СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 8
I. СОВРЕМЕННЫЕ СРЕДСТВА И МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ МАШИН ЭЛЕКТРОПОДВИЖНОГО СОСТАВА 10
1.1 Программные средства диагностики для контроля за техническим состоянием вспомогательных машин 10
1.2 Классификация методов диагностики вспомогательных машин 17
1.3 Программные средства диагностики 23
II. СИСТЕМА ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ ЭЛЕКТРОВОЗОВ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА 30
2.1 Диагностика фазорасщипителей 30
2.2 Диагностика мотор-генератора электровоза 34
2.3 Диагностика дизель-генераторных установок 35
2.4 Анализ отказов вспомогательных машин 37
III.ПРОЕКТИРОВАНИЕ СРЕДСТВ ДИАГНОСТИКИ ТИПА СТЕНД, ОСНОВАННОГО НА СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДАХ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ 46
3.1 Проект модели стенда 55
3.2 Тестирование модели стенда 62
IV. РАСЧЁТ ЗАГРУЗКИ ДИАГНОСТИЧЕСКОГО СТЕНДА 72
4.1. Подготовка объекта к диагностированию 72
4.2. Подготовка комплекса к работе 72
4.3. Проведение измерений 73
V. РАСЧЁТ ПНЕВМАТИЧЕСКОГО ПОДЪЕМНИКА ДЛЯ ПОДЪЁМА ДВИГАТЕЛЯ ЭЛЕКТРОВОЗА ПЕРЕМЕННОГО ТОКА 76
5.1 Описание и принцип работы 76
5.2 Исходные данные 77
5.2.1 Расчет болтовых соединений на прочность 77
5.2.2 Расчет сварных соединений на прочность 78
VI. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА ДИАГНОСТИРОВАНИЯ НЕИСПРАВНОСТЕЙ ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ РАЗРАБОТАННЫМ СТЕНДОМ 79
VII. ОХРАНА ТРУДА 87
7.1. Опасные и вредные факторы, действующие на работников депо, занятых на техническом обслуживании и ремонте локомотивов 87
7.2 Требования охраны труда при диагностировании вспомогательного оборудования локомотивов 88
7.3 Требования безопасности в аварийных ситуациях 91
VIII. РАСЧЁТ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМЫ ВИБРОАКУСТИЧЕСКОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ КМБ ЭЛЕКТРОВОЗОВ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА 94

ЗАКЛЮЧЕНИЕ 101
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 102

ВВЕДЕНИЕ

Диагностика вспомогательных устройств электровозов переменного тока – это теория и методы определения технического состояния объекта диагностирования. Диагноз (от греч. diagnosis) – распознавание, определение. Техническая диагностика решает три типа задач. К первому типу относятся задачи по определению состояния, в котором объект находится в настоящее время – установление диагноза. Задачами второго типа являются задачи по предсказанию состояния, в котором окажется объект в некоторый момент времени – задачи прогноза. К третьему типу относятся задачи определения состояния, в котором находился объект в некоторый момент в прошлом – задачи генеза. Техническое диагностирование тягового подвижного состава сопряжено с высокой трудоёмкостью, это обусловлено сложностью его конструкции, интенсивностью эксплуатации и повышению требований к надёжности и безопасности, что не позволяет интуитивным и ручным способом определить его техническое состояние. Поэтому применение специализированных средств диагностирования даёт возможность достоверно определить техническое состояние локомотива

Объектом исследования дипломной работы является создание средства диагностирования вспомогательных машин переменного тока железнодорожного транспорта.

Предметом исследования дипломной работы выступают вспомогательные машины переменного тока.

Целью дипломной работы является разработка средства диагностики вспомогательного оборудования локомотивов.

Для достижения этой цели в работе были решены следующие задачи:

- исследованы существующие средства диагностики вспомогательного оборудования;

- проанализированы типичные неисправности вспомогательного оборудования локомотивов;
- разработано и протестировано дополнительное средство диагностики вспомогательного оборудования.

I. СОВРЕМЕННЫЕ СРЕДСТВА И МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ МАШИН ЭЛЕКТРОПОДВИЖНОГО СОСТАВА

1.1 Программные средства диагностики для контроля за техническим состоянием вспомогательных машин

Основная задача технического диагностирования состоит в организации эффективных процессов определения технического состояния различных, особенно сложных, многокомпонентных объектов. Под техническим состоянием объекта понимают совокупность свойств объекта, установленных технической документацией и подверженных изменению в процессе эксплуатации [1, 2]. Процесс определения технического состояния объекта с определённой точностью называется техническим диагностированием. Контроль технического состояния – это определение вида технического состояния. При одном и том же объективно существующем техническом состоянии изделие может быть работоспособным для одних условий эксплуатации и неработоспособным для других. Поэтому номенклатура свойств изделия, включаемая в техническую документацию, должна содержать диагностические параметры, достаточные для проведения тех видов диагностирования, которые требуются в условиях эксплуатации для проверки исправного и работоспособного состояния объекта, его правильного функционирования и поиска неисправностей с заданной глубиной. Последняя определяется числом диагностических (контролируемых) параметров, определяющих надёжность изделия. Чем больше контролируемых параметров используется при диагностировании, тем глубже и полнее будет диагностирование [1, 2].

Полнота технического диагностирования – характеристика, определяющая возможность выявления отказов (неисправностей) в объекте

при выбранном методе его диагностирования (контроля). Глубина поиска места отказа (неисправности) – характеристика, задаваемая указанием составной части объекта, с точностью до которой определяется место отказа (неисправности). К средствам диагностирования относится: аппаратура – различного рода датчики, преобразователи, измерительные и специализированные приборы, пульты, стенды, вычислительные устройства и др.

Системой диагностирования называется совокупность средств, объектов и исполнителей, необходимых для проведения диагностирования по правилам, установленным в технической документации, которая должна быть обязательной составной частью системы планово-предупредительного ремонта тягового подвижного состава железных дорог.

Системы технического диагностирования предназначаются для: проверки исправности; проверки работоспособности; проверки правильного функционирования; поиска дефектов.

Системы технического диагностирования могут быть классифицированы по ряду признаков, определяющих их назначение, задачи, структуру и состав технических средств: – по степени охвата объекта диагностирования системы технического диагностирования могут быть локальными и общими.

С помощью локальных систем решается одна или несколько из вышеперечисленных задач. Общие системы технического диагностирования решают все поставленные задачи; – по характеру взаимодействия средств диагностирования с объектом диагностирования системы технического диагностирования подразделяются на:

1) системы рабочего диагностирования, в которых информация о техническом состоянии объекта поступает в процессе его нормального функционирования, и

2) системы тестового диагностирования, когда информация о техническом состоянии объекта поступает в процессе подачи на объект

специальных тестовых сигналов; – по используемым средствам системы технического диагностирования можно подразделить на:

1) системы с универсальными средств ми диагностирования и контроля объектов различных типов; системы со специализированными средствами (стенды, имитаторы и др.);

2) системы с внешними средствами, расположенными на постах диагностирования, где связь с объектом диагностирования осуществляется через стыковочные узлы;

3) системы со встроенными средствами диагностирования, составляющими единое целое с объектом контроля;

– по степени автоматизации системы технического диагностирования можно подразделить на:

1) автоматические, в которых обработка и получение информации осуществляются без участия человека по заранее разработанной программе;
2) автоматизированные, в которых получение и обработка информации осуществляются с применением средств автоматизации и участием человека;

3) ручные (неавтоматизированные), в которых получение и обработка информации осуществляются человеком-оператором. Представим структурную схему классификации средства диагностирования (рис. 1.1).

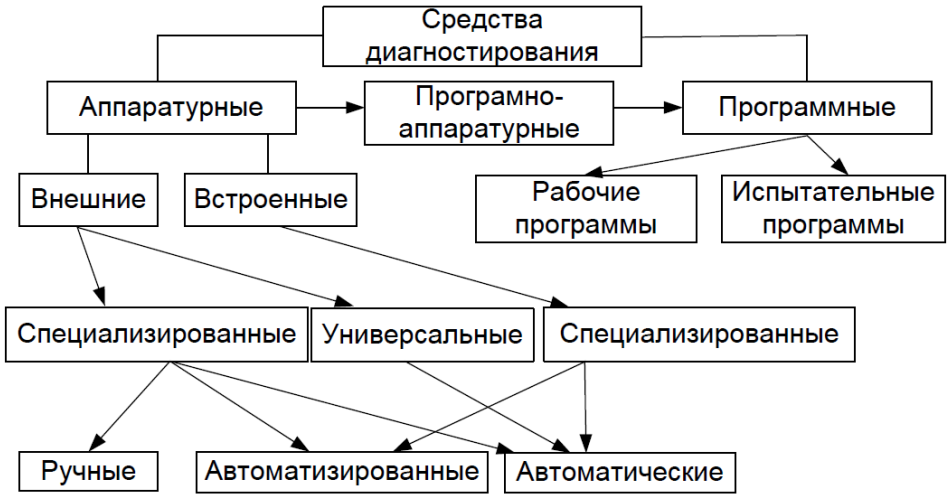

Рис. 1.1 Классификация средств диагностирования

Системы технического диагностирования должны обеспечивать полное выполнение *алгоритма диагностирования:* предупреждать посте- пенные отказы; выявлять неявные отказы; осуществлять поиск неисправных узлов, блоков, сборочных единиц и локализовать место отказа. Под *диагностическим параметром* понимается параметр, изменение которого приводит либо к физическому отказу, либо к увеличению интенсивности процесса накопления повреждений в деталях локомотива. Количество и набор диагностических параметров определяется исходя из заданной глубины диагностирования. Увеличение количества диагностических параметров приводит к усложнению средств диагностирования и их удорожанию.

Рассмотрим программные средства диагностики вспомогательных машин переменного тока.

На этапе создания и доводки опытных образцов основным методом диагностирования сложных изделий является метод экспертов. Надёжность локомотивов, их долговечность и рентабельность во многом зависят от качества их изготовления, уровня механизации и автоматизации технологического процесса изготовления отдельных деталей, а также от уровня их обслуживания и ремонта. Поэтому в процессе опытной эксплуатации партии локомотивов проводится анализ дефектов, выясняются причины отказов, условия их появления и влияние их на общее техническое состояние локомотива. Вся эта работа выполняется экспертно-технической комиссией, которая создаётся из опытных специалистов, занимающихся разработкой, изготовлением и эксплуатацией локомотивов. После проведённого анализа дефектов и их причин разрабатывается методика, направленная на их устранение.

Метод экспертов субъективен, так как не всегда можно получить достоверную информацию о причинах появления дефекта в силу ограничения человеческих возможностей при обработке поступающей информации. Многие дефекты одних деталей сопутствуют их появлению в

других деталях локомотива, что вызывает дополнительные субъективные погрешности.

Метод экспертов – это анализ рабочих параметров и диагностических признаков человеком-экспертом, т.е. это – измерение их приборами, анализ и постановка диагноза. Данным методом пользуются при анализе и разработке более совершенных методов диагностирования, при выборе диагностических параметров и разработке систем диагностирования, используя при этом автоматические и микропроцессорные устройства.

Существующие математические методы, применяемые в технической диагностике, подразделяются на два больших класса:

1) математическое моделирование диагностических процессов и

2) применение различных теорий (теория распознавания образов, теория множеств и т.д.).

Наиболее эффективно математическое моделирование применяется при определении неисправностей в устройствах на электронных элементах. При диагностировании сложных динамических объектов, каким является локомотив, использование математического моделирования затруднено из-за сложности определения аналитических зависимостей, связывающих внешние признаки и соответствующие им неисправности в деталях объекта.

Большое распространение при построении систем диагностирования получили *табличные* (матричные) алгоритмы, особенно, если объект диагностирования имеет небольшой набор диагностических параметров. Чаще всего табличные алгоритмы применяются для предварительного диагноза, так как устройства диагностирования могут работать только по жёсткой программе – детерминистской логике. Простота детерминистской логики не позволяет во многих случаях поставить достоверный диагноз, так как необходимым условием, с одной стороны, является полное совпадение диагностических параметров, а с другой – отсутствие признаков, но не наличие их в матрице. Табличные алгоритмы легко можно реализовать на

релейных элементах, диодных матрицах или микропроцессорных устройствах.

Аналитические модели позволяют решать оптимизационные задачи и получать соотношения между состояниями объекта, диагностическими параметрами и показателями качества в аналитическом виде. Аналитическими моделями являются различные функции, связывающие между собой внешние и внутренние параметры элементов системы и выходные виды: $Z_{вых} = \Psi(X; Y_{нач}; t)$. В процессе работы объекта меняются внешние и внутренние параметры, следовательно, происходит изменение выходных параметров. Решив функциональные уравнения зависимостей, можно выявить техническое состояние объекта в произвольный промежуток времени, учитывая при этом изменения внешних и внутренних параметров. При реализации аналитических моделей технического состояния объекта наиболее перспективным направлением является использование микропроцессорных устройств.

При разработке математической диагностической модели необходимо учитывать вероятность появления отказов и законы распределения отказов по времени работы или по пробегу локомотивов. При решении данной задачи необходимо использовать *вероятностные* алгоритмы, основанные на вероятности возникновения определённых дефектов при наличии определённых диагностических параметров. Как правило, при определении возникновения дефектов пользуются формулой Байеса:

$$P\left(\frac{A}{B}\right) = \frac{P(A) * P(\frac{B}{A})}{P(C) * P(\frac{B}{C})} \qquad (1.1)$$

где $P(A/B)$ – вероятность того, что при наличии суммы диагностических параметров B имеется дефект A; $P(A)$ – вероятность дефекта A при случайном выборе диагностических параметров; $P(B/A)$ – известная из опыта вероятность наличия суммы диагностических параметров B при

возникновении дефекта; *P(C)P(B/C)* – сумма произведений вероятностей каждого из рассматриваемых дефектов вероятности данной суммы признаков каждого из дефектов.

Таким образом, существуют возможность формализовать логический процесс анализа дефектов при несовпадении всех диагностических параметров по вероятностному алгоритму.

Метод *граф-моделей* основан на использовании теорий отношений и теории графов. Применение этого метода позволяет значительно сократить объём вычислений при достаточной точности решения. Задачу технической диагностики, связанную с построением программы поиска неисправностей и контроля работоспособности, можно отнести к задачам математического программирования. Одним из вариантов решения задач математического программирования является метод «ветвей и границ».

Преимущество данного метода заключается в том, что для него не требуется точных количественных соотношений между параметрами. Топологическая модель позволяет описать работу сложного объекта в целом и даёт возможность лёгкого построения модели в случае конструктивных изменений в объекте.

При решении логических задач технического диагностирования иногда наиболее эффективной оказывается *теория распознавания образов.* Под термином «образ» подразумевается совокупность воспринимаемых параметров объектов или явлений, принадлежащих одному классу. Параметры образа могут меняться, тогда, как образ будет относиться к одному и тому же классу. Задача теории состоит в том, чтобы построить узнающую систему, которая по описанию произвольного объекта из начального множества устанавливала бы его принадлежность к соответствующему классу. Техническую диагностику можно считать частным случаем теории распознавания образов, согласно которой сначала устанавливаются варианты различаемых состояний, а затем выбирают такие

признаки, по которым можно судить о том, какой из установленных вариантов состояния имеет в данный момент диагностируемый объект.

Частным случаем решения задачи распознавания образов является задача распознавания *размытых множеств.* Обнаружение дефектов в объекте на основе теории размытых множеств осуществляется следующим образом: составляется граф-модель и проводится предварительная минимизация числа точек снятия диагностической информации; определяется значение контролируемых параметров; определяются техническое состояние и значение функций принадлежности к заранее составленному перечню классов состояний; определяется к части со-стояний, соответствующей неизвестной входной ситуации, поиском наибольшей степени разделимости классов.

1.2 Классификация методов диагностики контроля вспомогательных машин

Виброакустические методы диагностирования получают широкое распространение в локомотивном хозяйстве, так как не требуют разборки агрегатов и узлов локомотивов. Методы основаны на процессах, возникающих в узлах трения и сопряжения во время рабочего режима.

Работа узлов сопровождается шумами и колебаниями, по которым обслуживающий персонал определяет техническое состояние объекта, вслушиваясь в работу каждого узла. Вибрация механизма – его реакция на действие приложенных возмущающих сил. Обычно на механизмы одновременно воздействует несколько различных сил, приводящих его в такое состояние, когда нарушается равновесие, возникают посторонние шумы, удары, усиливается вибрация. Причинами неисправностей могут быть максимальные перемещения, скорости или ускорения вибрации, максимальные значения деформации, напряжения или усилия. В процессе работы узла неисправность даёт о себе знать усиленной вибрацией или колебаниями. Различные дефекты имеют колебания разной частоты.

Существуют несколько причин, вызывающих колебания механизма. Одна из них связана с неуравновешенностью движущихся деталей. Она вынуждает механизмы колебаться как единое целое относительно положения равновесия. Эти колебания характеризуются низкими частотами, сравнительно большими амплитудами перемещения и малыми ускорениями. Зависимость частоты вибрации от скоростного режима механизма является характерным признаком этого вида колебаний, позволяющим их легко обнаружить и выделить. Основная частота вибрации механизма равна частоте вращения вала, на котором находится несбалансированная масса.

Амплитуда вибрации пропорциональна квадрату угловой скорости вращения вала и зависит от массы механизма и жёсткости крепления его к основанию.

Вторым источником колебаний механизма являются соударения его деталей, вызванные увеличенными зазорами. Эти колебания характеризуются более высокими частотами колебаний, малыми амплитудами смещения и значительными ускорениями. Чаще всего детали и узлы испытывают простые синусоидальные колебания, которые характеризуются тремя связанными между собой величинами: колебательными смещениями *x(t),* скоростью *V(t)* и ускорением *a(t).* Если колебание имеет форму чисто поступательного движения тела вдоль только одной оси, то мгновенное значение каждой из её координат называется перемещением и определяется по формуле:

$$x = x_{max} \sin\left(\frac{2tt}{T}\right) t = X_{max} \sin ttft \qquad (1.2)$$

где X_{max} – амплитуда колебательного смещения; T – период колебаний; f = 1/T – частота колебаний; t – текущее значение времени.

Скорость *V(t)* и ускорение *a(t)* гармонического колебания находятся дифференцированием уравнения перемещения *x* во времени *t* и определяются по соотношению:

$$V = \frac{dx}{-dt} = \omega X_{max} \cos \omega t = V_{max} \cos \omega t \qquad (1.3)$$

где *Vmax=ωXmax;*

Появление отклонений в работе узлов и механизмов приводит к изменению периодичности колебаний. Они становятся иногда непредсказуемыми и имеют случайные величины. Для получения полных характеристик таких колебаний необходимо вести постоянное наблюдение с последующими записями информации и результатов её обработки.

Поэтому при наличии набора различных колебаний в узле можно с помощью датчиков виброколебаний и фильтров частот определить степень износа той или иной детали (рис. 1.2). Если раньше техническое состояние определяли с помощью стетоскопа или простой палочки, один конец которой приставляли к корпусу узла, а другой – брали в зубы, получая при этом довольно точную информацию, то посредством современных вибродатчиков с элементами электроники и микропроцессорными устройствами можно получить наиболее полную и достоверную информацию за небольшой промежуток времени.

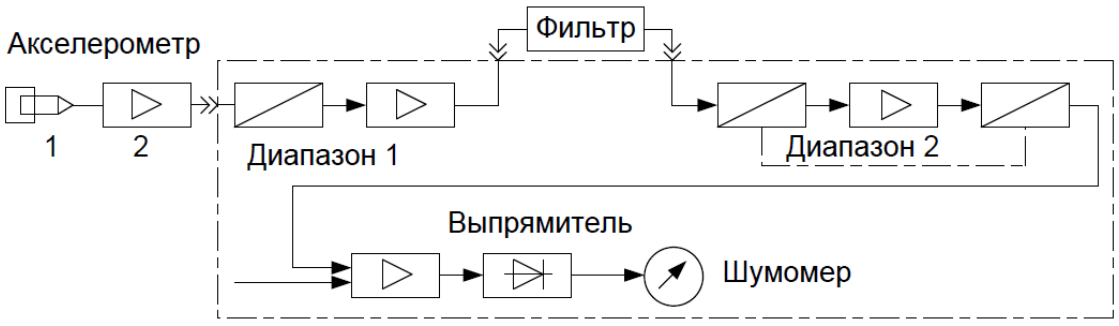

Рис. 1.2 Виброизмерительное устройство

Тепловой метод основан на анализе теплового излучения деталей, элементов или устройств при их функционировании. Интенсивность теплового излучения зависит от электрических параметров электроаппаратуры и электрических машин, а также от скрытых дефектов в

узлах с трением и сопряжением деталей. Изменение характеристик теплового излучения свидетельствует об изменении режима работы устройства. Для отдельных деталей и элементов увеличение интенсивности их теплового излучения связано с локальными тепловыми перегревами, что обусловлено наличием дефектов или неоднородностей. Своевременное обнаружение этих дефектов позволяет принять меры по предупреждению выхода из строя деталей и устройства в целом.

Тепловые методы по способу получения информации об интенсивности излучения делятся на контактные и неконтактные.

К *контактным* методам относят:

– метод измерения с помощью термопар. Он достаточно прост, хорошо отработан, благодаря малому быстродействию позволяет замерять температуру в локальных точечных участках;

– метод температурно-чувствительных красок. Он прост и удобен, но обладает необратимостью процессов и дискретностью индикации значений температуры;

– метод с использованием жидкокристаллической индикации. Он основан на свойстве жидкокристаллических соединений приобретать окраску в зависимости от температуры среды. С их помощью можно измерять разность температур 0,1 °С. При помощи ряда холестирических жидкокристаллических соединений проводится измерение температуры от плюс 10 до плюс 100 °С;

– методы, основанные на использовании свойства фотографических эмульсий изменять скорость проявления цветовой гаммы в зависимости от температуры.

Неконтактные методы измерений характеристик теплового поля основаны на свойствах тел излучать электромагнитную энергию, пропорциональную их температуре. Они подразделяются на методы с одновременной и последовательной регистрацией теплового излучения. Последовательный метод заключается в фиксации теплового излучения,

преобразовании его в электрический сигнал, с последующим его усилением и регистрацией. Развёртка луча приёмника-преобразователя осуществляется механической, оптико-механической или фотоэлектрон- ной системой. Для регистрации тепловых лучей используют радиометры, микрорадиометры, балометры, тепловизоры и другие устройства.

К основным техническим параметрам приёмных устройств относятся: порог чувствительности – минимальное значение обнаруживаемого теплового потока; значение выходного сигнала на единицу потока падающего излучения; инерционность приёмника, определяемая его постоянной времени.

Порог чувствительности:

$$P_{min} = E * S_n / [\{\frac{V_c}{V_\omega}\}\Delta f] \quad (1.4)$$

где E – плотность падающего на приёмник излучения, Вт/см2; Sn – площадь приёмника, см2; $Vc/V\omega$ – отношение выходного сигнала к тепловому шуму; Δf – частота излучения, Гц.

Обычно порог чувствительности измеряется при воздействии на приемник излучения чёрного тела с температурой плюс 300 °С для неохлаждаемых и плюс 100 °С для охлаждаемых приёмников. Тепловой метод используется при диагностировании узлов с трением деталей на локомотивах, электрических контактов, полупроводниковых приборов (диодов и тиристоров), электронных устройств и др.

Методом спектрального анализа можно определить техническое состояние моторно-осевых подшипников, буксовых подшипников и других узлов с деталями трения.

Известно несколько методов количественного определения продуктов износа в масле (смазочном материале). Наибольшее распространение получили следующие: калориметрический; палеографический; магнитоиндуктивный; радиоактивный; спектрографический; рентгенографический; атомно-абсорбционный; фотометрический. В основе

всех методов количественного спектрального анализа лежит зависимость между интенсивностью спектральной линии излучения того или иного элемента и концентрацией этого элемента в анализируемой пробе.

Калориметрическим методом можно определять техническое состояние объекта по параметрам масла. При этом пробу масла анализируют в лаборатории на содержание железа, меди и алюминия, а затем сравнивают с предельно допустимыми параметрами.

Радиоактивный метод заключается в том, что устанавливаются детали, активированные радиоактивными изотопами. По мере износа де-талей радиоактивные частицы попадают в масло картера, где отбираются, анализируются и определяется интенсивность износа узлов трения.

Рентгенографический метод позволяет проводить не только анализ масла, но и структуру поверхностного состояния деталей трения. В основе использования этого метода лежит способность рентгеновских лучей проникать в поверхностные слои металла с последующим их анализом: пучок рентгеновских лучей скользит по поверхности изношенной детали, анализируя послойно её техническое состояние. Таким образом, с помощью рентгеновских лучей можно более достоверно и объективно оценивать состояние масла и его влияние на процесс износа в узлах с деталями трения. Это позволяет прогнозировать остаточный ресурс, а также даёт возможность правильно подбирать масла.

Одним из наиболее распространённых методов обнаружения дефек-тов в конструкции является визуальный осмотр. Однако для осмотра труднодоступных узлов и деталей необходима полная пли частичная разборка, а иногда и разрушение детали. Для того, чтобы расширить возможности проверки технического состояния различных резервуаров, трубопроводов, необходимо использовать оптические средства. К ним относятся эндоскопы, перископические дефектоскопы, но наибольшее распространение получают жёсткие и гибкие эндоскопы. Жёсткие эндоскопы имеют цилиндрическую конструкцию, внутри которой располагаются

линзы и механизм настройки. Основой гибких эндоскопов являются светопроводящие волокна, из которых формируются световодные жгуты (рис. 1.3). Обычный волоконно-оптический эндоскоп состоит из источника света; двух световодных жгутов, один из которых предназначен для передачи изображения, а другой – света; окуляра и микрообъектива, со- единённого с торцом световодного жгута. В локомотивных депо нашли применение жёсткие линзовые и гибкие эндоскопы.

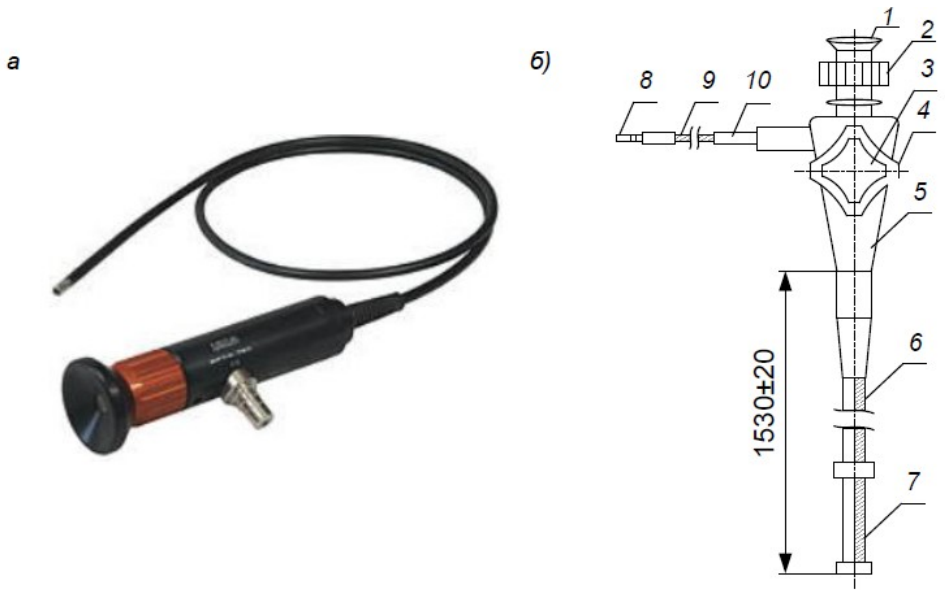

Рис. 1.3 Гибкий эндоскоп: *а* – внешний вид; *б* – структурная схема: *1* – окуляр; *2* – кольцо наводки; *3* – рукоятка малая для управления изгибом дистальной части; *4* – большая рукоятка; *5* – корпус; *6* – гибкая рабочая часть; *7* – управляемая дистальная часть; *8* – штуцер гибкого световода подсветки; *9* – гибкий кабель; *10* – эластичные конусные втулки

1.3 Программные средства диагностики

К вспомогательным машинам относят непроводы, фазорасщепители и другие машины. Основным рабочим параметром фазорасщепителя является время разгона ротора до синхронной частоты вращения при оптимальном напряжении. Например, для фазорасщепителя НБ-455 оно должно быть не более 10 с при напряжении 380 В и не более 15 с при напряжении 285 В.

Временем разгона асинхронного фазорасщепителя считается время от срабатывания пусковых контакторов до момента срабатывания реле оборотов. Следовательно, чтобы оценить время разгона фазорасщепителя, нужно измерить время его запуска, напряжение на обмотке собственных нужд и сравнить их с эталонными параметрами.

Для измерения используется специальное устройство. Оно является одним из узлов комплексной стационарной системы диагностирования и состоит из блока сопряжения *БС*, измерителя времени *ИВ*, компаратора *К*, выходного устройства *ВУ*, преобразователя напряжения *П* и источника питания *ИП*. Сигналом для измерения времени разгона фазорасщепителя является наличие напряжения на пусковых контакторах, которое подаётся на момент окончания запуска и совпадает с моментом снятия напряжения с обмоток этих контакторов и временем срабатывания реле оборотов. А это значит, что время подачи напряжения на обмотку контактора и его снятия больше времени разгона фазорасщепителя, требуемого для срабатывания контактора, обычно равно 0,28 с. Для получения чистого времени разгона фазорасщепителя необходимо из общего времени вычесть время срабатывания контактора. Это вычитание выполняется в блоке *БС*, который предназначен для сопряжения блока измерителя времени *ИВ* с релейной схемой управления фазорасщепителями [1, 2, 11, 13, 14].

Входным сигналом блока *БС* является напряжение на пусковом контакторе, а выходным – импульс стабилизированного напряжения, длительность которого равна времени разгона фазорасщепителя. Этот сигнал подаётся на измеритель времени *ИВ*, где длительность сигнала преобразуется в напряжение, пропорциональное времени разгона фазорасщепителя.

В качестве измерителя времени используется интегратор. После отключения входного сигнала интегратор переходит в режим запоминания, значение напряжения на его выходе остаётся неизменным. Результаты измерения времени разгона подаются на вход компаратора *К*, где сравниваются с напряжением, пропорциональным допустимому времени

разгона при данном напряжении на обмотке собственных нужд силового трансформатора. Результат сравнения с выхода компаратора поступает на вход выходного устройства *ВУ,* состоящего из усилителя мощности и сигнальной лампы. Если измеренное время разгона превышает допустимое, то на выходе усилителя появляется сигнал, указывающий на наличие отклонений в техническом состоянии фазорасщепителя.

Обычно между временем разгона фазорасщепителя и значением подводимого напряжения имеется линейная зависимость: чем меньше подводимое напряжение, тем больше время разгона (рис. 1.4). Чтобы реализовать эту зависимость, необходимо на вход *4* (рис.1.4) подать постоянное опорное напряжение, а на вход *3* – однополярное напряжение, пропорциональное напряжению на обмотке собственных нужд силового трансформатора с обратным по отношению к опорному напряжению знаком.

Из сигналов, подаваемых на входы *3* и *4* формируется напряжение, пропорциональное разности этих сигналов, т.е. оно уменьшается с рос- том напряжения на обмотке собственных нужд, реализуя прямолинейную зависимость. Источник питания служит для преобразования напряжения бортовой сети в стабилизированное напряжение питания всех блоков устройства. устройство через контакты переключателя *SA.*

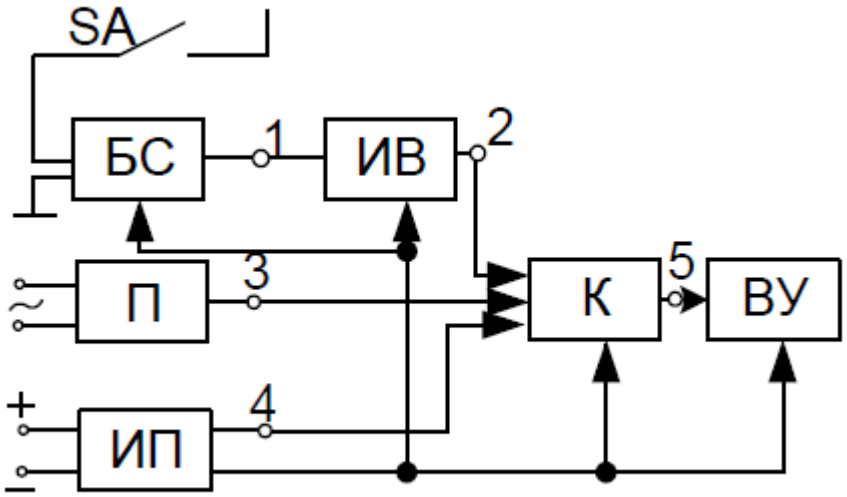

Рис. 1.4 Структурная схема устройства диагностирования

Нагрев деталей и конструкций контактной сети измеряют портативным инфракрасным дефектоскопом (пирометром) ИКД. Если известны характеристики излучающей способности поверхности объекта, то можно рассчитать ее температуру. Разность измеряемых температур между ИКД и объектом составляет 0 ... 150^0 С, угол поля зрения - $0{,}17^0$, расстояние до объекта - не более 15 м, масса 1 кг.

Глядя в окуляр оптической системы, наводят прибор на контролируемый объект, и по шкале определяют температуру. ИКД состоит из приемника ИК-излучения (пироэлектрический приемник), нескольких усилителей и пикового вольтметра. Отклонение стрелки пропорционально разности температур контролируемого объекта и окружающей среды. Проверку можно проводить только в период интенсивного движения поездов. При расстоянии до объекта более 8 м необходимо вводить поправку. Поправка необходима и на вид соединений, а также на степень их загрязнения. Прибор нельзя применять при дожде, снеге, тумане, а также устанавливать против солнца.

Данный прибор обладает высокой производительностью. Его производительность ограничена лишь скоростью пешего перемещения персонала вдоль линии. Из статистики применения ИКД следует, что каждый сороковой - пятидесятый узел контактной сети из проверенных имеет повышенную температуру.

Нагрев устройств электроснабжения контролируется также бесконтактным переносным пирометром НРК, предел измерений от 0^0 до 300^0 С при температуре окружающего воздуха +5... + 40^0 С. Расстояние до объекта не более 4 м, масса НРК - 1,5 кг.

Для контроля нагрева можно применять пирометры, шведской фирмы AGEMA, «Thermopoint 90».



Рис. 1.5 Высокотемпературные пирометры серии «Thermopoint 90»

Высокотемпературные пирометры серии «Thermopoint 90» (рис. 1.5) имеют большое разнообразие пределов измерения температуры, систем визирования, значений оптического разрешения, различные величины спектральной чувствительности. Диапазон измеряемых температур от -32 до $+3000^0$C, разрешающая способность - 75:1, спектральный интервал - 8 ... 14 мкм. Используются для решения практических задач, где требуется высокая точность и оптическое разрешение в условиях неопределенной или меняющейся излучательной способности объекта. Прибор наводят на объект при помощи перекрестных лучей лазера. На дисплее отображается текущая температура, величина эмиссии, максимальная измеренная температура. Расстояние до объекта - до 5 м, пятно чувствительности - 203 мм.

Приборы «Thermopoint 2/3Pro и 6/8Pro Plus» - низкотемпературные, простые в эксплуатации и надежные портативные пирометры. Предназначены для дистанционного бесконтактного температурного контроля. Диапазон измеряемых температур от -32 до $+760^0$C. Функция сигнализации по верхнему и нижнему пределу температур. Память на 12 измерений, Имеет разъем для подключения термозон

Пирометры **Thermopoint 62/64/64 Plus** позволяют измерять температуру в диапазоне от -30 до $+900^0$C, возможна также опция с пределами измерения от -50 до $+500^0$C, имеют уникальную 16-точечную

систему кругового лазерного визирования с центральной точкой. Графический дисплей автоматически отображает график изменения температуры по 10-ти последним измеренным точкам.

Пирометр «Thermoprofile 50» (рис. 1.6) реализуют бесконтактный способ измерения температуры на всей поверхности движущегося объекта или во всех точках протекающего процесса. Полученная информация обеспечивает возможность фиксировать значения всех переменных, описывающих состояние объекта или процесса. Многоточечное сканирование обеспечивается вращением оптической системы, которая регистрирует ИК излучение в 256 точках в поле зрения 90^0. Максимальная скорость сканирования - 48 строк в секунду. Диапазон температур от 0 до $+1600^0$C.



Рис. 1.6 Пирометр «Thermoprofile 50»

Место стыковки сталеалюминевых проводов в отпрессованной стальной гильзе может быть смещено по отношению к оси гильзы. Стальная часть соединителя проводов закрыта алюминиевой гильзой, поэтому визуально выявить указанный дефект практически невозможно. Для определения положения стального сердечника применяют прибор ИПС. Он содержит постоянный магнит, размещенный на оси, положение магнита указывается стрелкой. Прибор перемещают вдоль гильзы. Когда магнит оказывается над ее краем, стрелка отклоняется. Прибор позволяет

контролировать соединения проводов АС, АСКС, АСКП, АСК сечением от 240/32 до 800/105 мм^2 с точностью ±10 мм.

Портативные **магнитные дефектоскопы DA 1500 и DA 750** (рис. 7) обеспечивают эффективный контроль больших поверхностей.

Выбор размера контролируемого поля зависит от величины тока и места контакта кабелей. Выходной ток варьируется от 0,1 А до максимума с помощью переключателя на передней панели и контролируется по показаниям амперметра. Сила выходного тока зависит от сечения и длины кабеля. При этом обеспечивается более высокая чувствительность при обнаружении поверхностных дефектов и не требуется размагничивание. Магнитное поле постоянного тока обеспечивает лучшую возможность обнаружения как поверхностных, так и подповерхностных дефектов.



Рис. 1.7 Портативный магнитный дефектоскоп DA 1500

II. СИСТЕМА ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ ЭЛЕКТРОВОЗОВ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

2.1 Диагностика фазорасщипителей

Надежность электровоза является комплексным показателем, объединяющим его основные свойства - способностью непрерывного сохранения работоспособности в течение заданного времени.

Фазорасщепители. Основным рабочим параметром фазорасщепителя является время разгона ротора до синхронной частоты вращения при оптимальном напряжении. Например, для фазорасщепителя НБ-455 оно должно быть не более 10 с при напряжении 380 В и не более 15 с при напряжении 285 В. Временем разгона асинхронного фазорасщепителя считается время от срабатывания пусковых контакторов до момента срабатывания реле оборотов. Следовательно, чтобы оценить время разгона фазорасщепителя, нужно измерить время его запуска, напряжение на обмотке собственных нужд и сравнить их с эталонными параметрами. Для измерения используется специальное устройство (рис. 2.1), которое является одним из узлов комплексной стационарной системы диагностирования. В устройство входит и блок сопряжения БС, измеритель времени ИВ, компаратор К, выходное устройство ВУ, преобразователь напряжения П и источник питания ИП.

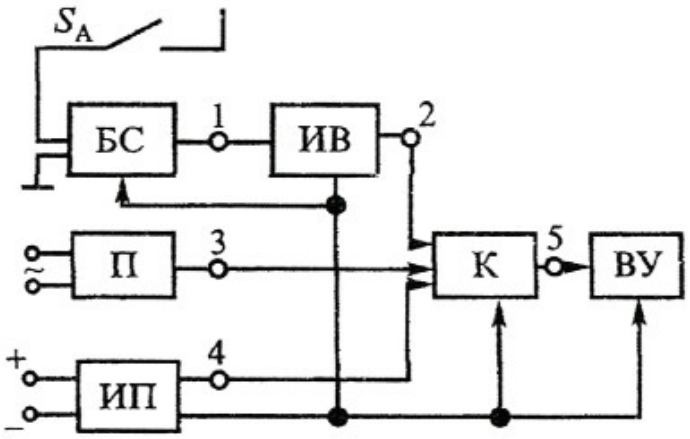

Рис. 2.1 Структурная схема диагностирования фазорасщипителя

Сигналом для измерения времени разгона фазорасщепителя является наличие напряжения на пусковых контакторах (для ВЛ60, ВЛ80С контакторы 119 и 120), которое подается на устройство через контакты переключателя SA. Момент окончания запуска совпадает с моментом снятия напряжения с обмоток этих контакторов и временем срабатывания реле оборотов. Таким образом, время подачи напряжения на обмотку контактора и его снятия больше времени разгона фазорасщепителя на время срабатывания контактора, равное обычно 0,28 с. Для получения чистого времени разгона фазорасщепителя необходимо из общего времени вычесть время срабатывания контактора.

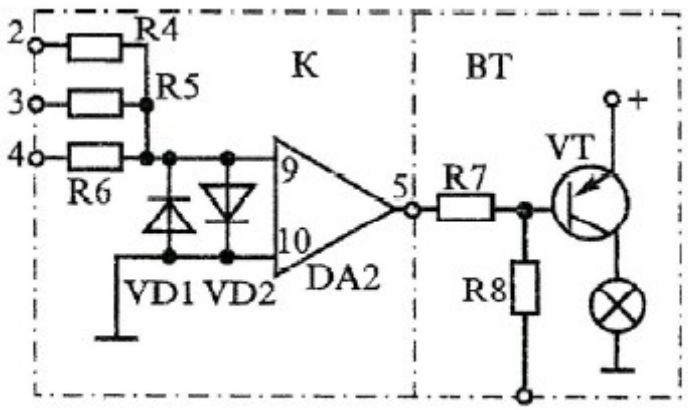

Рис. 2.2 Схема компаратора с выходным устройством

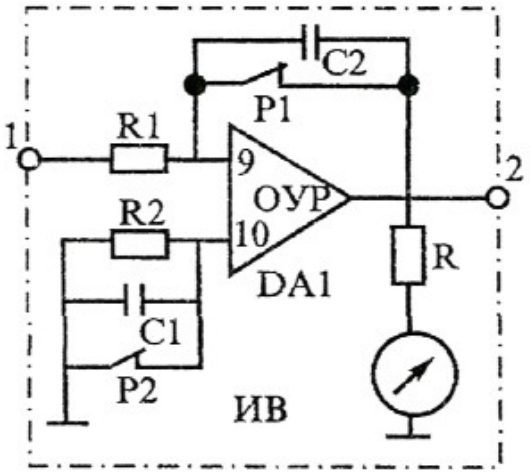

Рис. 2.3 Схема измерения времени разгона фазорасщепителя

Эта операция выполняется в блоке БС, который предназначен для сопряжения блока измерителя времени ИВ с релейной схемой управления фазорасщепителями.

Входным сигналом блока БС является напряжение на пусковом контакторе, а выходным — импульс стабилизированного напряжения, длительность которого равна времени разгона фазорасщепителя. Этот сигнал подается на измеритель времени ИВ, где длительность сигнала преобразуется в напряжение, пропорциональное времени разгона фазорасщепителя.

В качестве измерителя времени используется интегратор (рис. 2.3). Он выполнен на базе операционного усилителя ОУ 1УТ402, в цепь обратной связи которого включен конденсатор С2. После отключения входного сигнала интегратор переходит в режим запоминания, значение напряжения на его выходе остается неизменным. Результаты измерения времени разгона подаются на вход компаратора К (рис. 2.1), где сравниваются с напряжением, пропорциональным допустимому времени разгона при данном напряжении на обмотке собственных нужд силового трансформатора. Результат сравнения с выхода компаратора поступает на вход выходного устройства ВУ, состоящего из усилителя мощности и сигнальной лампы. Если измеренное время разгона превышает допустимое, то на выходе усилителя появляется сигнал, указывающий на наличие отклонений в техническом состоянии фазорасщепителя.

Обычно между временем разгона фазорасщепителя и значением подводимого напряжения имеется линейная зависимость: чем меньше подводимое напряжение, тем больше время разгона (рис. 2.2).

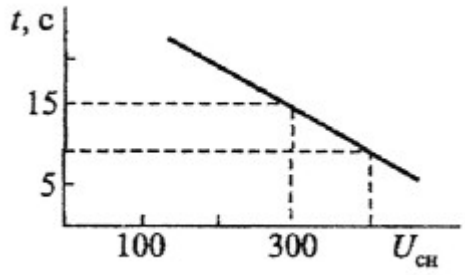

Рис. 2.4 Зависимость времени разгона фазорасщепителя от подводимого напряжения

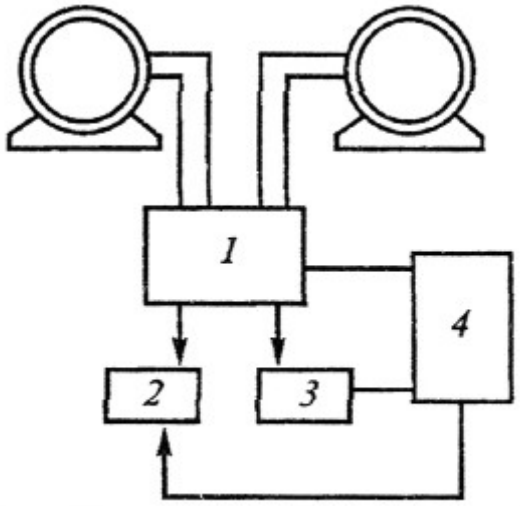

Рис. 2.5 Схема устройства диагностирования мотор-генератора

Для реализации этой зависимости необходимо на вход *4* (см. рис. 2.5) подать постоянное опорное напряжение, а на вход *3* — однополярное напряжение, пропорциональное напряжению на обмотке собственных нужд силового трансформатора, с обратным по отношению к опорному напряжению знаком. Из сигналов, подаваемых на входы *3* и *4*, формируется напряжение собственных нужд пропорциональное разности этих сигналов, т.е. оно уменьшается с ростом напряжения на обмотке собственных нужд, реализуя прямолинейную зависимость. Для преобразования напряжения бортовой сети в стабилизированное напряжение питания всех блоков устройства служит источник питания.

2.2 Диагностика мотор-генератора электровоза

Мотор-генератор электровоза. Для устойчивой работы электровоза в режиме электрического торможения важную роль играет подбор и регулировка характеристик мотор-генератора (преобразователя, возбудителя). Основными диагностическими параметрами, определяющими его техническое состояние, являются ток якоря двигателя; напряжение генератора; прирост напряжения на каждой тормозной позиции контроллера машиниста; ток утечки изоляции.

Величина напряжения определяет значение тока в независимой обмотке возбуждения преобразователя, для регулирования которого служат резисторы, выводимые тормозной рукояткой контроллера машиниста. Контролируя периодически значение выходного напряжения генератора на каждой тормозной позиции, можно определять с достаточной достоверностью техническое состояние мотор-генератора.

Для измерения приращения напряжения по тормозным позициям используют устройство диагностирования (рис. 2.4), состоящее из коммутатора *1*, самопишущих ампервольтметров *2* и *3* типа Н-390 и пульта управления *4*. Диагностирование ведется по схеме, приведенной на рис. 2.5 согласно разработанному алгоритму. Кривую приращения напряжения генератора строят одновременно для двух мотор-генераторов и сравнивают с эталонной (рис. 2.5). Отклонения от нее указывают на наличие в системе возбуждения определенных дефектов. Каждому дефекту соответствует своя форма кривой приращения напряжения. Провал напряжения генератора на любой из тормозных позиций свидетельствует о наличии неисправностей в пусковых резисторах (R2— R15 для электровоза ВЛ-10). Прироста напряжения на позициях не будет при отказе контактора 74-1. Обработка информации об отклонениях измеряемых величин позволяет судить о возможном изменении состояния мотор-генератора в будущем. Процесс диагностирования ведется под рабочим напряжением на двигателе, а позиции выбираются тормозной рукояткой контроллера машиниста. Эталонная

характеристика снимается с абсолютно исправных мотор-генераторов, имеющих оптимальные параметры в условиях эксплуатации.

2.3 Диагностика дизель-генераторных установок

Дизель-генераторные установки. Для повышения эффективности использования дизель-генераторной установки необходимо периодически и за короткое время проверять все технические параметры генератора. Это возможно только при условии внедрения технического диагностирования, основанного на безреостатном методе снятия значений всех технических параметров. При этом проверяются параметры синхронного подвозбудителя и вспомогательного генератора, токи в задающей и размагничивающей обмотках амплистата, в независимых обмотках главного генератора и возбудителя; регулируют напряжение управляющей обмотки, ограничивая напряжение главного генератора.

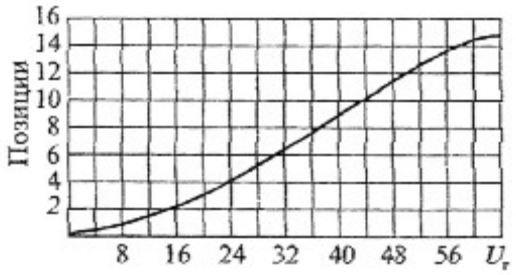

Рис. 2.6 Кривая приращения напряжения генератора

Полученные данные сравнивают с параметрами идеально отлаженного тепловоза и при их отклонении более 10 % устраняют причины. Все параметры снимают при холостом ходе, а ток генератора и напряжение при заторможенном локомотиве — на 4-й позиции контроллера машиниста. Эталонные параметры приведены в Таблице 2.1

Таблица 2.1

Значения проверяемых параметров

Проверяемый параметр	Значение параметра
Ток главного генератора	3400
Напряжение генератора	

Главного Вспомогательного	20 75
Напряжение синхронного подвозбудителя на позиции машиниста: 0-й 15-й	 55 100
Ток независимой обмотки: Главного генератора возбудителя	 4,5 1,2
Ток обмотки амплистата Управляющий Задающий Размагничивающий регулирующий	 0,96 1 1,3 0,1

Схема оценки проверяемых параметров показана ниже.

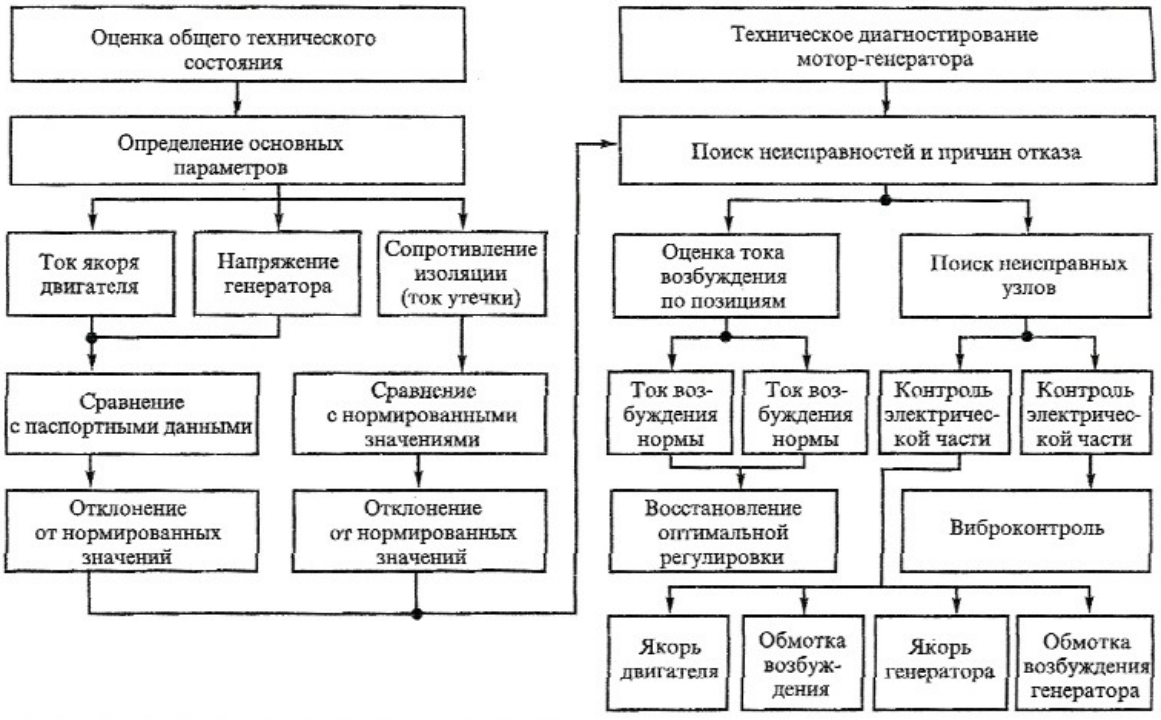

Рис. 2.7 Схема оценки проверяемых параметров

Параметры схемы возбуждения генератора тепловоза проверяются переносными приборами, подключаемыми через переходной кабель с розеткой для реостатных испытаний. Периодичность испытаний дает

возможность по измеренным параметрам главного генератора судить о техническом состоянии узлов системы возбуждения. Определенные отклонения указывают на конкретные отказы в схеме возбуждения, обмотках управления амплистата, синхронного подвозбудителя, вспомогательного генератора. При автоматизированном диагностировании информация о состоянии дизель-генераторной установки поступает на обработку в микропроцессорные устройства и микроЭВМ.

2.4 Анализ отказов вспомогательных машин

При использовании программных средств диагностирования наряду с аппаратными значительно увеличивается процент выявленных неисправностей, в частности, вспомогательного оборудования локомотивов.

Сравним количественные и качественные показатели неисправностей за 2012 и 2013 года.

Таблица 2.2

Повреждения электрических вспомогательных машин за 2012 год

повреждение электрических вспомогательных машин за 2012г

		январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	итого	процен
№ п.п.	всего повреждено вспом машин	7	7	6	10	10	9	6	8	8	4	9	13	97	
1	Межвитковые замыкания обмоток статора	2	0	1	5	5	1	2	2	2	2	2	2	26	26,80
2	Эл. пробой изоляции обмоток статора на корпус	0	2	1	0	3	2	0	0	1	0	1	1	11	11,34
3	Обрыв обмотки статора	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	5	5,15
4	Повреждение (расслоение) железа статора	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
5	Повреждение вводных кабелей	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
6	Повреждения клемной коробки	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1,03
7	Повреждение обмоток ротора	0	1	1	2	0	3	2	2	0	0	0	1	12	12,37
8	Повреждение (ослабление) железа ротора	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
9	Повреждение подшипниковых узлов	1	3	3	1	1	3	2	3	4	2	3	4	30	30,93
10	Повреждение рабочего механизма (привода)	1	1	0	2	1	0	0	1	0	0	1	0	7	7,22
11	Прочее	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	3	3,09
12	Неподтвержденные неисправности	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2,06

Рис. 2.8 Диаграмма повреждений электрических вспомогательных машин за 2012 год

Как видно из диаграммы повреждения подшипниковых узлов является наиболее частой причиной отказа вспомогательных машин электровозов в 2012 году.

Наиболее редкой причиной отказа являются повреждения клемной коробки, которые встречаются в 1,1 % случаев отказов. Повреждение обмоток ротора и ‘электропробой изоляции обмоток статора на корпус практически равны в процентном соотношении – 13 % и 11% соответственно.

Сравним показатели неисправностей вспомогательного оборудования 2012 и 2013 года для определения периодичности появления неисправностей определенного рода.

Таблица 2.3

Повреждения электрических вспомогательных машин за 2013 год

повреждение электрических вспомогательных машин за 0,5*2013г															
		январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	итого	процент
№ п.п.	всего повреждено вспом машин	6	9	4	8	17	7	5	6	3	5	6	3	79	
1	Межвитковые замыкания обмоток статора	0	2	0	1	2	4	0	0	0	1	1	1	12	15,19
2	Эл. пробой изоляции обмоток статора на корпус	0	2	2	1	0	1	2	2	1	1	0	0	12	15,19
3	Обрыв обмотки статора	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1,27
4	Повреждение (расслоение) железа статора	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
5	Повреждение вводных кабелей	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
6	Повреждения клемной коробки	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1,27
7	Повреждение обмоток ротора	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
8	Повреждение (ослабление) железа ротора	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00
9	Повреждение подшипниковых узлов	5	4	2	2	13	2	2	3	1	2	2	1	39	49,37
10	Повреждение рабочего механизма (привода)	1	0	0	4	1	0	0	0	0	1	3	1	11	13,92
11	Прочее	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	3	3,80
12	Неподтвержденные неисправности	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00

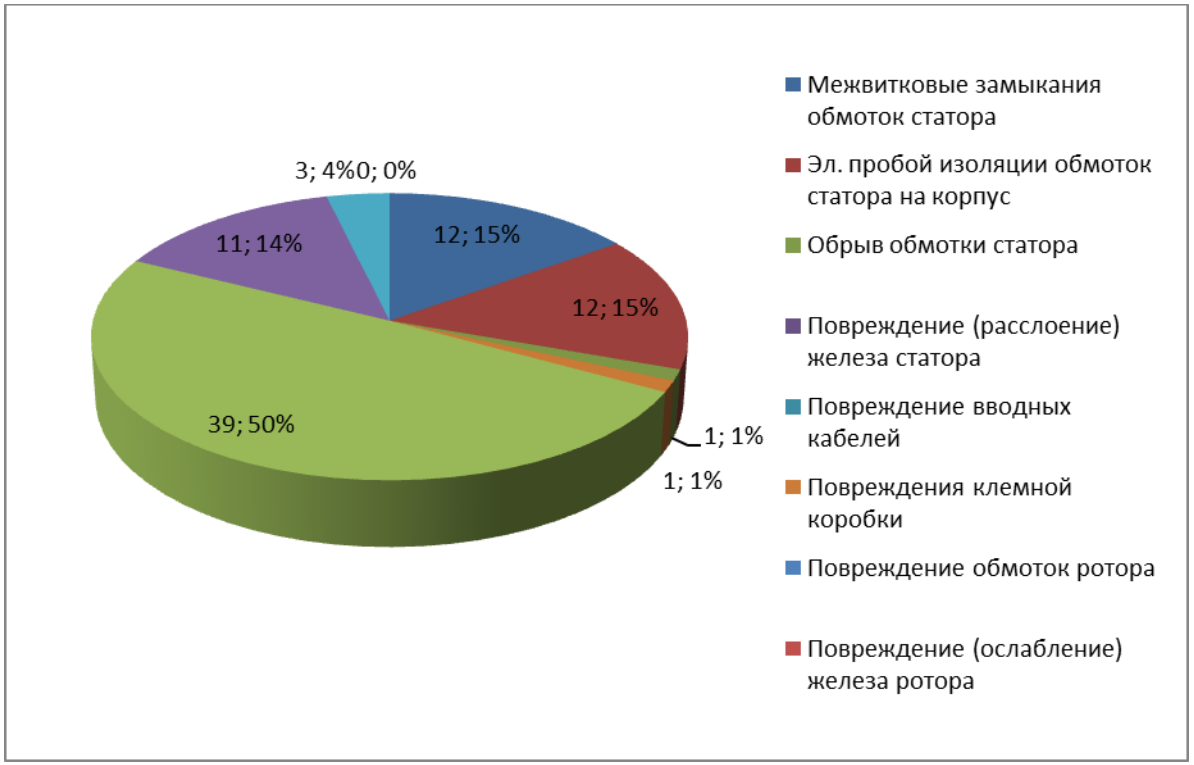
3; 4%0; 0%
12; 15%
11; 14%
12; 15%
39; 50%
1; 1%
1; 1%
Межвитковые замыкания обмоток статора
Эл. пробой изоляции обмоток статора на корпус
Обрыв обмотки статора
Повреждение (расслоение) железа статора
Повреждение вводных кабелей
Повреждения клемной коробки
Повреждение обмоток ротора
Повреждение (ослабление) железа ротора

Рис. 2.9 Диаграмма повреждений электрических вспомогательных машин за 2013 год

Как видно из диаграммы повреждения подшипниковых узлов является наиболее частой причиной отказа вспомогательных машин электровозов в 2013 году и составляет 49,37%.

Наиболее редкой причиной отказа являются повреждения клемной коробки и обрыв обмотки статора, которые встречаются в 1,27 % случаев отказов. Нахождение обрыва обмотки статора в 2013 году стало возможным из-за применения дополнительных программных средств диагностики, которые улучшили ее качество.

Повреждение обмоток статора и ‘электропробой изоляции обмоток статора на корпус равны в процентном соотношении –15,19% .

Для сравнения с данными 2014 года основных мест неисправностей вспомогательного оборудования выберем январь 2013 и январь 2014 года.

Таблица основных мест повреждение электрических вспомогательных машин в январе 2013 года показана ниже.

Таблица 2.4

Повреждения электрических вспомогательных машин за январь 2013 года

Анализ отказов вспомогательных машин за январь месяц 2013 года согласно электронному паспорту оборудования

Тип вспомогательной машины (паспортизированный узел)	Дорога	Депо	Серия локомотива	Номер локомотива	Дата выхода из строя	Место отказа согласно электронному паспорту	Отказ согласно классификатору оборудования	Информация о введении в электронный паспорт (да/нет)	Место обнаружения (ремонт/эксплуатация)	Причина выхода из строя	Пробег от постройки	Пробег от последнего ремонта			Всего отказов ВМ в 2012г (по	Всего отказов ВМ в 2013 год
												ТРЗ	СР	КР		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
АЭ-92-4	Северная	Лоста	ВЛ-80с	1651	08.01.2013	МВ-3	повреждение подшипниковых узлов	да	ремонт	выработка ресурса			311,077			
АЭ-92-4	Северная	Лоста	ВЛ-80с	996	12.01.2013	МВ-1	повреждение подшипниковых узлов	да	ремонт	некачественный ремонт РЭРЗ			57,331			
АЭ-92-4	Северная	Лоста	ВЛ-80с	727	14.01.2013	МВ-3	повреждение подшипниковых узлов	да	ремонт	некачественный ремонт РЭРЗ			25,229			

АЭ-92-4	Северная	Лоста	ВЛ-80с	2022	21.01.2013	МВ-2	повреждение подшипниковых узлов	да	ремонт	выработка ресурса			254,341			
АЭ-92-4	Северная	Лоста	ВЛ-80с	1087	27.01.2013	МВ-1	повреждение подшипниковых узлов	да	ремонт	некачественный ремонт РЭРЗ			91,002			
АЭ-92-4	Северная	Лоста	ВЛ-80т	797	28.01.2013	МВ-1	повреждение подшипниковых узлов	да	ремонт	некачественный ремонт РЭРЗ				155,462		
АЭ-92-4	Северная	Лоста	ВЛ-80с	504	28.01.2013	МВ-4	Повреждение рабочего механизма	да	ремонт	выработка ресурса			273,401			

Рассмотрим основные типы отказов вспомогательных машин в январе 2014 года.

Таблица 2.5

Повреждения электрических вспомогательных машин за январь 2013 года

Анализ отказов вспомогательных машин за январь месяц 2013 года согласно электронному паспорту оборудования

Тип вспомогательной машины (паспортизированный узел)	Дорога	Депо	Серия локомотива	Номер локомотива	Дата выхода из строя	Место отказа согласно электронному паспорту	Отказ согласно классификатору оборудования	Информация о введении в электронный паспорт (да/нет)	Место обнаружения (ремонт/эксплуатация)	Причина выхода из строя	Пробег от постройки	Пробег от последнего ремонта			Всего отказов ВМ в 2012г (по	Всего отказов ВМ в 2013 год
												ТРЗ	СР	КР		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
АЭ-92-4	Северная	Лоста	ВЛ-80с	1651	08.01.2013	МВ-3	повреждение подшипниковых узлов	да	ремонт	выработка ресурса			311,077			
АЭ-92-4	Северная	Лоста	ВЛ-80с	996	12.01.2013	МВ-1	повреждение подшипниковых узлов	да	ремонт	некачественный ремонт РЭРЗ			57,331			
АЭ-92-4	Северная	Лоста	ВЛ-80с	727	14.01.2013	МВ-3	повреждение подшипниковых узлов	да	ремонт	некачественный ремонт РЭРЗ			25,229			

АЭ-92-4	Северная	Лоста	ВЛ-80с	2022	21.01.2013	МВ-2	повреждение подшипниковых узлов	да	ремонт	выработка ресурса			254,341			
АЭ-92-4	Северная	Лоста	ВЛ-80с	1087	27.01.2013	МВ-1	повреждение подшипниковых узлов	да	ремонт	некачественный ремонт РЭРЗ			91,002			
АЭ-92-4	Северная	Лоста	ВЛ-80т	797	28.01.2013	МВ-1	повреждение подшипниковых узлов	да	ремонт	некачественный ремонт РЭРЗ				155,462		
АЭ-92-4	Северная	Лоста	ВЛ-80с	504	28.01.2013	МВ-4	Повреждение рабочего механизма	да	ремонт	выработка ресурса			273,401			

Как видим основными причинами отказов как 2013 так и в 2014 годах являются повреждения подшипниковых узлов, на которые в первую очередь следует обратить внимание при проектировании устройства диагностики.

На основании полученных за два года измерений данных получим диаграмму.

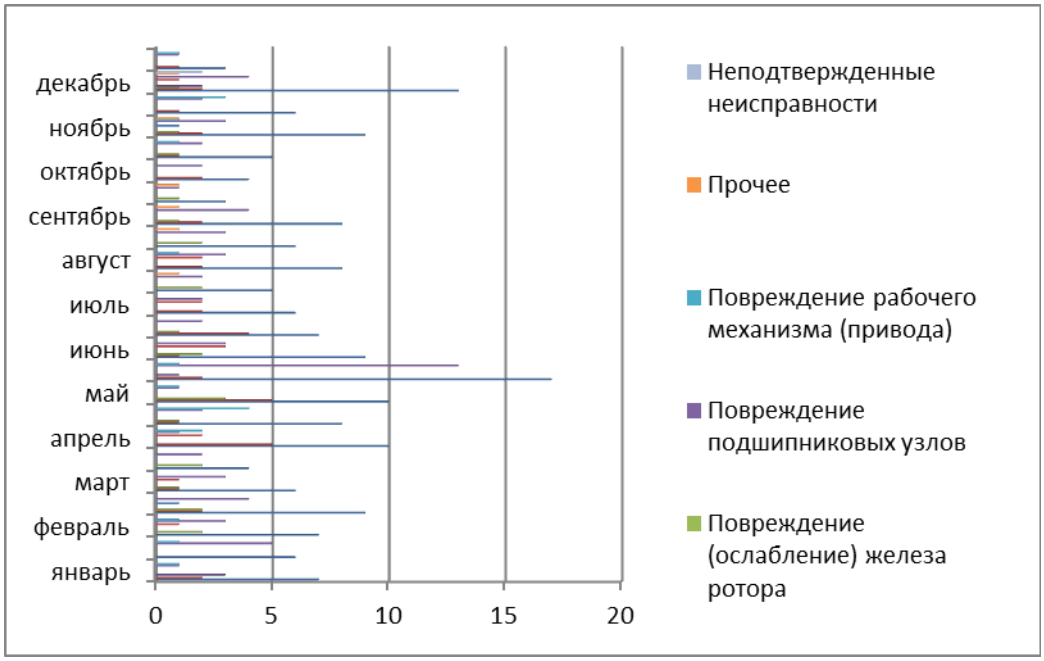

Рис. 2.10 Диаграмма анализа повреждений электрических вспомогательных машин за 2012-2013 годы

III. ПРОЕКТИРОВАНИЕ СРЕДСТВ ДИАГНОСТИКИ ТИПА СТЕНД, ОСНОВАННОГО НА СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДАХ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ

В качестве объекта разработки будем рассматривать создание стенда для нахождения обрывов и повреждений в обмотке статора асинхронного двигателя. Для корректной разработки модели рассмотрим существующие методы поиска обрывов и повреждений.

Вопросы частичного ремонта или полной перемотки решают в зависимости от размеров повреждения, состояния неповрежденной части обмотки и возможности остановки агрегата. В некоторых случаях (при большом числе катушек на фазу) удается добиться пуска машины выключением пробитых или замкнутых статорных катушек (лобовые части этих катушек должны быть разрезаны во избежание появления тока в короткозамкнутых витках).

Ненормальная работа электродвигателя и выход его из строя могут быть вызваны внешними причинами. К ним относятся: обрыв одного или нескольких проводов питающей сети, перегорание плавких вставок предохранителей, неисправность пусковой аппаратуры, повышенное или пониженное напряжение питающей сети, перегрузка машины, высокая температура окружающей среды. Прежде чем снимать электрическую машину для ремонта с места ее установки, определяют, не вызвана ли ее ненормальная работа внешней причиной. Обычно такую неисправность устраняют на месте. Однако бывают случаи, когда исправная машина поступает в ремонтный цех. Высокая температура окружающей среды приводит к перегреву изоляции и ее ускоренному старению. В таких машинах обычно необходимо заменить обмотки. В самой машине различают неисправности обмоток и механической части. В обмотках встречаются

следующие неисправности: пробой изоляции на корпус, витковые замыкания, обрыв проводов и мест паек, распайка соединений, неправильные соединения катушек. К механическим неисправностям относятся износ и разрушение подшипников, износ посадочных поверхностей на валу, в щите и корпусе, ослабление крепления полюсов, разрушение бандажей на обмотках роторов, появление трещин в щитах, изгиб и поломка валов. Наиболее часто поступают в ремонт трехфазные асинхронные электродвигатели. Перед разборкой их испытывают на холостом ходу и под нагрузкой. При испытаниях можно выявить некоторые характерные неисправности обмоток.

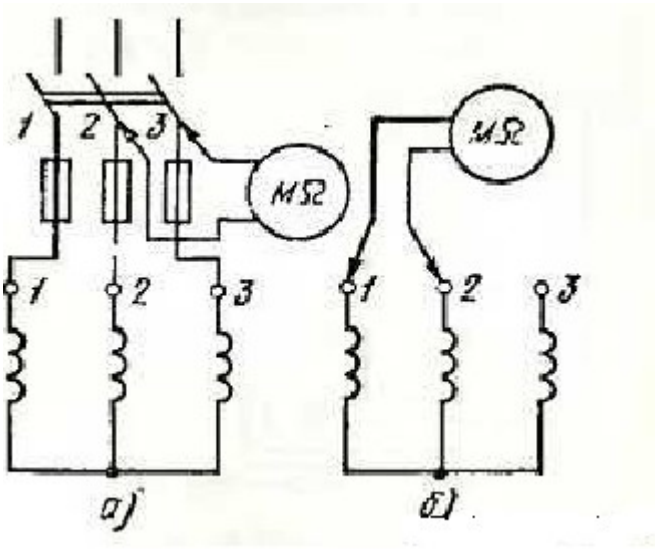

Рис. 3.1 Обнаружение обрывов: а) в сетевом проводе; б) в обмотке статора.

Электродвигатель не запускается и издает ненормальный гул чаще всего при обрыве фазы сети или одной-двух (при соединении треугольником) фаз статорной обмотки, а также при обрывах в двух или трех фазах фазного ротора. Обрыв обнаруживают мегаомметром. Электродвигатель отсоединяют от сети (рис. 3.1, а) и изменяют поочередно сопротивления между зажимами 1 и 2, 1 и 3, 2 и 3 выключателя. В случае обрыва цепи прибор при одном из измерений покажет бесконечность. Для нахождения места обрыва отсоединяют провода от зажимов колодки двигателя (рис. 3.1, б) и измеряют

сопротивление между зажимами 1 и 2, 1 и 3, 2 и 3 колодки. Если при всех трех измерениях прибор покажет, что цепь замкнута, обрыв следует искать в участке сети, расположенном между выключателем и машиной. При обрыве в фазе обмотки мегаомметр покажет бесконечность на зажимах колодки машины. Обрыв в проводах сети (отсутствие напряжения между проводами) можно обнаружить также с помощью вольтметра, измеряя напряжение на зажимах колодки машины и выключателя. Если вольтметр при соединении с любой парой проводов показывает напряжение сети, обрыв надо искать в обмотке машины. Эти измерения надо проводить, соблюдая правила безопасности, чтобы не попасть под напряжение сети. Вольтметр должен иметь контакты с изоляционными рукоятками. Если прибор не имеет рукояток, его следует присоединять к зажимам при отключенном выключателе. Бывают случаи, когда электродвигатель плохо разворачивается и издает сильный гул, токи во всех трех фазах различны и превышают номинальное значение даже при холостом ходе, предохранители перегорают. Эта неисправность является следствием неправильного соединения фаз обмотки статора, когда одна из фаз обмотки «перевернута», т. е. конец и начало фазы поменялись местами. Обычно это бывает у электродвигателей с шестью выводами обмотки статора при утере части бирок, обозначающих начала и концы фаз, или неправильной маркировке фаз.

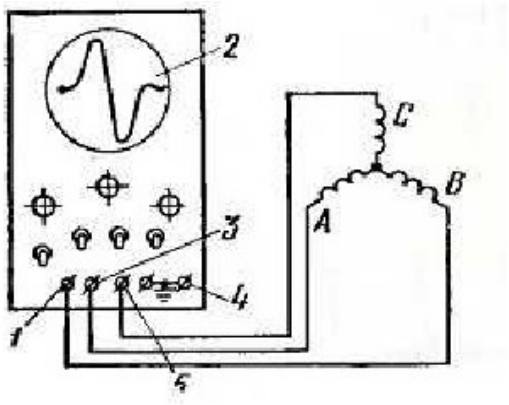

Рис. 3.2 Проверка маркировки фаз трехфазной обмотки

Проверить маркировку фаз трехфазной обмотки можно на переносных аппаратах СМ и ЕЛ. Фазы соединяются звездой. Два вывода обмотки А и В (рис. 3.2) присоединяют к зажимам аппарата 1 и 3 «Вых. ими.», третий — к зажиму 5 «Сигн. явл.». Импульсный генератор аппарата с зажимов 1 и 3 посылает поочередно через синхронный переключатель на фазы А и В волну импульсного напряжения. На экране 2 прибора наблюдаются кривые напряжения на фазах. Форма кривых зависит от сопротивлений обмотки и соединения фаз. Если две фазы А и В соединены концами или началами, две кривые накладываются друг на друга и на экране мы видим одну кривую. В случае соединения в общую точку начала одной фазы и конца второй фазы на экране наблюдаются две кривые, резко отличающиеся друг от друга. Подсоединение третьей фазы с началом или концом к общей точке звезды не влияет на кривые на экране, так как по третьей фазе проходят оба импульса. Одновременное изображение двух кривых объясняется свойством послесвечения экрана. Луч записывает сначала кривую напряжения на одной фазе. Не успевает она исчезнуть, как на экране появляется кривая напряжения на другой фазе. Подсоединяя поочередно к зажимам аппарата 1 и 3 пары фаз А и В, А и С, В и С и меняя выводы «вывернутой» фазы местами, добиваются такого положения, когда все пары фаз дают на экране одну кривую. В этом случае в общую точку звезды будут соединены все начала или все концы фаз. Аппарат до подсоединения к источнику питания должен быть надежно заземлен. Для этой цели служит правый зажим 4 «Земля». Напряжение на зажимах аппаратов может подниматься до 600 В, поэтому нельзя их вскрывать, не отключая от сети, и браться за оголенные концы проводов, когда они находятся под напряжением.

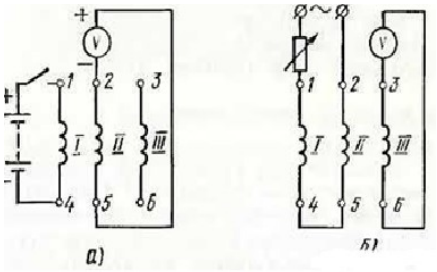

Рис 3.3 Маркировка выводов трехфазных обмоток: а) с помощью источника постоянного тока, б) подключением к сети переменного тока

Маркировку выводов трехфазных обмоток (рис. 3.3) можно проверить и без специального прибора индуктивным методом с помощью аккумулятора или сухого элемента напряжением около 2 В и вольтметра постоянного тока. Сначала определяют выводы каждой из фаз контрольной лампой или мегомметром и произвольно их маркируют, одну из фаз принимая за первую (I). На нее навешивают временные бирки 1, 4; на второй (II) фазе - 2, 5; на третьей (III) - 3, 6. Источник постоянного тока подключают к выводам первой фазы: плюс к началу фазы, минус к концу. К выводам других фаз поочередно присоединяют вольтметр постоянного тока. Если при замыкании ключа стрелка вольтметра отклоняется вправо, начало фазы будет присоединено к его минусу. При другом способе после определения своих выводов две произвольные фазы соединяют последовательно и подключают к сети переменного тока на пониженное напряжение. В случае отсутствия источника пониженного напряжения последовательно с фазами включают реостат или лампу. К третьей фазе подключается прибор (вольтметр переменного тока или лампа), фиксирующий наличие в ней напряжения. Переключением выводов второй фазы к концу первой подбирают такое соединение, при котором прибор показывает отсутствие напряжения в третьей фазе. Это свидетельствует о том, что соединены концы фаз. При соединении двух фаз разноименными выводами (конца с началом) прибор показывает наличие напряжения в третьей фазе. Присоединяя к первой фазе третью, а прибор ко второй, аналогичным образом маркируют третью фазу.
Рассмотрим еще несколько методов нахождения неисправностей в обмотках статора, прежде чем создавать модель стенда.

Понижение сопротивления изоляции на корпус определяют путем измерения его мегомметром (меггером) или вольтметром.

Если меггомметр показывает нулевое сопротивление, то очевидно, что имеет место пробой изоляции на корпус. Для нахождения места повреждения

обмотку разъединяют на отдельные фазы, а эти последние на отдельные участки и мегомметром или на «лампочку» устанавливают, в каком из участков имеет место повреждение.

Для дальнейшего уточнения места заземления можно прибегнуть к прожиганию изоляции значительным током до появления дыма, показывающего место повреждения. Делается это следующим образом: к концу поврежденного участка обмотки и корпусу подводят напряжение сети, ток регулируют дополнительным сопротивлением реостата или мощной лампы, включенными последовательно в контур тока.

Однако в некоторых случаях (металлическое короткое из-за расплавления меди секций вольтовой дугой при пробое) этот способ не дает результатов.

Метод поочередной распайки обмотки на отдельные катушки и проверка каждой из них для машин с большим числом катушек практически неприемлем. В этом случае может быть применен магнитный метод. Ток (переменный или постоянный) подводится к концу неисправной фазы (или к началу этой фазы) и к корпусу машины.

Тонкой стальной пластинкой (щупом) проводят по пазам неисправной фазы, начиная от включенного конца. Так как ток идет по катушкам фазы только до места, где произошло заземление (дальше он переходит на корпус), то в этом месте прекращается притяжение щупа к пазам. Для проверки обход щупом производят 2 раза — при включении тока в начало и в конец фазы.

При пропускании переменного тока тонкий щуп притянется с легким жужжанием, что облегчит нахождение места заземления. Вывода ротора из статора при этом не требуется.

Найденную магнитным методом неисправную катушку отсоединяют от остальной обмотки и мегомметром проверяют правильность установленного места заземления. Этот же метод может быть применен для нахождения места замыкания между фазами. Вместо магнитного метода может быть применен также метод потенциометра.

Для асинхронных двигателей малой и средней мощностей межвитковое замыкание до разборки машины наиболее просто обнаружить по нагреву лобовой части замкнутой катушки при холостом ходе или подключении статора к напряжению при разомкнутом роторе. При этом в поврежденной фазе протекает большой ток.

После разборки машины и разъединения параллельных цепей обмотки статора межвитковое замыкание в ней может быть обнаружено «магнитным башмаком» или измерением сопротивления катушек методом вольтметра — амперметра или двойным мостом (для катушек с небольшим числом витков).

Магнитным башмаком проверяется также отсутствие межвиткового замыкания во вновь изготовленной обмотке (до соединения параллельных цепей между собой). Принцип работы башмака виден на рисунке. Башмак возбуждается током с частотой 500—1000 Гц , что позволяет при небольшом магнитном потоке, возбуждаемом башмаком и проходящем через зубцы статора, получить достаточное напряжение между витками. Если катушка не имеет межвиткового замыкания, то при индицировании ее магнитным башмаком ток в ней не возникает.

Поэтому притяжения к зубцам статора, охватывающим ее вторую сторону, также не будет. Притяжение стальной пластинки к этим зубцам указывает на межвитковое замыкание.

Для обнаружения межвиткового замыкания, кроме стальной пластинки, может применяться также неоновый указатель (индикатор) Он состоит из П образного сердечника, набранного из тонких (0,5—0,35 мм) листав электротехнической стали с намотанной на него многовитковой катушкой (1000—2000 витков) из тонкой проволоки с изоляцией ПЭВ или ПЭЛШО Концы обмотки включаются на неоновую лампочку Расстояние между ножками сердечника должно приблизительно соответствовать расстоянию между зубцами испытуемого статора (ротора, статора)

Индикатор перемещается по зубцам так же, как указанная выше пластинка Если в пазу, охватываемом ножками сердечника индикатора, есть

короткозамкнутые витки, неоновая лампа загорается Чувствительность этого индикатора (как и способа с пластинкой) можно установить, подвергнув проверке магнитным башмаком необмотанный статор с заложенным в два паза замкнутым витком из проволоки с наименьшим употребляемым диаметром Увеличить чувствительность можно, увеличив число витков обмотки индикатора.

При наличии параллельных цепей в фазах обмотки статора индуктированное башмаком в секции напряжение вызовет ток. замыкающийся через параллельную цепь. Поэтому для проверки обмотки магнитным башмаком параллельные цепи ' должны быть разъединены.

Распайка соединений может быть обнаружена по измерению сопротивлений фаз обмотки или по нагреву при пропускании постоянного тока.

Лучшими приборами для испытания межвитковой изоляции и обнаружения дефектов являются импульсные приборы (например, приборы С и СМ ВЭИ), состоящие в основном из генератора импульсов и индикатора, позволяющего обнаружить повреждение межвитковой изоляции и другие дефекты (неправильное число витков, неправильная схема соединений, неправильное сечение и др.). Генератор импульсов представляет собой конденсатор достаточно большой емкости, который заряжается от выпрямленного напряжения соответствующей величины и затем разряжается на испытуемую секцию, катушку, обмотку. (Испытуемые обмотки подключаются к конденсатору через управляемый газоразрядный прибор — тиратрон).

Запасенная в конденсаторе энергия при разряде образует быстро движущуюся волну напряжения, падающую на обмотку. Большая скорость движения волны (порядка 50000 км/сек) обеспечивает возможность получения больших напряжений между соседними витками. Волна, как говорят, обладает крутым фронтом изменения напряжения. В особенности

большие напряжения создаются на первых витках, по мере же продвижения волны вглубь обмотки напряжения между витками несколько уменьшаются.

Для обнаружения дефектов обмотки применяется метод сравнения. Импульс напряжения при этом поочередно (с помощью соответствующих переключателей) прикладывается к двум одинаковым испытуемым секциям, катушкам, обмоткам, одинаковым частям обмотки. На индикатор в виде электронно-лучевой трубки подаются поочередно напряжения разряда каждой из обмоток. Если обмотки полностью одинаковы, на экране трубки видна одна кривая, если обмотки имеют отличая: из-за неправильного числа витков, схемы соединения, сечения, короткозамкнутых витков, — кривая на экране раздваивается. Напряжение на испытуемые обмотки подается с помощью щупов; испытываться могут как уложенные в пазы обмотки, так и отдельные катушки, секции.

При испытании межвитковой изоляции индикатор подключается к описанному выше П-образному сердечнику с обмоткой. Появляющийся при пробое межвитковой изоляции так наводит в обмотке сердечника э. д. с, отмечаемую индикатором.

Испытание отдельных секций при этом может производиться таким образом, что секция надевается на два сердечника разъемных электромагнитов. К обмотке одного (индуцирующего) электромагнита подводится ток от генератора импульсов, обмотка второго включается на индикатор. В секции индуцируется при этом необходимая э. д. с.

После укладки секций в пазы активной стали до их соединения по схеме испытание может производиться путем подведения с помощью щупов напряжения от генератора импульсов к отдельным секциям. На пазы, где лежит эта секция, ставятся ножки сердечника индикатора.

В случае, если испытанию подвергается готовая обмотка, напряжение в секциях индуцируется с помощью описанного выше магнитного башмака, на обмотку которого включается генератор импульсов. Для обнаружения

пробоя межвитковой изоляции применяется также П-образный сердечник с обмоткой, включенной на индикатор.

Для удобства проведения и испытаний индуцирующий электромагнит (башмак) сердечник индикатора прикрепляются к одной рукоятке; один вблизи передней кромки активной стали, другой вблизи задней. С точки зрения техники безопасности, в особенности при испытании высоковольтных обмоток, метод индуцирования напряжения с помощью электромагнитов лучше метода включения через щупы.

Проанализировав существующие методы поиска обрывов и повреждений в обмотках статора можем сделать вывод, что в проектируемом стенде будет использоваться блок питания, вольтметр, маггометр, генератор импульсов, индикаторы.

3.1 Проект модели стенда

За основу проектируемого стенда возьмем уже существующие стендовые аналоги для проверки обмоток статора.

Самый простой способ определить обрыв в обмотках статора - это провести проверку электрического сопротивления обмоток при помощи омметра, прикоснувшись щупами последнего к двум смежным пластинам коллектора. При этом омметр регистрирует сопротивление $R_э$, равное:

$$R_З = R//(N-1)*R \qquad (3.1)$$

где N - количество обмоток, R - сопротивление одной обмотки, (N-1) x R - сопротивление последовательно включенных(N-1)обмоток, // - знак параллельного соединения.

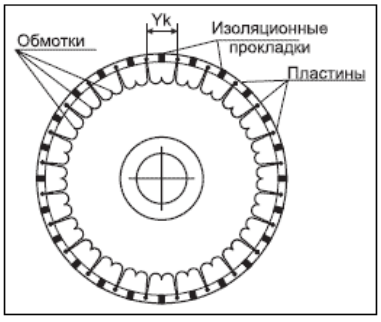

Рис. 3.4 Схема подключения обмоток статора к коллектору

Так как количество обмоток в статоре N, как правило, бывает не менее 20, то в случае обрыва обмотки, непосредственно к которой подключаются щупы омметра, показания последнего увеличиваются более чем в десять раз. Однако при таком способе проверки сопротивления обмоток статора потребуется достаточно большое время для проведения контроля, чтобы проверить все пластины коллектора. Кроме того, при измерении сопротивления низкоомных обмоток на результаты измерения будет существенно влиять сопротивление контакта между щупом и коллекторной пластиной. Существует способ контроля сопротивления обмоток путем поворота статора на 360 градусов (рис. 3.4), при этом к пластинам коллектора прижимаются два пружинящих контакта, сдвинутых на расстояние S, равное шагу Yk между пластинами коллектора (см. рис. 3.5а). Пружинящие контакты прижимаются к пластинам коллектора и подключаются к омметру, якорь поворачивают, контакты последовательно пробегают все пластины, омметр регистрирует сопротивление обмоток. Диаметр контролируемых коллекторов может находиться в диапазоне от 15 до 45 мм, шаг Yk между пластинами коллектора также бывает различным: от 2 до 4 мм. Поскольку пластины коллектора разделены между собой изоляционными прокладками (дорожками) шириной 0,4...1,0 мм, то при попадании пружинящего контакта на эту прокладку омметр будет регистрировать ложный обрыв. Избавиться от этого путем увеличения толщины пружинящего контакта свыше 1,0 мм не удастся, поскольку диаметры коллекторов различных типов статора различаются в три раза. Значит и кривизна контактируемой поверхности также будет сильно меняться, и вследствие этого не удастся обеспечить плотного прилегания всей поверхности торца контакта к пластине коллектора вне зависимости от его диаметра. Надежное контактирование между пружинящим контактом и пластинами коллектора любого диаметра можно обеспечить, используя сдвоенные пружинящие контакты, как показано на рис. 3.5б.

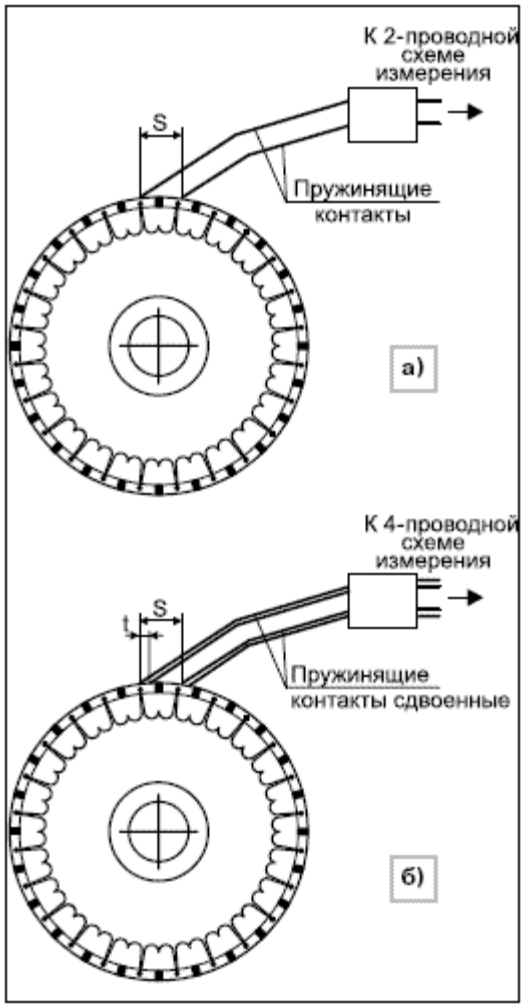

Рис. 3.5 Измерение сопротивления обмоток статора при помощи пружинящих контактов а) коллектор с пружинящими контактами б) коллектор со сдвоенными пружинящими контактами

При этом торцы сдвоенного контакта достаточно сдвинуть относительно друг друга на расстояние t = 1 мм, чтобы избавиться от регистрации ложных обрывов. Кроме того, использование сдвоенного пружинящего контакта позволяет применить более точную 4-про-водную схему измерения.

Функциональная схема устройства оперативного определения обрыва в обмотках статора показана на рис. 3.5. Схема включает: источник постоянного тока Io, буферный каскад - инвертор (ОУ, R1, R2), цифровой вольтметр (мультиметр), компаратор напряжений CMP, световой индикатор обрыва HL1 и зуммер обрыва BF1.

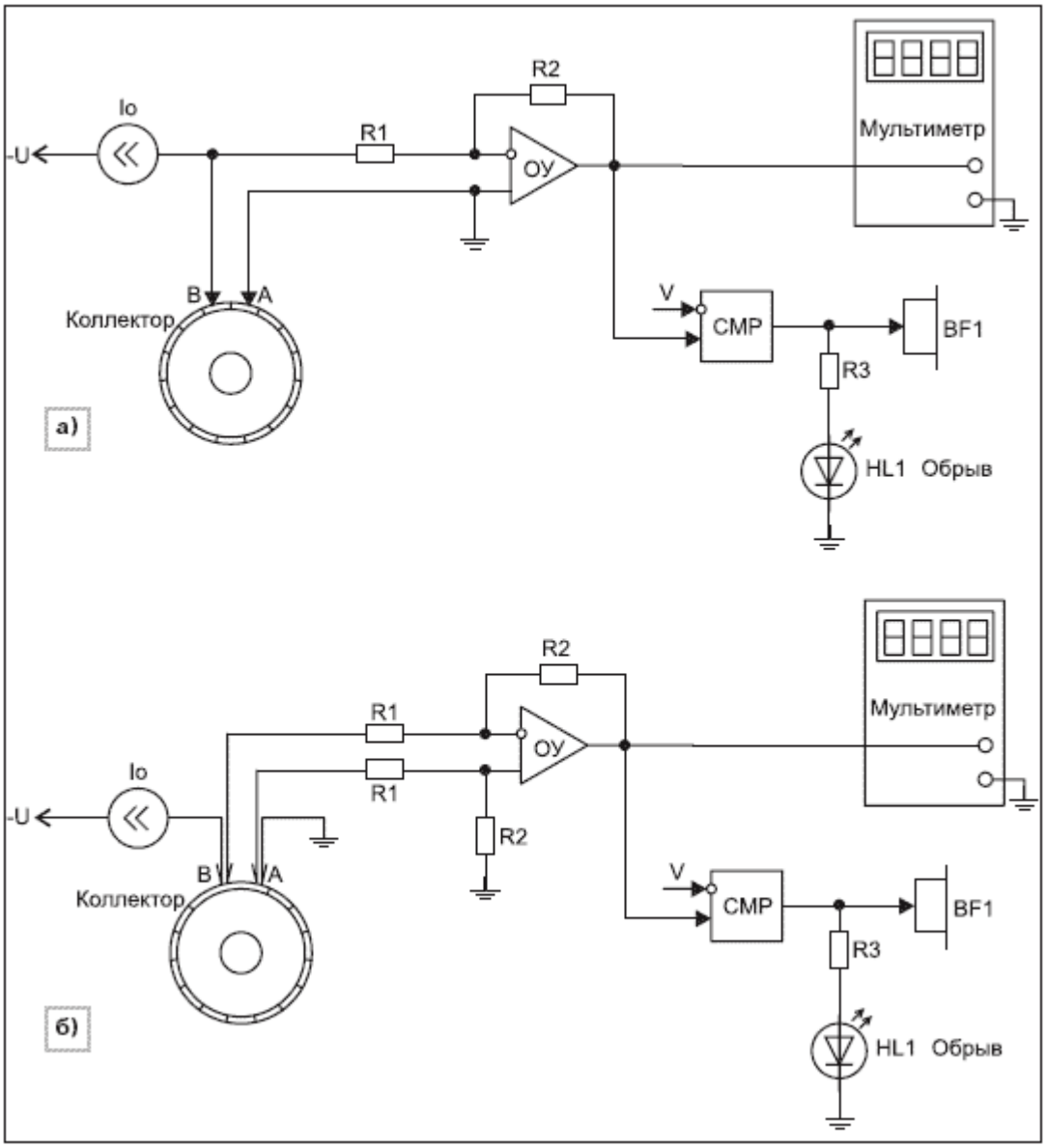

Рис. 3.6 Функциональная схема определения обрыва в обмотках статора а) 2-проводная схема измерения б) 4-проводная схема измерения

Пружинящие контакты А и В прижимаются к пластинам коллектора и на них подается фиксированный ток Io (мА) от источника тока. Напряжение на выходе ОУ будет равно:

$$U(мВ) = I_o*(R_3+0{,}001R_n) \quad (3.2)$$

(при условии $R_1=R_2>>R_э$),

где: Ra - эквивалентное сопротивление обмоток, включенных между двумя смежными пластинами коллектора, Ом; Rn - переходное сопротивление между пружинящими контактами и пластинами коллектора, мОм.

В случае обрыва обмотки измеряемое сопротивление резко возрастает (более чем в 10 раз), загорается индикатор брака HL1 и звучит зуммер BF1. Диапазон сопротивления обмоток (секций)различных типов статора достаточно большой - от 0,1 до 20 Ом. Величина этого сопротивления напрямую связана с мощностью контролируемого статора. Чем больше мощность статора и чем большего сечения проводом выполнены его обмотки. 2-проводная схема измерения, изображенная на рис. 4а, имеет погрешность, связанную с увеличением измеряемого сопротивления на величину переходного сопротивления Rп. Для статора мощных электродвигателей, у которых сопротивление обмоток составляет десятые доли Ом, эта погрешность может быть существенной. Для устранения погрешности переходного сопротивления используется 4-проводная схема измерения, показанная на рис. 33. При такой схеме измерения величина переходного сопротивления Rn практически не влияет на выходное напряжение U, которое в этом случае пропорционально измеряемому сопротивлению Rэ:

$$U = l_o * R_3 \qquad (3.3)$$

(при условии $R_1 = R_2 >> R_э$)

Сравнивая показания цифрового вольтметра различных секций обмоток статора, можно судить о переходном сопротивлении между выводами секции и пластинами коллектора, то есть о качестве обжима или термоусадки (сварки) проводов в ламелях коллектора.

Для проверки обмоток статоров спроектируем унифицированный испытательный стенд, состоящий из панели, на которой устанавливаются статоры, амперметров, вольтметров, электросекундомера, реостатов, ключей, контрольных лампочек, переключателей, настроечных колодок, блоков ГАЦ. Все рукоятки коммутационных приборов (ключи, выключатели, вольтметры) имеют надписи, указывающие их назначение и действия, которые ими выполняются.

Результат проверки фиксируется контрольными лампочками и реле. На стенде можно проверить различные обмотки статора, обрывы которых выявляются по горению лампочек. Работа реле стенда и целостность нитей лампочек контролируются специальным переключателем КПЛ. На стенде можно проверить электрические характеристики реле как по постоянному, так и по переменному току. Активное сопротивление отдельных цепей обмоток измеряют методом амперметра-вольтметра.

Стенд представляет собой рабочее место одного работника РТУ - электромеханика, регулировщика, электромонтера. Стенд питается от сети переменного тока напряжением 220 В. С помощью программного устройства, в зависимости от характера контролируемого параметра обмоток статора, создаются соответствующие измерительные схемы.

На стенде можно измерять: емкость и ток утечки электролитических конденсаторов в блоках типа КБМШ; емкость бумажных конденсаторов и сопротивление резисторов в блоках типа БКСМШ; выдержку времени стабилитронных блоков типов СВШ, БСВШ, БВМШ; номинальный выпрямительный ток при номинальном обратном напряжении; прямое падение напряжения и обратный ток диодов в перечисленных блоках; напряжения на выходе и токи потребления преобразователей типа ППШ во всех требуемых нагрузочных режимах и способах включения; ток потребления и выходной ток приставки типа ППИШ-1; защитные свойства блоков ЗБ-ДСШ и РЗФШ. Используя зажимы R_x; C_x; L_x, можно измерять названные параметры отдельных элементов, не находящихся в блоке. Предусмотрена также специальная приставка для измерения напряжения пробоя разрядников типов РВН-250, Р-350, РА-350, РВНШ-250.

Стенд выполнен в виде лабораторного стола с металлическим каркасом. Щитовые измерительные приборы типов Э377 и М33О размещены над столом на приборном щитке ПЩ.

Приборы щитка подключают к стенду двумя разъемами типа РП14-30, находящимися по бокам щитка внутри стоек, которыми щиток крепят к столу

стен-да. В левой части стола расположен пульт управления ПУ, на котором имеются: 20 кнопок для выбора проверяемых блоков ПБ; 17 кнопок указывают тип блока, а остальные - резервные; 10 кнопок для выбора параметра проверяемых блоков: клавиша “Больше – Меньше” с двумя взаимно исключающими положениями в нажатом состоянии и одним нейтральным. Панель с кнопками наклонная и может откидываться, обеспечивая доступ к монтажу.

На другой панели, находящейся над столом, размещены органы управления и контроля питания, блок питания БП1, зажимы для подключения контрольно-измерительных приборов, переключатели и кнопки, колодки для подключения проверяемых блоков, разъем для подключения разрядников и колодка разъема ГРПМ-61, в которую вставляется его ответная часть с перемычками при проверке сопротивления изоляции блоков. Внутри стенда размещена релейная рама с исполнительными реле, два блока ячеек программы и параметрических ячеек схем измерения, а также блок питания БПП.

Приставка проверки разрядников выполнена в виде настольного прибора и соединяется со стендом шлангом с разъемами. В ее передней части имеется высоковольтная камера, закрывающаяся шторкой из прозрачного полистирола. Открытое состояние камеры блокируется поднятой шторкой двумя микропереключателями, разрывающими цепь питания приставки. Для хранения технической документации, инструмента и соединительных шлангов в правой части стола предусмотрены два выдвижных ящика и полка.

Проверка на стенде начинается с автоматического выбора измерительной схемы, контролируемого элемента (конденсатора, резистора, ступени выдержки времени и др.) и их параметров. Для этого служит программный блок, состоящий из пульта управления, кнопки, диодных сборок, матричного наборного поля, усилителей и реле. Проверяющий нажимает на пульте соответствующую кнопку программного набора. Через диодные сборки информация о состоянии кнопки пульта вводится в

матричное наборное поле. Последнее обеспечивает условия для включения усилителей, управляющих работой исполнительных реле.

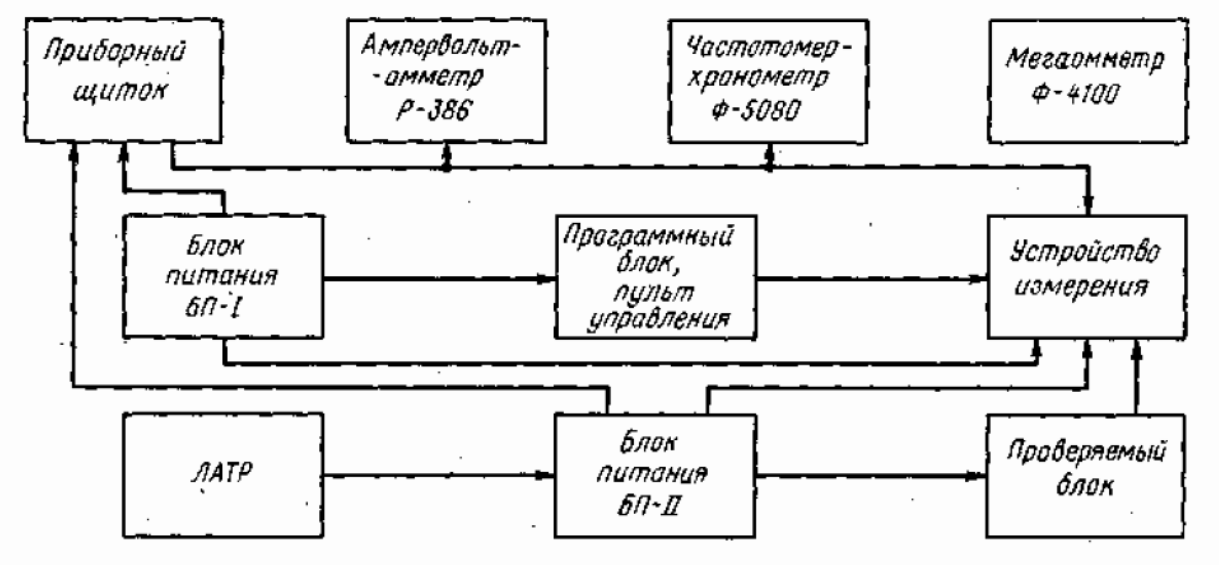

Рисунок 3.7 Схема стенда

3.2 Тестирование модели стенда

Для тестирования модели рассмотрим характеристики асинхронного двигателя марки АЭ-92 и сравним его характеристики с характеристиками, полученными на эмуляторе стенда, выполненном в программе Multisim 2010 для выявления отказов обмотки статора по отклонениям от стандартных технических характеристик асинхронного электродвигателя.

Рассчитаем рабочие характеристики двигателя и построим соответствующие графики кривых.

Для схемы соединения обмоток «звездой» определяем номинальные фазные напряжения и фазные (которые являются также и линейными) токи.

Фазное напряжение:

$$U_{1\delta} = \frac{U_{1н}}{\sqrt{3}} = \frac{660}{\sqrt{3}} = 381{,}05 \text{ В} \quad (3.4)$$

Приведённая мощность:

$$P_{1н} = \frac{P_{1н}}{\eta_н} = \frac{30000}{0{,}905} = 33149{,}17 \text{ Вт} \quad (3.5)$$

Добавочные потери определяем по формуле:

$$P_{1\delta} = 0{,}005 * P_{1н} = 0{,}005 * 33149{,}17 = 165{,}746 \text{ Вт} \quad (3.6)$$

Фазный ток обмоток статора:

$$I_{1H} = \frac{P_{1H}}{3U_{1\delta} \times \cos\varphi_1} = \frac{33149{,}17}{3 \times 381{,}05 \times 0.81} = 35{,}8A \quad (3.7)$$

Заданные относительные сопротивления переводим в омические.

Коэффициент перевода электрических параметров из относительных единиц в именованные:

$$Z_б = \frac{U_{1Ф}}{I_{1Н}} = \frac{381{,}05}{35{,}8} = 10{,}644 \text{Ом} \quad (3.8)$$

Найдём найденное сопротивление в именованных единицах. Определим активное сопротивление цепи намагничивания потери в стали:

$$r_М = r^*_М \times Z_б = 0{,}18 \times 10{,}644 = 1{,}916 \text{Ом} \quad (3.9)$$

Индуктивное сопротивление взаимоиндукции приведённой первичной и вторичной цепи:

$$x_М = x^*_М \times Z_б = 2{,}15 \times 10{,}644 = 22{,}884 \text{Ом} \quad (3.10)$$

Активное сопротивление обмотки статора в именованных единицах:

$$r_1 = r^*_1 \times Z_б = 0{,}030 \times 10{,}644 = 0{,}319 \text{Ом} \quad (3.11)$$

Индуктивное сопротивление обмотки статора в именованных единицах:

$$x_1 = x^*_1 \times Z_б = 0{,}073 \times 10{,}644 = 0{,}777 \text{Ом} \quad (3.12)$$

Активное приведённое сопротивление обмотки ротора в именованных единицах:

$$r'_2 = r^*_2 \times Z_б = 0{,}022 \times 10{,}644 = 0{,}234 \text{Ом} \quad (3.13)$$

Определим индуктивное приведённое сопротивление обмотки ротора:

$$x_2' = x_2^* \times Z_б = 0,17 \times 10,644 = 1,809 Ом \quad (3.14)$$

Определяем токи холостого хода ротора и статора.

Полное активное сопротивление рабочего контура:

$$r_{эк} = r_1 + r_m = 0,319 + 1,916 = 2,235 Ом \quad (3.15)$$

Определим полное индуктивное сопротивление рабочего контура:

$$x_{эк} = x_1 + x_m = 0,777 + 22,884 = 23,661 Ом \quad (3.16)$$

Таким образом, полное эквивалентное сопротивление контура намагничивания определяем по формуле:

$$z_{эк} = \sqrt{(r_{эк}^2 + x_{эк}^2)} = \sqrt{(2,235^2 + 23,661^2)} = 23,7667 Ом \quad (3.17)$$

Определим $\cos\phi = \frac{r_{эк}}{z_{эк}} = \frac{2,235}{23,7667} = 0,094$

Определим $\sin\phi = \frac{x_{эк}}{z_{эк}} = \frac{23,661}{23,7667} = 0,9956$

Определим действующее значение тока холостого хода статора:

$$I_{1O} = \frac{U_{1Ф}}{z_{эк}} = \frac{381,05}{23,7667} = 16,033 A \quad (3.18)$$

Определим активную составляющую тока холостого хода:

$$I_{1a} = I_{1O} \times \cos j = 16,033 \times 0,094 = 1,508 A \quad (3.19)$$

Определим реактивную составляющую тока холостого хода:

$$I_{1r} = I_{1O} \times \sin j = 16,033 \times 0,9956 = 15,962 A \quad (3.20)$$

Для заданной схемы определим поправочный коэффициент:

$$C_1 = 1 + \frac{x_1}{x_m} = 1 + \frac{0,777}{22,884} = 1,034 \quad (3.21)$$

Для различных значений S рассчитываем:

1. Токи статора I_{1a}, I_{1p}, I_1
2. Токи ротора I_{2a}, I_{2p}, I_2
3. Коэффициент мощности cosφ
4. Потребляемую мощность P_1
5. Полезную мощность P_2
6. Преобразованную мощность $P_{пр}$
7. Коэффициент полезного действия η
8. Угловую скорость n
9. Момент нагрузки на валу двигателя M_2

Определим приведённое активное сопротивление обмотки статора по формуле:

$$R_2' = C_1^2 \frac{r_2'}{S} \tag{3.22}$$

Определим эквивалентное активное сопротивление рабочего контура:

$$R_2'' = C_1 r_1 + C_1^2 \frac{r_2'}{S} \tag{3.23}$$

Приведённое индуктивное сопротивление рабочего контура:

$$X_2'' = C_1 x_1 + C_1^2 \frac{x_2'}{1} \tag{3.24}$$

Полное приведённое сопротивление рабочего контура:

$$Z_2'' = \sqrt{(R_2'')^2 + (X_2'')^2} \tag{3.25}$$

Определим коэффициент мощности при S=0,0025

$$\cos\varphi_2'' = \frac{R_2''}{Z_2''} \tag{3.26}$$

Действующее значение тока ротора:

$$I_2'' = \frac{U_{1Ф}}{Z_2''} \tag{3.27}$$

Активная составляющая тока ротора

$$I''_{2a} = I''_2 \times \cos\varphi''_2 \quad (3.28)$$

Определим реактивную составляющую тока ротора:

$$I''_{2r} = \sqrt{(I''_2)^2 - (I''_{2a})^2} \quad (3.29)$$

Определим активную составляющую тока статора:

$$I_{1a} = I_{10a} + I''_{2a} \quad (3.30)$$

Реактивная составляющая тока статора:

$$I_{1r} = I_{10r} + I''_{2r} \quad (3.31)$$

Определим действующее значение тока статора:

$$I_1 = \sqrt{(I_{1a})^2 + (I_{1r})^2} \quad (3.32)$$

$$\cos\varphi_1 = \frac{I_{1a}}{I_1} \quad (3.33)$$

Определяем добавочное приведённое активное сопротивление в цепи ротора:

$$R_{Пр} = C_1^2 \times R'_2 \times \frac{1 - S}{S} \quad (3.34)$$

Определяем полезную мощность на валу двигателя

$$P_2 = P_{пр} - (P_{мех} + P_{доб}) \quad (3.35)$$

где: $P_{пр} = m_1 \times R_{Пр} \times (I''_2)^2$

Определяем угловую скорость магнитного поля статора:

$$\Omega_1 = \frac{\pi \times n}{30} \quad (3.36)$$

Определяем угловую скорость магнитного поля машины:

$$\Omega = \Omega_{(n)}(1 - S) \quad (3.37)$$

Определяем момент нагрузки на валу двигателя:

$$M_2 = \frac{P_2}{\Omega} \quad (3.38)$$

Определяем потребляемую мощность машины:

$$P_1 = m \times U_{1Ф} \times I_a \quad (3.39)$$

Определим приведённое индуктивное сопротивление рабочего контура:

$$X''_2 = C_1 \times X_1 + C_1^2 \times X_2' = 1{,}034 \times 0{,}777 + 1{,}034^2 \times 1{,}809 = 2{,}7375 \text{Ом} \quad (3.40)$$

Выполняем расчеты при S= 0,0025; 0,005; 0,01; 0,02; 0,025; 0,03; 0,2; 0,3, результаты сводим в таблицу 3.2 (Расчет выполнен на компьютере с использованием программы **Excel**)

Таблица 3.2

Таблица значений

№ п/п	Значение	Значение S							
	R	0,0025	0,005	0,01	0,02	0,025	0,03	0,2	0,3
1	R'_2	100,1348	50,0674	25,0337	12,5168	10,01348	8,3446	1,251685	0,834456
2	R''_2	100,4649	50,3975	25,3639	12,8470	10,34364	8,6747	1,581843	1,164615
3	$R_{пр}$	99,8844	49,8170	24,7834	12,2665	9,76314	8,0942	1,001348	0,584119
4	Z''_2	100,5022	50,4719	25,5112	13,1355	10,69983	9,0965	3,161932	2,975217
5	Cos y''_2	0,9996	0,9985	0,9942	0,9780	0,96671	0,9536	0,500277	0,391439
6	I_2	3,7915	7,5498	14,9366	29,0093	35,61282	41,8898	120,5121	128,0751
7	I_{2a}	3,7901	7,5387	14,8504	28,3722	34,42728	39,9475	60,28948	50,13354
8	I_{2r}	0,1033	0,4095	1,6030	6,0464	9,112391	12,6077	104,3473	117,8552
9	I_{1a}	5,2979	9,0465	16,3582	29,8800	35,9352	41,4554	61,7974	51,6414
10	I_{1r}	16,0652	16,3715	17,5649	22,0083	25,0743	28,5697	120,3092	133,8172
11	I_1	16,9162	18,7047	24,0024	37,1104	43,81845	50,3465	135,2524	143,4359
12	cos y_1	0,3132	0,4837	0,6815	0,8052	0,820092	0,8234	0,456904	0,360031
13	$P_{пр}$	4307,59	8518,58	16587,72	30968,22	37146,98	42610,26	43628,23	28744,33
14	$P_{доб}$	7,15	8,75	14,40	34,43	48,00141	63,37	457,3303	514,3466
15	P_2	3930,44	8139,84	16203,32	30563,79	36728,98	42176,89	42800,9	27859,99
16	P	104,667							
17	M	104,405	104,143	103,620	102,573	102,050	101,5267	83,73333	73,26667

18	M_2	37,65	78,16	156,37	297,97	359,91	415,4267	511,1573	380,2546
19	P_1	6056,36	10341,58	18699,98	34157,48	41079,40	47389,88	70643,87	59034,06
20	K	0,6490	0,7871	0,8665	0,8948	0,8941	0,889998	0,605869	0,471931
21	N	997,5	995	990	980	975	970	800	700

По данным таблицы 3.2 строим рабочие характеристики асинхронного двигателя, требуемых зависимостей.

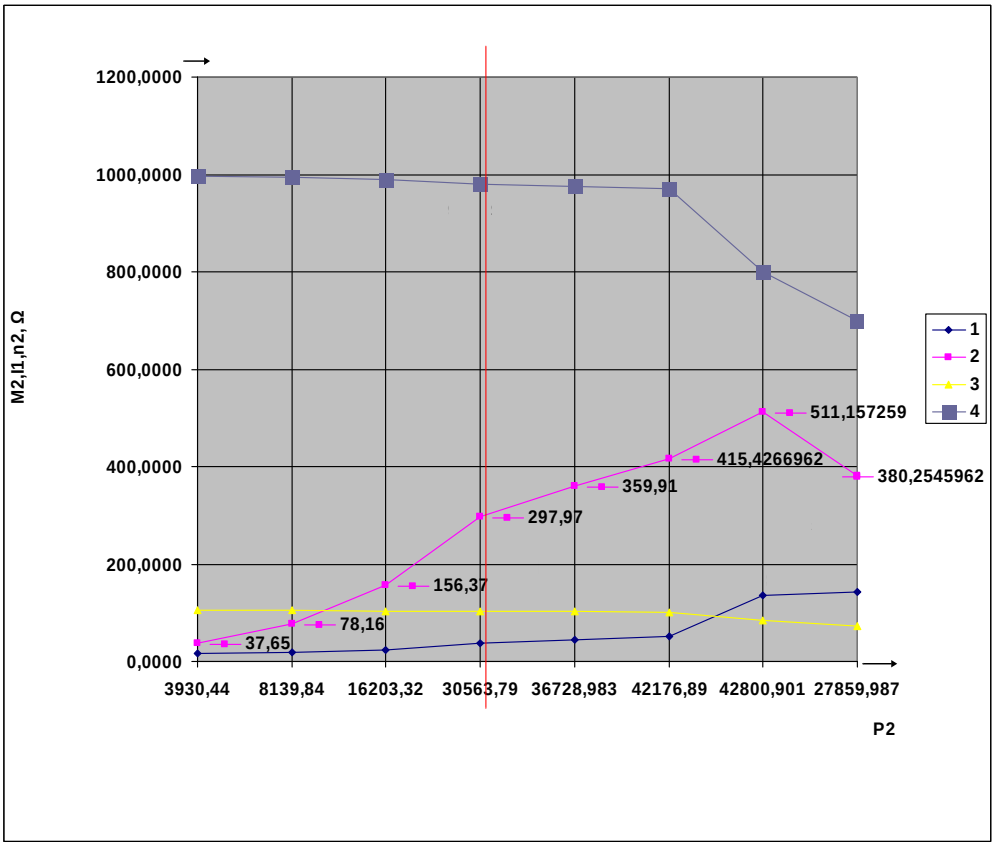

Рис 3.8(а). График рабочих характеристик асинхронного двигателя

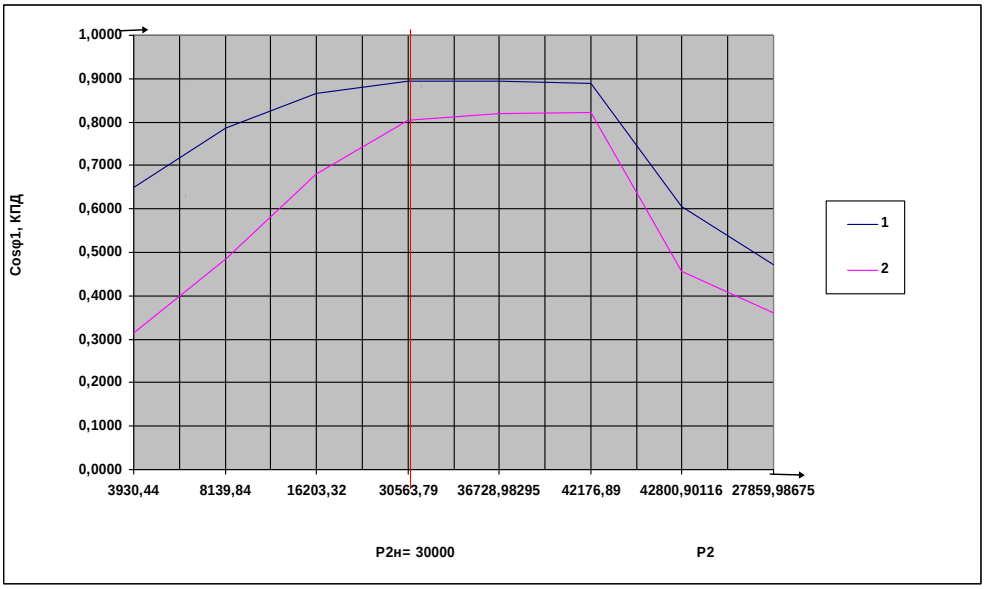

Рис 3.8(б). График рабочих характеристик асинхронного двигателя

По построенным графикам рабочих характеристик определяем расчётные номинальные значения $M_{2н}$, $з_{н,}$ $cosц_{1н}$, соответствующие заданному номинальному значению мощности $P_{2н}$= 30кВт и сравниваем их со значением в таблице исходных данных 1.

$M_{2н}$= 303,28 Нм; $з_{н}$=89,4; $cosц_{1н}$=0,817;

$$(0,894 - 0,905)/0,905*100\% = 1,2\%;\ (0,817 - 0,81)^{1}/0,81*100\% = 0,9\%$$

Погрешность расчета для всех параметров не превышает 5%.

Определяем критическое скольжение:

$$S_{\hat{E}\eth} = \pm\frac{\tilde{N}_1 \times r_2'}{\sqrt{r_2'^2 + (x_1 + C_1 \times x_2')^2}} = \frac{1,034 \times 0,234}{\sqrt{0,234^2 + (0,777 + 1,034 \times 1,809)^2}} = 0,091 \qquad (3.41)$$

Так как расчет выполняем для двигателя, то в формуле стоит +.

Определяем максимальный момент:

$$\grave{I}_{\ i\ \grave{a}\hat{e}\tilde{n}} = \frac{m \times U_{1\hat{O}} \times \eth}{4 \times \pi \times f \times C_1 \times \left[r_1^2 + \sqrt{(x_1 + x_2')^2} \right]} = \frac{3 \times 381,05 \times 2}{4 \times 3,14 \times 50 \times 1,034 \times \left[0,3193^2 + \sqrt{(0,777 + 1,809)^2} \right]} =$$

$$= 752,56H \times \grave{i}$$

Определяем пусковой момент

$$M_{П} = \frac{m \times U_{1Ф}^2 \times r_2'}{2\pi f \left((r_1 + C_1 r_2')^2 + (x_1 + x_2')^2 \right)} = \frac{3 \times 381{,}05^2 \times 0{,}234}{2 \times 3{,}14 \times 50 \times \left((0{,}3193 + 1{,}044 \times 0{,}234)^2 + (0{,}777 + 1{,}809)^2 \right)} =$$

$$= 130{,}2992 Н \times м$$

Кратности пускового $M_п$ и максимального M_{max}, составляют:

$$\frac{\grave{I}_{\ddot{i}}}{M_{\acute{i}}} = \frac{130,2992}{303,28} = 0,43; \quad \frac{\grave{I}_{max}}{M_{\acute{i}}} = \frac{752,56}{303,28} = 2,48.$$

Пользуясь формулой Клосса определяем электромагнитный момент для заданных значений скольжений S= (0,1…. 1,0).

$$M_{\acute{Y}} = \frac{2M_{\grave{i}\ \grave{a}\hat{e}\tilde{n}}(1 + \beta S_K)}{S/S_K + S_K/S + 2\beta S_K} = \frac{2 \times 752,56 \times (1 + 1,319 \times 0,091)}{S/0,091 + 0,091/S + 2 \times 1,319 \times 0,091} =$$

$$= \frac{1685,78}{\frac{S}{0,091} + \frac{0,091}{S} + 0,24}$$

Подставив в формулу различные значения S, проведём вычисления, результаты которых сведём в таблицу 2.

Таблица 3.3

Механическая характеристика

0	0,091	0,1	0,3	0,5	0,7	1
0	752,56	749,64	439,32	285,17	209,28	149,06

По данным таблицы 3.3 строим механическую характеристику асинхронного двигателя.

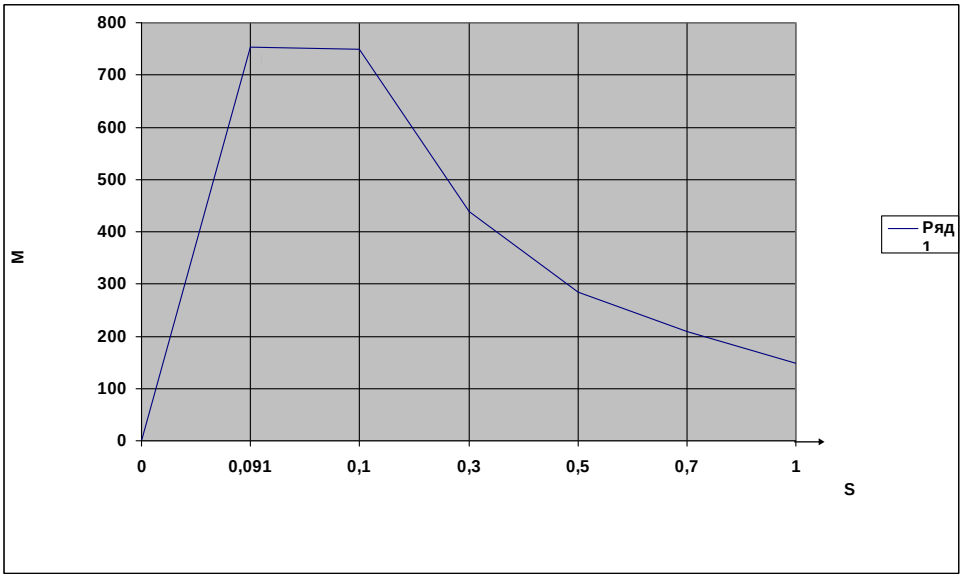

Рис 3.9 График механических характеристик асинхронного двигателя (зависимость момента M от скольжения S)

С помощью программы эмуляции проведем эксперимент по нахождению отказов обмоток.

Таблица 3.4

Значения эксперимента

№ п/п	Значение	Значение S							
	R	0,0025	0,005	0,01	0,02	0,025	0,03	0,2	0,3
1	R'_2	100	50	20	10	10	5	2	1
2	R''_2	200	50	25	12	10	5	1	1
3	$R_{пр}$	100	45	10	10	5	4	0,5	0,1
4	Z''_2	100	20	5	5	3	3	2,4	0,15
5	Cos y_2	1	1	1	0,95	0,97	0,94	0,45	0,39
6	I_2	2	5	12	25.45	30.62	40.52	100.45	100.45
7	I_{2a}	3,7901	7,5387	14,8504	28,3722	34,42728	39,9475	60,28948	50,13354
8	I_{2r}	0,1033	0,4095	1,6030	6,0464	9,112391	12,6077	104,3473	117,8552
9	I_{1a}	5,2979	9,0465	16,3582	29,8800	35,9352	41,4554	61,7974	51,6414
10	I_{1r}	16,0652	16,3715	17,5649	22,0083	25,0743	28,5697	120,3092	133,8172
11	I_1	16,9162	18,7047	24,0024	37,1104	43,81845	50,3465	135,2524	143,4359
12	cos y_1	0,3132	0,4837	0,6815	0,8052	0,820092	0,8234	0,456904	0,360031

13	$P_{пр}$	4307,59	8518,58	16587,72	30968,22	37146,98	42610,26	43628,23	28744,33
14	$P_{доб}$	7,15	8,75	14,40	34,43	48,00141	63,37	457,3303	514,3466
15	P_2	3930,44	8139,84	16203,32	30563,79	36728,98	42176,89	42800,9	27859,99
16	P	104,667							
17	M	104,405	104,143	103,620	102,573	102,050	101,5267	83,73333	73,26667
18	M_2	12.25	35.16	51.52	125.45	100.44	101.45	211.45	123.45
19	P_1	6000.23	5000.51	9000.98	24158.12	31254.11	23124.2	60158.4	60154.11
20	K	0.44	0.63	0.45	0.44	0.45	0.44	0.48	0.47
21	N	800.54	880	882	880	975	970	800	700

Как видно из таблицы при повреждении обмоток статора асинхронного двигателя наблюдается падение его мощности в несколько раз.

IV. РАСЧЁТ ЗАГРУЗКИ ДИАГНОСТИЧЕСКОГО СТЕНДА

В локомотивных депо для диагностирования вспомогательного оборудования локомотивов применяются комплекс диагностики, специально спроектированный для этих целей.

Загруженность систем диагностики в течение рабочего дня определяет, что диагностирование вспомогательного оборудования происходит путем извлечения электродвигателя из локомотива и поочередной проверке обмоток статора.

Время диагностирования с помощью спроектированного стенда занимает 360 минут с учетом времени на извлечение двигателя. Это время рассмотрено на примере электровоза переменного тока ЭП-1. Оно включает в себя следующие операции:

4.1. Подготовка объекта к диагностированию

- извлечение электродвигателя из локомотива (30,0 мин.);
- извлечение статора из двигателя (30,0 мин.);
- зачистка мест под установку датчиков (30,0 мин.);
- зачистка места для магнитной метки (30,0 мин.);
- подключение силового и заземляющего кабелей (30,0 мин.).

4.2. Подготовка комплекса к работе

Подготовка комплекса к работе производится в следующей последовательности:

- установка комплекса на рабочем месте с подключением клавиатуры, манипулятора «мышь», наушников, защитного заземления, питания (30,0 мин.);

- установка датчиков вибрации в контрольные точки (30,0 мин.);

- установка и настройка датчика фиксации (30,0 мин.).

4.3. Проведение измерений

Проведение измерений производится в следующей последовательности:

- подача на обмотки двигателя постоянного тока (60,0 мин.);

- съем информации с обмоток магнит провода (60,0 мин.)

Из приведенных выше данных, можно сделать вывод, что коэффициентом загрузки диагностического стенда является отношение полного времени диагностирования локомотива к общему рабочему времени и рассчитывается по формуле 4.1:

$$K_{заг} = \frac{t_{диагн.}}{t_{раб.дня}} \cdot 100\%, \qquad (4.1)$$

где $K_{заг}$ - коэффициент загрузки комплекса, %;

$t_{диагн.}$ - время диагностирования локомотива, мин.;

$t_{раб.дня}$ - время рабочего дня, 11 ч (660 мин.).

Время диагностирования локомотива рассчитываем по формуле 4.2:

$$t_{диагн.} = t_{диагн.\ 1} + t_{диагн.\ 2\text{-}6}, \qquad (4.2)$$

где $t_{диагн.\ 1}$ - время диагностирования первой обмотки, мин.;

$t_{диагн.\ 2\text{-}6}$ - время диагностирования последующих обмоток, мин.

Время диагностирования первой обмотки находим по формуле 4.3:

$$t_{диагн.\ 1} = t_{п.об.} + t_{п.к.} + t_{изм.}, \qquad (4.3)$$

где $t_{п.об.}$- время подготовки объекта к диагностированию, мин;

$t_{п.к.}$- время подготовки комплекса к диагностированию, мин;

$t_{изм.}$- время на проведение измерений, мин.

Время диагностирования последующих КМБ находим по формуле 4.4:

$$t_{диагн.\ 2\text{-}6} = (t_{диагн.\ 1} - 10) \cdot N + t_{от}, \qquad (4.4)$$

где N- число проверяемых объектов, ед;

$t_{от}$- время на составление отчетов.

Подставив численные значения в формулы 4.3 и 4.4, получим:

$$t_{диагн.\ 1} = 30 + 60 + 30 = 120 \text{ мин.},$$

$$t_{диагн.\ 2\text{-}6} = (120 - 64) \cdot 5 + 20 = 300 \text{ мин.}$$

Общее время диагностирования локомотива равно:

$$t_{диагн.} = 300 + 60 = 360 \text{ мин.}$$

За 2015 г. в локомотивном депо Вологды были про диагностированы 240 узлов вспомогательного оборудования локомотивов серии ЭП-1. Из них был выявлен 71 опасный дефект по всем типам узлов.

Опасные дефекты появляются в каждом третьем узле: 240 / 71 = 3.

Так как каждый локомотив имеет 1 узел подвергаемых диагностике, то: 36 / 3 = 12, т.е. каждый двенадцатый узел подвергается повторной диагностике. При этом общее время диагностирования увеличивается.

Оно включает в себя:

- время на дополнительную смазку узла ≈ 20,0 мин.
- время на измерение узла в среднем составляет:

$$t_{ср} = \frac{(3 \cdot 20) + (8 \cdot 20) + 3 + 20}{60} = 7{,}05 \text{ мин.}$$

Время на проведение повторной диагностики равно:

$$t_{пд} = (3 + 6 + 7 + 2) \cdot 4 = 72 \text{ мин.} (1ч\ 12 мин)$$

Общее время на диагностирование одного локомотива: 360 + 72 = 432 мин.

Коэффициент загрузки диагностического стенда равен:

$$K_{заг} = \frac{432}{660} \cdot 100\% = 65\%$$

При одиннадцати часовом рабочем дне, загруженность работы диагностического комплекса составляет более половины смены.

В течение одной рабочей смены можно провести диагностику подшипников колесно-моторных блоков одного локомотива. Но в случае положительных результатов диагностики, коэффициент загрузки комплекса уменьшается до 65%. При таких показателях в течение одной смены можно продиагностировать почти два локомотива.

V. РАСЧЁТ ПНЕВМАТИЧЕСКОГО ПОДЪЕМНИКА ДЛЯ ПОДЪЁМА ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

5.1 Описание и принцип работы

Пневматический подъемник предназначен для подъема вспомогательного оборудования на необходимую высоту, с целью проведения дополнительных диагностических работ.

К достоинствам пневматического подъемника можно отнести жесткость конструкции, устойчивость и большая грузоподъемность, а также высокий КПД (0,75....0,85). Недостатками пневматического подъемника является его малая скорость и сложность эксплуатации.

Подъемник представляет собой подвижную верхнюю платформу 1, к которой подсоединятся два ножничных механизма 2, которые смонтированы в нижних платформах 3.

Подъем осуществляется при помощи пневматических баллонов 4. Для установки двигателя на подъемник используются аппарели 5. Для улучшения установочных параметров дополнительного оборудования на аппарелях приварены поперечные ребра 6. На верхней платформе 1 размещены регулируемые винтовые опоры с резиновыми накладками 7, подводимые под днище двигателя после его установки на подъемник. Для фиксации подвижной платформы 1 в верхнем положении каждый ножничный механизм оснащен механическим стопором 8 с общим приводом (педалью) 9.

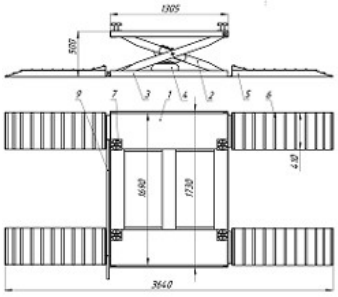

Рис 5. Пневматический подъемник

5.2 Исходные данные

Для расчета пневматического подъемника приняты следующие исходные данные:

Масса вспомогательного оборудования – 810 кг.

Рассчитаем нагрузку на болтовые м сварные соединения, используемые в проектируемом приспособлении.

5.2.1 Расчет болтовых соединений на прочность

Условие прочности болта определяется по формуле.

$$G_p = \frac{\varphi * F}{\pi * d_p^2} \leq [G]p \quad (5.1)$$

Рассчитаем нагрузку болта осевой силой.

$$G_p = \frac{\varphi * F}{\pi * d_p^2} = 0{,}03 * \frac{7938}{3{,}14 * 1{,}4} = 54{,}1 \leq [G]p \quad (5.2)$$

$$54{,}1 \leq 144$$

Условие прочности по осевой силе выполняется.

Рассчитаем нагрузку на болт при отсутствии внешней нагрузки.

$$G_E = \frac{\varphi * F_0}{\pi * d_p^2} \leq [G]p \quad (5.3)$$

$$G_E = \frac{\varphi * F}{\pi * d_p^2} = 0{,}03 * \frac{15896}{3{,}14 * 1{,}4} = 108{,}2 \leq [G]p \quad (5.4)$$

$$108{,}2 \leq 144$$

При отсутствии внешней нагрузки условие прочности выполняется.

Рассчитаем нагрузку на болт, нагруженный поперечной силой.

$$\tau_{ср} = \frac{\varphi * F_{П}}{\pi * i * z * d^2} = 0{,}03 * \frac{11907}{3{,}14 * 1 * 6 * 2{,}5} = 75{,}8$$

Как видим, при поперечной нагрузке на болт условие прочности выполняется.

5.2.2 Расчет сварных соединений на прочность

Основным критерием работоспособности швов сварных соединений является прочность. Расчет на прочность ведут из условия, что напряжения в сварном шве распределено равномерно как по длине, так и по сечению шва.
Расчет на прочность сварного стыкового соединения. Условия прочности соединения:

$$G_p = \frac{F}{\delta * l_m} \leq [G_p], \quad (5.5)$$

Где F – нагрузка на сварной шов;

δ- толщина шва;

l_m-длина шва.

$[G_p]$ –допустимое напряжение или списание шва.

Для среднеуглеродистых сталей этот показатель равен 140-160.
Для нахлёстанного сварного соединения условие прочности имеет вид:

$$G_p = \frac{F}{0{,}7 * k * l_m} \leq [G_p],$$

Где F – нагрузка на сварной шов;

k- катет шва, равный его толщине;

l_m-длина шва.

$[G_p]$ –допустимое напряжение или списание шва.

Для среднеуглеродистых сталей этот показатель равен 140-160.

Подставим в формулы числовые значения.

$$G_p = \frac{F}{\delta * l_m} = \frac{7938}{1{,}1*173{,}8} = 41{,}4 < 140 \quad (5.6)$$

Произведем расчет для сварки с нахлестом.

$$G_p = \frac{F}{\delta * l_m} = \frac{7938}{0{,}7*1{,}1*173{,}8} = 59{,}1 < 140 \quad (5.7)$$

Как видим для сварки внахлест условие прочности выполняется.

VI. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА ДИАГНОСТИРОВАНИЯ НЕИСПРАВНОСТЕЙ ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ РАЗРАБОТАННЫМ СТЕНДОМ

Наименование операции		Вид ремонта	Материал	Место проведения ремонта	Разряд работы	Норма времени, нормо-ч	Расценка
Вывешивание электродвигателя и диагностирование неисправностей обмоток статора		Д-1, Д-2, Д-3, диагностические работы	По ТУ	Участок 1-ой группы диагностических работ Д-1 электровозов	5,9	На один двигатель $ВЛ80^{С}$, $ВЛ80^{Т}$, ЭП-1-0,5	-
Операция №	Переход №	Наименование работ		Технические требования, нормы	Оборудование, инструмент	Запасные части, материал	Профессия Разряд
1		Поставить электровоз на ремонтную позицию.		-	-	-	Бригадир, 6 р.
2		Закрепить электровоз на пути тормозными башмаками от ухода.		Тормозные башмаки устанавливаются под крайние колесные пары с обеих сторон.	Тормозные башмаки.	-	Бригадир, 6 р.
3		Просмотреть журнал технического состояния формы ТУ-152 и ремонтную книгу формы ТУ-28 на наличие сведений о предыдущих ремонтах и замечаниях по работе вспомогательного оборудования электродвигателей.		-	Журнал формы ТУ-152, журнал формы ТУ-28.	-	Мастер участка диагностики, слесарь по ремонту ПС, 6 р.
4		Вывесить электродвигатель:					Слесарь по ремонту ПС, 4 р.
	4.1	Отбалансировать статор тягового электродвигателя		Платформа должна быть отбалансирована и	Пневматическая платформа	-	-

			правильно закреплена.			
	4.2	Отрегулироваться платформу во избежание соскальзывания двигателя с платформы.	Двигатель должен быть жестко закреплен на платформе дополнительными болтами.	-	-	-
	4.3	Произвести подъем двигателя плавными качками пневмоустройства.	Расстояние от центра платформы должно превышать 25 мм.	-	-	-
5		Вытащить статор из двигателя и закрепить его на стенде.	Для обеспечения безопасности при производстве диагностики прекратить другие работы на электровозе на крыше и под электровозом.	-	-	Слесарь по ремонту ПС, 4 р.
6		Зачистить места приложения преобразователя. Зачищенное место установки преобразователя смазать тонким слоем (около 0,5 мм) консистентной смазкой.	Места установки преобразователя должны быть зачищены от грязи, ржавчины и краски, размер поверхности - 20х20 мм.	Скребок, металлическая щётка по местным условиям.	Смазка БУКСОЛ ТУ 0254-107-01124328-01 или др.	Слесарь по ремонту ПС, 4 р.
7		Подготовить стенд диагностики к выполнению работы.	-	-	-	Слесарь по ремонту ПС, 6 р.
	7.1	Внешним осмотром убедится в целостности корпуса измерительного комплекса, датчиков, проводов питания и измерительных проводов.	-	-	-	Слесарь по ремонту ПС, 6 р.
	7.2	Перед включением, во избежание	-	-	Заземляю-	Слесарь по

		выхода оборудования из строя, заземлить комплекс и объект диагностирования в одну точку шины аттестованного контура защитного заземления.			щий провод.	ремонту ПС, 6 р.
8		Включить диагностический комплекс.	-	-	-	Слесарь по ремонту ПС, 6 р.
9		Установить датчики в специальное положение по отношению к проверяемому оборудованию.	Датчик оборотов закрепляется таким образом, чтобы зазор между торцевой поверхностью датчика и магнитной меткой составлял от 7 до 10 мм.	Датчик оборотов. Приспособление для крепления магнитного датчика оборотов.	-	Слесарь по ремонту ПС, 6 р.
10		Закрепить магнитную метку на статоре двигателя.	-	-	Магнитная метка	Слесарь по ремонту ПС, 6 р.
11		Для измерения параметров установить датчики в контрольные точки. Для электровозов ВЛ80,ЭП-1.	-	Датчики	-	Слесарь по ремонту ПС, 6 р.
	11.1	1-я точка со стороны верхних обмоток электродвигателя.	Измерение параметров обмоток статора со стороны амперметра.	Датчик "0" канала измерения с чувствительностью согласно паспорту	-	-
	11.2	2-я точка со стороны обмоток статора.	Измерения параметров обмоток статора в	Датчик вибрации "1" канала изме-	-	-

			установленной точке..	рения с чувстви-тельностью согласно паспорту		
	11.3	3-я точка проверка следующей обмотки статора.	Измерения параметров обмотки и ее диагностика	Датчик "2" канала измерения согласно паспорту	-	-
	11.4	4-я точка повторная проверка обмотки статора и фиксация параметра.	Измерение Сопротивления обмотки.	Датчик "3" канала измерения согласно паспорту	-	-
12		Выполнить диагностирование.	-	-	-	Слесарь по ремонту ПС, 6 р.
	12.1	Привести во вращение диагностируемый КМБ	Включение и выключение контактора осуществлять в диэлектрических перчатках.	Источник питания трансформатор ВДМ-1200 (65В, 1000А).	-	Слесарь по ремонту ПС, 6 р.
	12.2	Выполнить измерения сигналов.	На всех четырех контрольных точках электровозов ВЛ80^{с}, ВЛ80^{т}, ЭП-1. Измерение проводить по сопротивлению обмоток.	-	-	Слесарь по ремонту ПС, 6 р.
	12.3	Последовательно измерить сопротивление во всех контрольных точках электровоза.	В случае недопустимых значений повторить измерение. Если по результатам измерений программой будет рекомендовано заменить обмотку произвести повторное измерение. В	-	-	Слесарь по ремонту ПС, 6 р.

			случае идентичности первого и второго измерений при обнаружении сильного дефекта проверить обмотку традиционным способом.			
13		Корректно завершить работу диагностической программы. Выключить диагностический комплекс. После полной остановки снять магнитную метку, убрать датчики.	-	-	-	Слесарь по ремонту ПС, 6 р.
14		Выключить двигатель.	-	-	-	Слесарь по ремонту ПС, 4 р.
15		Опустить двигатель с помощью пневмо подъемника.	-	-	-	Слесарь по ремонту ПС, 4 р.
16		Разобрать низковольтную схему на данном тяговом двигателе.	Во избежание порчи компьютера вибродиагности-ческого комплекса снятие заземляющего провода от системного блока производить в последнюю очередь.	-	-	Слесарь по ремонту ПС, 4 р.
17		Провести анализ измерений программой обработки результатов диагностики VIBROINF-2.	В случае наличия результатов предыдущих диагностик, проследить динамику развития дефектов. Если в	-	-	Мастер участка диагностики, слесарь по ремонту ПС, 6 р.

			результате измерений программой будет дана рекомендация по замене обмотки следует ее провести. В случае рекомендации «сильный дефект» проверить данный узел традиционным способом			
18		Распечатать протокол испытаний.	Протокол испытаний должен включать: дату проведения диагностики вспомогательного оборудования электровоза; номер/серию электровоза; порядковый номер диагностируемого электродвигателя; рекомендации по дальнейшей вспомогательного оборудования; подписи исполнителей; подпись мастера участка диагностики (за исключением выходных и праздничных дней); подпись приёмщика локомотивов.	ПК. Лазерный принтер HP-2840.	Бумага для принтера	Слесарь по ремонту ПС, 6 р.

Составлено согласно:

1. Рекомендации к проведению измерений на комплексе диагностики.
2. Руководство по техническому обслуживанию и текущему ремонту электровозов переменного тока.

VII. ОХРАНА ТРУДА

7.1. Опасные и вредные факторы, действующие на работников депо, занятых на техническом обслуживании и ремонте локомотивов

При работе оборудования и подвижного состава опасными и вредными производственными факторами могут быть движущиеся машины и механизмы; незащищенные подвижные узлы, элементы и выступающие части подвижного состава и производственного оборудования; передвигающиеся изделия, заготовки и материалы; повышенный уровень шума и вибрации на рабочих местах; повышенная или пониженная температура поверхности оборудования и материалов; повышенные уровни статического электричества и напряжения в электрической цепи.

К наиболее вредным для человека производственным факторам при ремонте локомотивов относятся вероятность травмирования движущимися частями оборудования и локомотивов. Технологический процесс предусматривает проход людей к месту работ по железнодорожным путям. Учитывая то, что при управлении локомотивами видимость ограничена, существует опасность попадания рабочих под движущийся транспорт. Кроме того, в самом помещении депо всегда есть вероятность травмирования от движущихся машин и механизмов (межцеховой электротранспорт, подъёмные механизмы, специальное оборудование). Особую опасность представляет нахождение возле смотровой канавы во время постановки или выкатки электровоза. Для снижения действия этих факторов используют ограждения движущихся частей оборудования; нанесение предупреждающей разметки; при проходе по железнодорожным путям надевается сигнальный жилет.

При воздействии шума и вибрации на организм человека приводит к утомлению, снижению внимания и времени реакции рабочего к ухудшению

психофизиологических качеств, которые необходимы для обеспечения четкой безаварийной работы. Источниками шума и вибрации являются, например, пневматические гайковёрты, электроприводы технологического оборудования. Для защиты от шума администрация должна обеспечить рабочих противошумными наушниками.

При ремонте электровозов на смотровых канавах слесари подвержены воздействию сквозняков из-за регулярного открывания ворот. В зимнее время рабочим выдаётся тёплая спецодежда и валенки. На воротах устанавливается тепловая завеса.

Для электромехаников существует вероятность поражения электротоком при работе с электроустановками в порядке текущей эксплуатации без снятия напряжения. Для защиты от поражения электротоком применяется инструмент с изолированными ручками, диэлектрические перчатки, резиновые коврики и боты.

7.2 Требования охраны труда при диагностировании вспомогательного оборудования локомотивов

При диагностировании вспомогательного оборудования локомотива к безопасности работающих предъявляются следующие требования.

1) К работе допускаются лица прошедшие обучение на специализированных курсах повышения квалификации или в Центре внедрения новой техники и технологий «Транспорт», сдавшие правила техники безопасности и установленным образом оформленные распоряжением администрации депо.

2) Работники, выполняющие работы по диагностированию, должны знать и соблюдать требования: «Инструкции по охране труда для слесаря по ремонту электровозов и электропоездов в ОАО «РЖД» утв. распоряжением № 2595 от 29.12.2006г., «Правил по охране труда при ТО и ТР ТПС и грузоподъемных кранов на ж.д. ходу. ПОТ РО-32-ЦТ-668-99»,

«Межотраслевых правил по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок. № ПОТ Р М-016-2001. РД 153-34.0-03.150-00».

3.) Ввод (вывод) в цех (из цеха) электровоза осуществляется по команде и под наблюдением мастера. Скорость движения электровоза не должна превышать 3 км/ч. Створки ворот при вводе (выводе) электровоза должны быть надежно закреплены. Запрещается находиться на крыше и подножках электровоза, а также в проеме ворот. При температуре наружного воздуха ниже 8 C^{o}, при вводе (выводе) электровоза включать воздушную тепловую завесу. Перед вводом (выводом) электровоза мастер цеха должен оповестить работников в установленном порядке, работники должны выйти из смотровой канавы, сойти с электровоза. Ввод (вывод) электровоза в цех производить с помощью постороннего источника постоянного тока или маневровым локомотивом (учитывая зону границы контактного провода). На ремонтном стойле электровоз устанавливается с соблюдением технологических проходов и должен быть заторможен ручным тормозом или с помощью тормозных башмаков препятствующих движению в обе стороны.

4) Работы по диагностированию выполнять только на электровозе, находящемся на ремонтном стойле в цехе, после команды мастера (бригадира) о готовности электровоза к проведению работ. Все работы на электровозе выполнять только по команде и под наблюдением мастера смены.

5) К работе допускаются лица, прошедшие инструктаж по технике безопасности и хорошо знающие последовательность выполняемых операций. Персонал, не прошедший проверку знаний правил ТБ и ПТЭ, ПУЭ и инструкции по работе с преобразователем ИПД-30.03 к эксплуатации установки не допускается.

6) Перед началом работы проверить исправность оборудования, инструмента, приспособлений. Работать на неисправном оборудовании и неисправным инструментом запрещается.

7) Работы, выполняемые в смотровой канаве, производить в защитной каске.

8) Во время выполнения работ по диагностированию все работы по осмотру и ремонту оборудования на электровозе должны быть прекращены. Находиться в высоковольтных камерах, трансформаторных помещениях и крыше электровоза запрещается. На входных дверях кузова должны быть вывешены таблички с предупреждающими надписями.

9) При подключении источника питания непосредственно к вводам тягового электродвигателя (ТЭД) место соединения кабелей и вводов ТЭД необходимо изолировать.

10) Подача и снятие напряжения источника питания должно осуществляться дистанционно электромагнитным приводом или контактором – рубильником с изолированной тягой. Каждый выключатель должен иметь номер.

11) Подачу и снятие напряжения с электровоза от источника питания постоянного тока должны производить мастер или бригадир. Подача напряжения на электровоз от источника питания постоянного тока должна производиться по устному разрешению старшего мастера, мастера или бригадира, которые должны предварительно убедиться в отсутствии опасности для обслуживающего персонала.

12) На опорные поверхности домкратов должны быть положены деревянные прокладки толщиной 25-30 мм из твёрдых пород дерева, совпадающие по площади с опорами.

13) Заземляющий провод отключить только после отсоединения всех датчиков.

14) Запрещается установка и изменение положения датчиков оборотов при вращающемся механизме.

15) Вращающаяся колёсная пара является источником повышенной опасности. Контакт конечностей, волос или одежды (не застёгнутые манжеты рукавов, тесёмки, оборки и прочее) с вращающейся колёсной парой может

привести к тяжёлой травме, поэтому при установке вибропреобразователя необходимо соблюдать меры предосторожности: не допускать контакта конечностей, одежды, проводов прибора с вращающейся колёсной парой.

16) Любые работы по осмотру, техническому обслуживанию и ремонту комплекса должны выполняться только после отключения его от электросети.

17) Комплекс предназначен для диагностирования подшипников агрегатов с вращающимися роторами, поэтому при его применении должны строго соблюдаться указания инструкции по обеспечению безопасности эксплуатации и ремонта диагностируемых агрегатов.

7.3 Требования безопасности в аварийных ситуациях

При возникновении аварийной ситуации работник обязан немедленно отключить установку, сообщить о случившемся мастеру и далее выполнять его указания по предупреждению несчастных случаев или устранению возникшей аварийной ситуации.

При возникновении пожара сообщить в пожарную охрану, мастеру и приступить к тушению пожара средствами пожаротушения.

При пользовании пенными (углекислотными, порошковыми) огнетушителями необходимо струю пены (порошка, углекислоты) направлять в сторону от людей. При попадании пены на незащищенные участки тела стереть ее платком или другим материалом и смыть водным раствором.

При возгорании электрооборудования следует применять только углекислотные или порошковые огнетушители. При пользовании углекислотным огнетушителем не браться рукой за раструб огнетушителя.

При поражении электрическим током необходимо: освободить пострадавшего от действия электрического тока, освободить от стесняющей его одежды, обеспечить доступ чистого воздуха к пострадавшему, для чего

открыть окно и двери или вынести пострадавшего из помещения и делать искусственное дыхание, вызвать врача.

7.4. Расчёт прочности предохранительной скобы в случае аварийной ситуации

В целях обеспечения безопасных условий работы при проведении вибродиагностики, предусмотрен ряд технических средств защиты работающего персонала.

При вывешивании электровоза, включается насосная установка с помощью кнопок, создаётся давление в магистрали. Затем поднимается электровоз до необходимой высоты, после чего закрепляется предохранительной скобой.

Предохранительная скоба выдерживает нагрузку от оси колесной пары электровоза $Q_1 = 117{,}7$ кН. В случае аварийной ситуации нагрузка может возрасти не более чем в два раза, то есть принять двойную нагрузку $Q_1 = 235{,}4$ кН.

Для обеспечения достаточной прочности скобы, испытывающей сжатие под действием наибольшей нагрузки, необходимо, чтобы возникающие при этом максимальные напряжения не превышали допустимого напряжения, т. е. должно выполняться условие по формуле 7.1:

$$\sigma = \frac{Q}{F_{ск}} < [\sigma], \qquad (7.1)$$

где σ - допускаемое напряжение;

Q - нагрузка, действующая на скобу;

$F_{ск}$ = 0,004 м^2 - площадь поперечного сечения скобы.

Материал скобы сталь 30 ГОСТ 1050-74, предел прочности $\sigma_в = 490$ МПа.

$$\sigma = \frac{235{,}4 \cdot 10^3}{0{,}004} = 58{,}85 \cdot 10^6 \text{ Па} = 58{,}85 \text{ МПа} < [\sigma]. \quad (7.2)$$

Полученное значение напряжения значительно ниже предельного значения для стали 30.

Следовательно, при использовании описанных выше технических средств защиты можно обеспечить безопасные условия работы для персонала. Скоба имеет достаточную прочность.

VIII. РАСЧЁТ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМЫ ВИБРОАКУСТИЧЕСКОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ КМБ ЭЛЕКТРОВОЗОВ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Определение технического состояния узлов агрегатов локомотива путем их разборки является очень трудоемким и, зачастую, экономически не выгодным способом восстановления работоспособности механизма, так как при этом увеличиваются эксплуатационные расходы и непроизводительные затраты труда, кроме того, нарушается взаимная приработка элементов оборудования. Поэтому в практику проведения ремонтных работ широко внедряют различные методы неразрушающего контроля.

Применение устройств виброакустической диагностики узлов механической части локомотивов позволяет выявлять скрытые дефекты на ранней стадии и позволяет избежать возникновения многих неисправностей в процессе эксплуатации, что приводит к снижению числа неплановых ремонтов.

Такое техническое решение позволяет сократить эксплуатационные расходы на проведение неплановых ремонтов механического оборудования электровоза, однако требует дополнительных расходов на приобретение и монтаж устройства диагностирования.

Применение комплекса оперативной диагностики предполагает:

- сократить объем выполняемых работ при постановке локомотива на ремонт и за счет этого снизить затраты на производство текущих ремонтов и технического обслуживания;

- сократить количество ремонтов ТР-2, заменив их ремонтом ТР-1 с увеличенным объемом ремонта, за счет чего сократить затраты на ремонт и содержание локомотивов;

- выявлять дефекты в работе вспомогательного оборудования локомотивов, обусловленные в том числе и некачественным выполнением ремонтов указанных узлов, на ранней стадии их развития в процессе

эксплуатации, за счет чего гарантированно исключить случаи отказов локомотивов в пути следования по этой причине и снизить затраты на выполнение неплановых ремонтов из-за возникновения неисправностей вспомогательного оборудования;

- сократить упущенную прибыль из-за простоев;

- повысить уровень безопасности движения.

В данном дипломном проекте проводится экономическое сравнение двух вариантов организации ремонта на примере электровоза переменного тока ЭП-1:

- с использованием системы технического диагностирования;

- без использования системы технического диагностирования.

Экономический эффект от внедрения новой системы технического диагностирования узлов механической части электровозов ЭП-1 локомотивного депо Вологды ТЧ-11 рассчитан для приписного парка электровозов $М_{пр}$ - 54 ед.

Единовременные затраты на проведение мероприятий по модернизации системы ремонта включают в себя единовременные затраты на приобретение и транспортировку системы диагностирования электровоза, а также затраты на обучение ремонтного персонала.

Они включают в себя:

- стоимость комплекта системы диагностирования с учётом транспортных расходов - $З_{пр}$ - 200 тыс. руб;

- заработную плату инженерно-технического работника (ИТР), занятого обучением ремонтного персонала, который будет работать с системой диагностирования $З_{фот}$ (тыс. руб.), которая определяется по формуле 8.1:

$$З_{фот} = З_{м} \cdot Т , \qquad (8.1)$$

где $З_{м}$ - 20 тыс. руб. - среднемесячная заработная плата ИТР;

Т - 2 мес. - время, затраченное на обучение.

$$З_{фот} = 20 \cdot 2 = 40 \text{ тыс.руб.}$$

- отчисления на социальные нужды $З_{сн}$ (тыс. руб.), которые рассчитываются по формуле 8.2:

$$З_{сн} = З_{фот} \cdot 0,267 , \qquad (8.2)$$

где 0,267 - коэффициент, учитывающий отчисления на социальные нужды.

$$З_{сн}=40 \cdot 0,267=10,68 \text{ тыс. руб.}$$

Общие затраты определяются по формуле 8.3:

$$К = З_{пр} + З_{фот} + З_{сн} , \qquad (8.3)$$

$$К = 200 +40 + 10,68 = 250,68 \text{ тыс. руб.}$$

В результате внедрения новой стендовой системы диагностирования в работе депо достигается снижение эксплуатационных расходов:

- на заработную плату ремонтного рабочего с учётом отчислений на соц. нужды, занятого диагностированием электровоза $Э_г$ (тыс. руб.), рассчитываемое по формуле 8.4:

$$Э_г = (1+0.267) \cdot 12 \cdot З_м \cdot Т/ 167, \qquad (8.4)$$

где $З_м$ - 15 тыс. руб. - среднемесячная заработная плата ремонтного рабочего;

Т - 36 час. - сэкономленное время на поиск повреждений за месяц;

167 час. - месячная норма рабочего времени.

$$Э_г= (1 +0,267) \cdot 12 \cdot 15 \cdot 36 / 167 =49,2 \text{ тыс. руб.}$$

- снижения числа неплановых ремонтов и простоя электровозов $Э_г$ (тыс. руб.) рассчитываемое по формуле 8.5:

$$Э_г = 0,25 \cdot 240 \cdot С_{эл\text{-}час} , \qquad (8.5)$$

где $С_{эл\text{-}час}$ = 1,107 тыс.руб. - стоимость одного часа простоя электровоза;

240 - количество часов простоя электровозов депо в неплановых ремонтах за год до внедрения системы диагностирования;

0,25 - коэффициент, учитывающий снижение неплановых ремонтов после внедрения системы диагностирования.

$$Э_г = 0,25 \cdot 240 \cdot 1,107 = 66,42 \text{ тыс. руб.}$$

Стоимостная оценка годовых результатов экономии, получаемой от внедрения системы технического диагностирования электровозов (тыс. руб.) найдем сложением результатов полученными по формулам 8.4 и 8.5:

$$\Delta Э_г = 49,2 + 66,42 = 115,62 \text{ тыс.руб} \qquad (8.6)$$

Срок окупаемости внедрения СТД (г.), рассчитывается по формуле 8.7 и составит:

$$Т_{ок.} = К / \Delta Э_г , \qquad (8.7)$$

$$Т_{ок} = 250,68/115,62 = 2,16 \text{ года}$$

Результаты проведённых расчётов приведены в табл. 8.1.

Таблица 8.1

Технико-экономические показатели

Показатели	Единицы измерения.	Величина
Единовременные затраты	тыс. руб.	250,68
Экономия затрат на оплату труда	тыс. руб.	49,2
Экономия затрат на проведение неплановых ремонтов электровозов	тыс. руб.	66,42
Снижение расходов за год	тыс. руб.	115,62
Парк локомотивов	ед.	54
Срок окупаемости	год	2,16

Проведённые расчёты показывают экономическую целесообразность предлагаемого внедрения системы диагностирования электровозов ЭП-1.

Проведём расчёт зависимости чисто дисконтированного дохода (ЧДД) от расчётного срока эксплуатации по формуле 8.8:

$$ЧДД = \Sigma Э_{пр} – К, \quad (8.8)$$

где $Э_{пр}$ - приведённый экономический эффект, определяемый по формуле 8.9:

$$Э_{пр} = \Delta Э_{г} \cdot К_{дисконт}, \quad (8.9)$$

$$Э_{пр} = 115,62 \cdot\cdot 1 = 115,62 \text{ тыс. руб.}$$

$$ЧДД = (115,62 + 0) – 250,68 = -135,06 \text{ тыс. руб.}$$

Результаты всех остальных расчётов приведены в табл. 8.2.

Таблица 8.2

Расчёт зависимости чисто дисконтированного дохода от расчётного срока эксплуатации

Годы	Единовременные затраты, тыс. руб.	Снижение эксплуатационных расходов за год, тыс. руб.	Коэффициент дисконтирования	Приведенный экономический эффект, тыс. руб.	ЧДД, тыс. руб.
2015	-250,68	0	-	0	--135,06
2016	0	115,62	1	115,62	-135,06
2017	0	115,62	0,9091	105,110142	-145,569858
2018	0	115,62	0,8264	95,548368	-155,131632
2019	0	115,62	0,7513	86,865306	-163,814694
2020	0	115,62	0,683	78,96846	-171,71154
2021	0	115,62	0,6209	71,788458	-178,891542
2022	0	115,62	0,5645	65,26749	-185,41251
2023	0	115,62	0,5132	59,336184	-191,343816
2024	0	115,62	0,4665	53,93673	-196,74327
2025	0	115,62	0,4241	49,034442	-201,645558
2026	0	115,62	0,3855	44,57151	-206,10849

По данным табл. 8.2 строим график зависимости чисто дисконтированного дохода от расчётного срока эксплуатации (рис. 8.1)

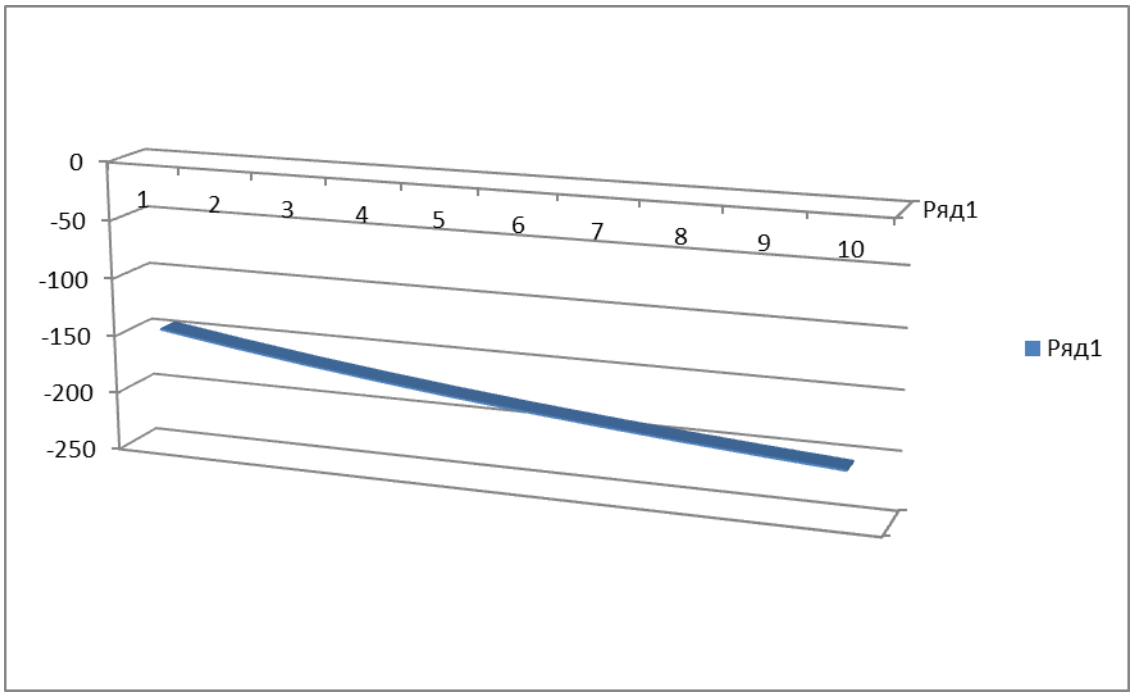

Рис. 8.1. - Расчёт ЧДД графоаналитическим способом.

Вывод: Применение стенда диагностики вспомогательного оборудования в ремонте локомотивов экономически оправдано, так как незначительные затраты на его внедрение, и срок окупаемости составляет 2,16 лет.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результатом дипломной работы стала разработка стенда для проверки технических характеристик вспомогательных машин локомотивов и нахождения повреждений обмоток статора асинхронного двигателя.

Для проведения разработки была проанализирована существующая диагнстическая аппаратура и существующие методы нахождения повреждений обмоток статора.

С помощью экспериментов, проведенных с помощью эмулятора электрических схем Multisim 2010 были проведены эксперименты, которые позволили выявить повреждения обмоток путем анализа характеристик основных параметров двигателя и построения дополнительных рабочих характеристик.

Максимальный момент двигателя называют опрокидывающим моментом. При работе двигателя с величинами момента нагрузки, меньше максимального момента, но близкими к нему, случайная перегрузка двигателя приводит к его остановке и к как правилу к выходу его из строя.

По этой причине практически выбирают двигатель такой мощности, при которой выполняется неравенство: $\frac{M_{\max}}{M_{í}} \geq 1,7$, при этом обеспечивается мощность двигателя с запасом по мощности не менее 70%. При проведенных расчётах мы видим, что мощность двигателя, заданного в условии задачи соответствует этим условиям: $\frac{Ì_{\max}}{M_{í}} = \frac{752,56}{303,28} = 2,48.$ Таким образом, выполняется главное условие выбора асинхронного двигателя, так как запас по мощности данного двигателя более чем 100%. Погрешность расчета для вех параметров не превышает 5%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бервинов, В. И. Техническое диагностирование локомотивов : учеб. пособие / В. И. Бервинов. – М. : УМК МПС России, 1998. – 190 с.

2. Бервинов, В. И. Элетроника, микроэлектроника, автоматика на железнодорожном транспорте : учебник для техникумов / В. И. Бервинов. – М. : Транспорт, 1987. – 223 с.

3. ГОСТ 16504-81. Испытания и контроль качества продукции. Основ-ные термины и определения. – [Взамен ГОСТ 16-504-74] ; введ. 01.01.82 Постановлением Гос. комитета СССР по стандартам от 8 дек. 1981 г. № 5297. – М. : Изд-во стандартов, 1982 ; 2003. – 12 с.

4. ГОСТ 18353-79. Контроль неразрушающий. Классификация видов и методов. – [Взамен ГОСТ 18353-73] ; введ. 01.07.80 Постановлением Гос. комитета СССР по стандартам от 11 нояб. 1879 г. № 4245. – М. : Изд-во стандартов, 1982 ; 2003. – 17 с.

5. Голинкевич, Т. А. Прикладная теория надёжности / Т. А. Голинкевич. – М. : Высш. шк., 1985. – 157 с.

6. Дмитренко, И. Е. Техническая диагностика и автоконтроль систем железнодорожной автоматики и телемеханики / И. Е. Дмитренко. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Транспорт, 1986. – 144 с.

7. Основы технической диагностики : в 2 кн. Кн. 1. Модели объектов, методы и алгоритмы диагноза / под ред. П. П. Пархоменко. – М. : Энергия, 1976.

8. Совершенствование методов и средств контроля технического со-стояния и технического обслуживания электрического подвижного состава : межвуз. сб. науч. тр. / под ред. Н. А. Ротанова. – М.,1985. – Вып. 28.

9. Криворудченко, В. Ф. Современные методы технической диагностики и неразрушающего контроля деталей и узлов подвижного состава железнодорожного транспорта : учеб. пособие для студентов вузов ж.-д.

транспорта / В. Ф. Криворудченко, Р. А. Ахмеджанов ; под ред. В. Ф. Криворудченко. – М. : Маршрут, 2005. – 433 с. : ил.
10. Визуальный и измерительный контроль / В. В. Клюев [и др.]. – М. : РОНКТД, 1998.
11. Неразрушающий контроль и диагностика : справочник / В. В. Клю-ев [и др.] ; под ред. В. В. Клюева. – М. : Машиностроение, 1995. – 488 с.
12. Ильин, В. А. Ультразвуковой метод неразрушающего контроля деталей и узлов подвижного состава железных дорог : учеб. пособие / В. А. Ильин, Л. А. Карпов, Л. Н. Косарев. – М., 1998. – 26 с.
13. Экспертно-информационные системы тепловой диагностики транспорта / В. М. Алексенко [и др.]. – Ростов н/Д : Изд-во Северо-Кавказского научного центра высш. шк., 1999. – 240 с.
14. Трестман, Е. Е. Автоматизация контроля буксовых узлов в поез-дах / Е. Е. Трестман, С. Н. Лозинский, В. Л. Образцов. – М. : Транспорт, 1983. – 352 с.