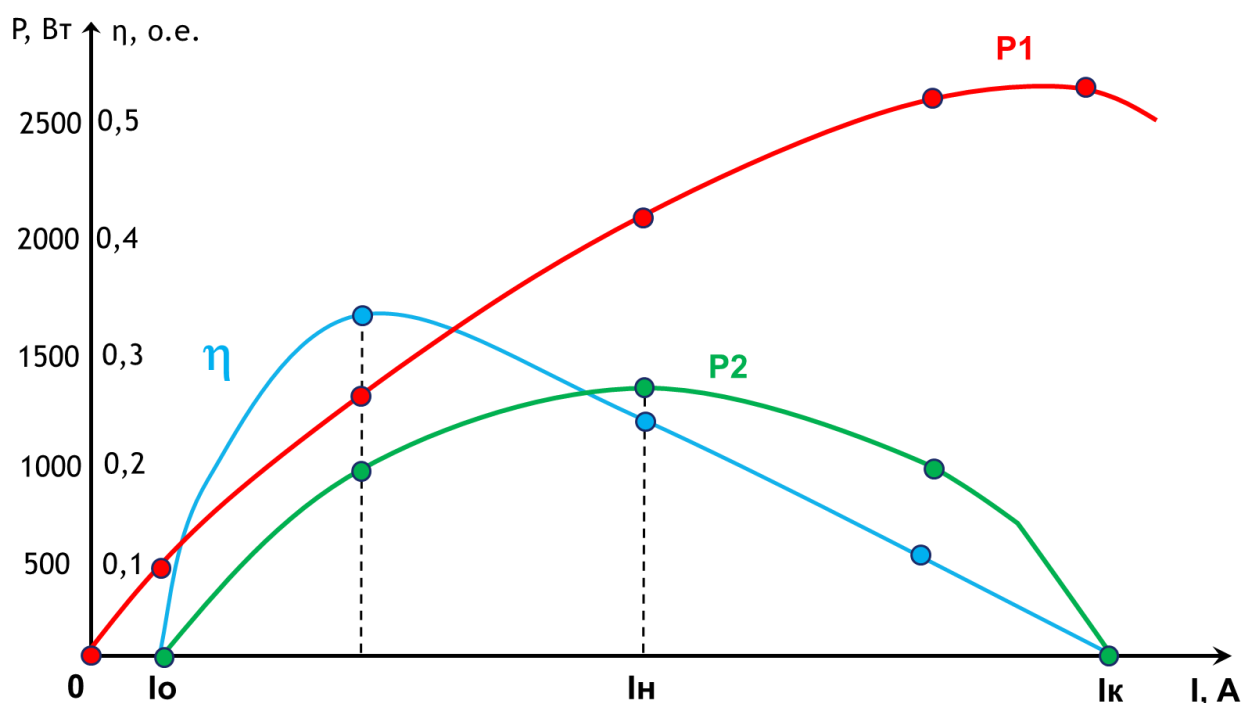


Рисунок 5.7 – Энергетические характеристики стартерного электродвигателя

5.5 Оценка технического состояния приборов системы пуска

Для того чтобы сделать заключение о техническом состоянии приборов системы стартерного пуска необходимо сравнить результаты экспериментов с паспортными значениями или нормативными данными (ГОСТ Р 53829-2010).

1. Для оценки технического состояния реле включения стартера сравнивают напряжение включения и отключения с паспортными значениями. Если напряжение включения не превышает паспортных величин, реле считают исправным. Если при проведении испытания возникает посторонний звук, это свидетельствует о дефектах контактной системы реле.

2. При оценке технического состояния тягового реле:

– проверяют сопротивление втягивающей и удерживающей обмоток. Если полученные значения меньше паспортных, это говорит о наличии межвитковых замыканий;

– проверяют эффекты втягивания якоря реле при питании втягивающей и удерживающей обмоток. При питании втягивающей обмотки реле должно резко втягиваться, а при питании удерживающей – слабо втягиваться, или без всякого эффекта.

3. При оценке технического состояния стартерного электродвигателя:

– проводят опыт холостого хода, в результате которого частота вращения должна быть не менее паспортной, сила потребляемого тока должна быть не более паспортной;

– проводят опыт полного торможения, в результате которого сила потребляемого тока должна быть не более паспортной, а тормозной момент – не менее паспортного значения.

4. По результатам расчета и построения характеристик стартерного электродвигателя определяют:

– при какой частоте вращения якоря стартер выдает максимальную мощность;

– при какой частоте вращения якоря стартер обладает максимальным коэффициентом полезного действия.

6 Контрольные вопросы

1. Почему ДВС самостоятельно запуститься не могут?
2. Почему гибридные автомобили не нуждаются в стартере?
3. Перечислите факторы, влияющие на возможность запуска ДВС.
4. Как влияет степень сжатия, рабочий объём и число цилиндров на возможность запуска ДВС?
5. Как влияют вязкостно-температурные характеристики моторного масла на возможность запуска ДВС?
6. Как влияют низкотемпературные свойства топлива на возможность запуска ДВС?
7. Какие требования предъявляются к пусковому устройству?
8. Почему запуск дизельных двигателей осуществляется сложнее?
9. Из чего складывается момент сил сопротивления прокручиванию?
10. По каким параметрам оценивают пусковые качества ДВС?
11. Дайте определение минимальной пусковой частоты вращения.
12. Чему равна нормальная длительность работы стартера для бензиновых и дизельных ДВС?
13. Чему равна минимальная пусковая частота вращения для бензиновых и дизельных ДВС?
14. От каких факторов зависит n_{\min} ?
15. Дайте определение $t_{\text{пред}}$.
16. Что понимают под надёжным пуском?
17. Чему равно нормированное количество попыток запуска ДВС?
18. Какой двигатель называется горячим?
19. Какой двигатель называется холодным?
20. Чему равна $t_{\text{пред}}$ для бензиновых и дизельных ДВС?
21. Назовите основные требования, предъявляемые к стартеру.

22. Почему в качестве стартерных ЭД не используют двигатели переменного тока?
23. Из каких основных частей состоит любой стартер?
24. Перечислите основные отличия стартеров традиционного и малогабаритного исполнения.
25. Опишите статор с электромагнитами.
26. Опишите статор с постоянными магнитами.
27. Из какого материала выполняют постоянные магниты в электростартере?
28. Что называют коэрцитивной силой? В чём она измеряется?
29. Достоинства и недостатки статоров с постоянными магнитами.
30. Достоинства и недостатки статоров с электромагнитами.
31. Из каких элементов состоит якорь стартера?
32. Для чего якорь выполняют шихтованным?
33. Какой элемент стартера выполняет функции подшипников?
34. Какие функции в стартере выполняет бандаж?
35. Достоинства и недостатки торцовых коллекторов.
36. Какие пружины используются в стартерах? Их усилие?
37. Из какого материала выполняют щётки электростартера?
38. Для чего стартеры оборудуют 4-мя щётками?
39. Как устроен планетарный редуктор стартера?
40. Из какого материала выполняется коронная шестерня? Для чего?
41. Какие преимущества имеют стартеры со встроенными редукторами?
42. Чему равно передаточное отношение встроенного редуктора?
43. Для чего предназначено тяговое реле?
44. Для чего тяговое реле содержит 2 обмотки?
45. Почему обмотки тягового реле имеют одинаковое количество витков?
46. Что произойдёт при выходе из строя удерживающей обмотки?

47. Что произойдёт при выходе из строя втягивающей обмотки?
48. Почему подвижный контакт тягового реле выполняют в виде диска?
49. Опишите принцип действия тягового реле.
50. Для чего предназначен механизм привода стартера?
51. Из каких элементов состоит механизм привода стартера?
52. Какие требования предъявляются к шестерне стартера?
53. Сколько зубьев может иметь шестерня стартера?
54. Какая связь существует между габаритами стартера и оборотами электродвигателя?
55. Для чего предназначена муфта свободного хода?
56. Какие муфты свободного хода применяют в стартерах?
57. Объясните принцип действия роликовой муфты свободного хода.
58. Какими преимуществами обладают храповые муфты свободного хода?
59. Как устроена фрикционная муфта свободного хода?
60. Перечислите основные параметры электростартеров.
61. Перечислите основные характеристики электростартеров.
62. Назначение механических характеристик стартера.
63. Назовите особенности эксплуатации электростартеров.
64. Что входит в ТО-2 при проверке стартеров?
65. Как часто стартер снимают с двигателя?
66. Что входит в процедуру проверки ЩКУ?
67. Как проводится опыт холостого хода?
68. Как проводится опыт полного торможения?

Список использованных источников

1. Ютт, В.Е. Электрооборудование автомобилей: учеб. для вузов/ В.Е. Ютт.- 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Горячая линия-Телеком, 2006. - 440 с.
2. Акимов, С.В. Электрооборудование автомобилей: учеб. для вузов/ С.В. Акимов, Ю.П. Чижков. - М.: Кн. изд-во "За рулем", 2005. - 336 с.: ил
3. Чижков, Ю.П. Электрооборудование автомобилей и тракторов: учебник для вузов/ Ю.П. Чижков. - М.: Машиностроение, 2007. - 656 с.
4. Тимофеев, Ю.Л. Лабораторный практикум по электрооборудованию автомобилей: учебное пособие для автотранспортных техникумов / Ю. Л. Тимофеев, Г. Л. Тимофеев. – М.: Транспорт, 1988. - 158 с.
5. Автомобильный справочник: пер. с англ. /ООО «СтарСПб» - 3-е изд., перераб. и доп. – М.: ООО «Книжное издательство «За рулем», 2012. – 1280 с.
6. Волков, В.С. Электрооборудование транспортных и транспортно-технологических машин: учебник для студ. учреждений высш. проф. образования / В.С. Волков – 2-е изд., перераб и доп. - М.: Издательский центр «Академия», 2013. – 384 с.
7. Набоких, В.А. Электрооборудование автомобилей и тракторов: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / В.А. Набоких. — 3-е изд., стер. — М.: Издательский центр «Академия», 2013. — 400 с.
8. ГОСТ Р 53829-2010 Автомобильные транспортные средства. Стартеры электрические. Технические требования и методы испытаний – М.: Стандартиформ, 2010. – 16 с.
9. Пузаков, А.В. Оценка технического состояния приборов системы стартерного пуска: методические указания / А.В. Пузаков, А.М. Федотов. - Оренбург: ОГУ. - 2014. - 77 с

Приложение А (рекомендуемое)

Бланк лабораторной работы

Исследование работы автомобильного электростартера

А.1 Цель: _____

А.2 Испытание тягового реле стартера

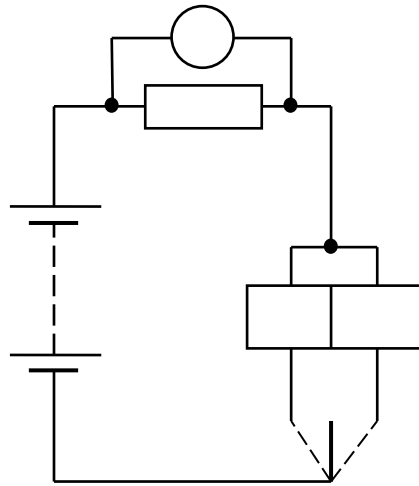


Рисунок А.1 - Схема испытания тягового реле стартера

Таблица А.1

Марка реле	Удерживающая обмотка		Втягивающая обмотка		Результат испытания	На каких автомобилях используется
	Сопротивление, Ом	Сила тока, А	Сопротивление, Ом	Сила тока, А		
					Результат испытания	
					Результат испытания	
					Результат испытания	

А.3 Испытание стартерного электродвигателя

Модель стартера: _____

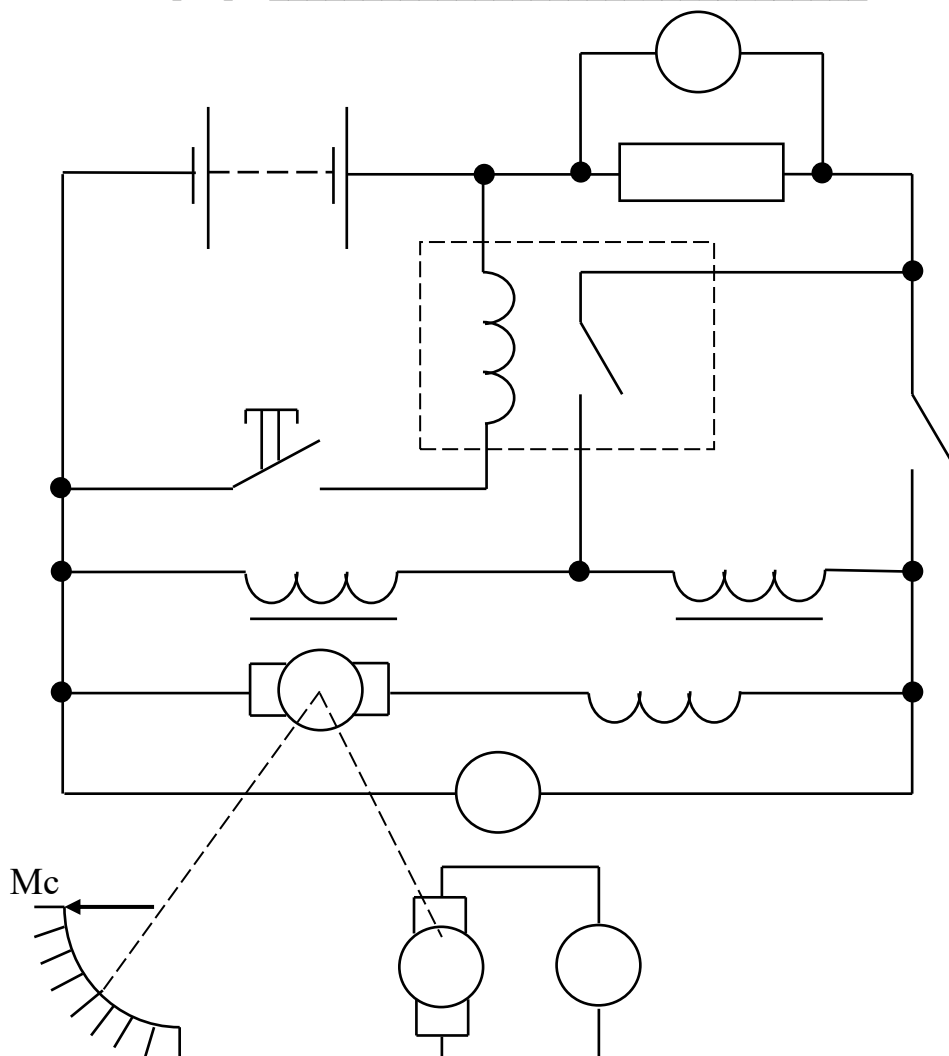


Рисунок А.2 – Схема испытания электродвигателя стартера

Таблица А.2 – Испытание стартера в режиме холостого хода

Параметры стартера	Напряжение, В	Сила тока, А	Частота вращения, мин ⁻¹
Паспортные данные			
Результаты испытаний			

Рисунок А.4 – Энергетические характеристики стартера

А.5 Выводы и анализ полученных результатов
