

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения
(наименование института полностью)

Кафедра «Промышленная электроника»
(наименование)

11.04.04 Электроника и наноэлектроника
(код и наименование направления подготовки)

Электронные приборы и устройства
(направленность (профиль))

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)

на тему Разработка стенда диагностики электрических машин

Обучающийся

Р.Р.Адликов

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Научный
руководитель

к.т.н., Е. С. Глибин

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2024

Содержание

Введение.....	3
1 Обзор ремонтных подразделений АО «АВТОВАЗ»	5
2 Обзор стенда (шпиндельных узлов и их характеристик).....	11
2.1 Описание стенда.....	11
2.2 Порядок проведения испытаний шпинделя	14
2.3 Описание контролируемых параметров	15
2.4 Проведение испытаний.....	18
3 Номенклатура ремонтируемых и обслуживаемых электродвигателей централизованным ремонтом.....	21
4 Описание электродвигателей серия FT и FK «Siemens»	25
5 Приемочный контроль	54
6 Проведение механических и электрических испытаний электродвигателей Siemens 1FT5, асинхронного двигателя UMD-90L	59
6.1 Установка двигателя и датчиков	59
6.2 Подготовка тестирования двигателя.....	62
6.3 Тестирование	64
6.4 Контролируемые параметры электродвигателей	65
6.5 Электрические и принципиальные схемы стенда	68
6.6 Установка привода Simodrive	72
6.7 Организация рабочего пространства	73
Заключение	74
Список используемой литературы	75

Введение

В технологических оборудовании машиностроительных производств, основными силовыми узлами являются электрические машины постоянного и переменного тока. Которые преобразуют электричество в механическую энергию, в следствии чего происходит движение механизмов разнообразных конвейерных и автоматизированных линий. Также широкое распространение электрических машин снискало применение в станочном парке и многом другом. Одним из определяющих факторов бесперебойной работы, конвейерных и автоматизированных линий машиностроительной отрасли, является проведение своевременного и качественного обслуживания и ремонта технологического оборудования и их составляющих.

В машиностроительных отраслях создаются централизованные ремонтные цеха отделы и управления.

Основной целью и задачей которых является:

- организация планирования порядок и методы ремонтных работ
- выполнение общего положения централизованного ремонта
- проведение и контроль выполнения комплексов и мероприятий до приемки узлов в ремонт, и сопровождение их после передачи заказчику.

Актуальностью разработки стенда диагностики электрических машин на базе стенда СТШ500 (стенд тестирования шпинделей), является проведение комплекса испытаний эл.машин постоянного и переменного тока. Данная модернизация стенда позволит при приемке определить предстоящий характер ремонта (пред ремонтное испытание), объем предстоящей работы. За счет нашей разработки и модернизации существующего стенда, повысится эффективность, снизятся эксплуатационные затраты. Испытание электрических машин будет проводиться через сенсорный монитор существующего стенда. Привод будет управляться по алгоритму, который будет составлен индивидуально для каждой группы поступивших на ремонт электрических машин. Результаты предварительных испытаний, будут

выводиться на монитор стенда, с возможностью формирования протокола испытания и распечатывания на принтере. Все протоколы можно будет сохранить в общей базе в сети сайта УГМ, а также экспортировать на внешнем носителе [2, 19, 20, 23, 24].

Задачи исследования:

- расширение базовых возможностей стенда СТШ500, для испытания электрических машин переменного и постоянного тока, с фазным ротором и короткозамкнутым ротором.

- создать единую методику для проверки технического состояния испытуемых машин.

Практическая значимость.

Стенд с расширенными базовыми возможностями (модернизированный), будет позволять оценивать общее техническое состояние при ремонте, пополнение оборотного фонда складов ОЭТС. Модернизированный стенд, сократит время тестирования за счет жёстких алгоритмов, которые будут задаваться оператором.

Основные положения, включаемые на защиту.

Новизна магистерской диссертации

1. Новизна работы заключается в разработке стенда, для испытаний и тестирования электрических машин, до приемки узлов и после выполнения идентифицированных неисправностей, а также разработки программ и алгоритмов испытаний, схем соединений электрических машин со стендом СТШ500.

1 Обзор ремонтных подразделений АО «АВТОВАЗ»

Основные сведения о существующей единой системы планово-предупредительного ремонта технического обслуживания и рациональной эксплуатации технологического оборудования.

Единая система технического обслуживания оборудования, подразумевает под собой, совокупность взаимосвязанных условий по заказу оборудования его технического обслуживания и закупки запасных частей материалов, для оснащения ремонта и подготовки профессиональных кадров. Данная система направлена на действия для не прерывного улучшения результатов. В данном мероприятии обязательна участие всех участников процесса, для поддержания оборудования в исправном (работоспособном) состоянии. На АО «АВТОВАЗ» действует единый централизованный порядок по техническому обслуживанию и ремонту технологического оборудования производств, позволяющий на базе проведенного анализа состояния узлов и агрегатов, определять сроки и виды ремонтов и модернизации, с целью уменьшения производственных затрат.

На АО «АВТОВАЗ» существует двухуровневое функциональное управление обслуживания и ремонта технологического оборудования:

На первом уровне функциональное управление осуществляет ОАиПРО, ОЭ подразделений, УТОЭС (ОЭТС, КТО РКРПЛ, цех КРШиА) и другие подразделения в соответствии с матрицей функциональной ответственности); 2. на втором уровне - ДОРТО (УГМ, УОЭТС).

Порядок регулирования отношений между подразделениями при техническом обслуживании и ремонте технологического оборудования определен положением по обеспечению ремонта обслуживания, на производственных площадках действующих производств и управлений на АО «АВТОВАЗ» от 21.09.1993г.

Единая система технического обслуживания и ремонта технологического оборудования состоит из трех уровней.

1-й уровень заключается в поиске неисправного узла, на оборудовании производств, и передачи его в ремонтное подразделение с последующей сдачей его заказчику для режимной настройки непосредственно на технологическом оборудовании подразделения.

2-й уровень заключается в ремонте неисправного модуля (узла, блока) технологического оборудования в централизованных ремонтных подразделениях.

3-й уровень заключается в обслуживании и ремонте технологического оборудования сторонними специализированными организациями по договорам в соответствии с требованиями, существующими на производстве.

Организация и выполнение ремонтов и технического обслуживания технологического оборудования осуществляется специализированными или комплексными ремонтными (централизованными) подразделениями АО «АВТОВАЗ», инженерная подготовка ремонтных работ ведется специалистами ОАиПРО (ОЭ, ОЭТС и другие подразделения в соответствии с матрицей функциональной ответственности).

Утвержденная единая система ремонт обслуживания на АО «АВТОВАЗ» обеспечивает:

- Разграничение обязанностей и ответственности по техническому обслуживанию и ремонту оборудования между производственным и ремонтным персоналом, между подразделениями производства и централизованными ремонтными подразделениями АО «АВТОВАЗ».

- Привлечение сторонних специализированных организаций для выполнения отдельных видов ремонтных и монтажных работ, экспертизы технического состояния оборудования.

- Обязательный учет всех ремонтных и предупредительных работ на оборудовании, причин отказов оборудования, времени простоя оборудования по каждому виду ремонтных работ, трудоемкости ремонта и обслуживания.

- Учет технологического оборудования и его движение.

- Поставка и учет запасных частей для ремонта оборудования, анализ их расхода и формирование заказа на закупку и изготовление в подразделениях АО «АВТОВАЗ».

- Выполнение показателей ремонтной службы согласно карте процесса.

Для организации технического обслуживания и ремонта оборудования в АО «АВТОВАЗ» разработана и применяется ИС «Ремонт», которая позволяет оптимизировать экономическую деятельность ремонтных подразделений АО «АВТОВАЗ».

Организация технического обслуживания и ремонта оборудования

Виды технического обслуживания и ремонтных работ

В АО «АВТОВАЗ» приняты следующие виды предупредительного технического обслуживания оборудования:

- автономное обслуживание;

Это совокупность комплекса планово-предупредительных работ по чистке, смазке, мониторингу, проводимых производственным персоналом по предупреждению преждевременного износа, а также поддержание геометрической точности параметров оборудования за счет средств основных производств согласно установленных сроков в нормативной технической документации в процессе эксплуатации. Работы по автономному обслуживанию выполняются производственным персоналом на основании плана автономного обслуживания.

- планово-предупредительное обслуживание (ППО).

ППО-данные работы выполняются согласно нарядов специализированными ремонтными бригадами. В данный комплекс мероприятий входит: (смазка узлов подверженных наибольшему износу, чистка узлов, техническая инспекция, ремонт в рамках ППО), проводимых на технологическом оборудовании с периодичностью и в объёмах, установленных в нормативной и технической документации и направленных на предупреждение преждевременного износа технологического оборудования, поддержания его геометрической точности и исправности,

технической и экологической безопасности в процессе эксплуатации. Выполняется в соответствии со стандартами производства.

Решение о необходимости планово-предупредительного обслуживания или автономного обслуживания оборудования принимают специалисты технических подразделений АО «АВТОВАЗ» в соответствии с матрицей функциональной ответственности подразделения и существующими стандартами производства, и инструкциями. В АО «АВТОВАЗ» приняты следующие виды ремонтов:

- оперативный ремонт (ОР). Организация оперативного ремонта осуществляется в соответствии со стандартом организации (СТП 37.101 9683) и включает виды ремонта, предусмотренные для оперативного приведения в рабочее состояние оборудования:

- экстренный (ЭР). Данный вид ремонта включает в себя не за медлительное(экстренное) принятие мер, по восстановлению работоспособности оборудования, которая произошла в процессе эксплуатации из-за нарушений в работе различных систем оборудования.

- текущий ремонт (ТР): Данный вид ремонта включает в себя проведение отдельных ремонтных работ, в замене отдельных узлов и агрегатов, при замене которых оборудование может работать не значительное время, без нарушения технологического процесса и полной остановки оборудования. Которая не отразится на план выпуска продукции.

- межремонтное обслуживание (МО). Данный вид ремонта включает в себя, работы по уходу за оборудованием с устранением мелких неисправностей, выполняемых дежурным ремонтным персоналом в режимное время.

- воскресный и праздничный ремонт. К данному виду ремонта относится, ремонт не оборотного и бездублирного оборудования, которая на прямую зависит на план выпуска продукции (производственной программы). К данному виду ремонта идет заблаговременная подготовка, проводится полный анализ оборудования учитываются все риски ремонтных работ,

ведется длительная техническая подготовка, изготовление изношенных частей и узлов оборудования. Для выполнения данного вида ремонта используются воскресные и праздничные дни (в период длительных простоев производств) с длительной (8 месяцев)

- капитальный и средний ремонт. Данный вид ремонта, выполняется для восстановления исправности полного или близкого к полному восстановлению ресурса оборудования с заменой или восстановлением любых его частей, включая базовые.

- средний ремонт-ремонт. Данный вид ремонта, выполняется для восстановления исправности и частичного восстановления ресурса оборудования с заменой или восстановлением составных частей ограниченной номенклатуры и контролем технического состояния составных частей, выполняемом в объеме, установленном в нормативно технической документации.

- централизованный ремонт (ЦР). Ремонт определённой номенклатуры оборудования, узлов и комплектующих выполняемый одним из подразделений производства (АО «АВТОВАЗ») для всех других подразделений производства (АО «АВТОВАЗ»).

Организация централизованного ремонта выполняется ремонтным персоналом 2-уровня в соответствии со стандартами производства и правилами внутреннего трудового распорядка.

Для предотвращения травматизма персонала, возникновения пожароопасных ситуаций и нанесения экологического ущерба при выполнении технического обслуживания и ремонтов, оборудования руководствуемся существующей нормативной базой в виде:

- положением об обязанностях и ответственности должностных лиц, прописанных в должностных инструкциях АО АВТОВАЗ»
- инструкциями по ОТ для отдельных профессий и объектов.
- требованиям СТП 37.101.9811.

-требованиям СТП 37.1019660, И 37.101.5652 по безопасному проведению пожароопасных работ на объектах АО «АВТОВАЗ».

Экономические показатели ремонтных подразделений

Бюджет ремонтных подразделений осуществляется на основе планирования и экономических показателей, мониторинг и контроль осуществляет ДОРТО (УГМ). Экономические показатели планируются на год с разбивкой по кварталам и месяцам, согласовываются с ОАиПРО (ОЭ, ОЭТС и другими подразделениями в соответствии с матрицей функциональной ответственности) подразделения производств и утверждаются экономическими подразделениями, курирующими данное подразделение АО «АВТОВАЗ».

Вывод по разделу.

К ключевым показателям ремонтных служб относится:

- Создание сметы на содержание и ремонт оборудования;
- Изготовление запасных частей для объема ремонтных работ.
- Объемы закупки запасных частей, материалов, привлечения услуг сторонних организаций определяются годовыми бюджетами.

-. Норматив оборотных средств на запасные части к технологическому оборудованию определяет оптимальное наличие запасных частей для обеспечения бесперебойной работы оборудования.

- Норматив оборотных средств определяется функциональными особенностями подразделений и рассчитывается исходя из потребности производства в запасных частях и утвержденной нормы складского запаса.

- Экономические показатели ремонтных подразделений, а также порядок составления, формы и сроки предоставления отчетных данных определены в СТП 37.101.0866.

2 Обзор станда (шпиндельных узлов и их характеристик)

2.1 Описание станда

Основной испытательный стенд СТШ500, для диагностики, балансировки, шпиндельных узлов в сборе (рисунки 1-5).

Возможности:

- испытания мотор шпинделей на холостом ходу без нагрузки, в пределах от 3000 оборотов в минуту до 120000 оборотов в минуту.
- пирометральный замер подшипниковых опор.
- выявление и устранение дисбаланса по ГОСТ22061-76(G0.4 ISO21940)
- измерение вибрации на шпиндельном узле
- идентификация дефекта подшипников
- обкатка мотор шпинделя в автоматическом режиме при помощи измерительного комплекса САПФИР-3
- система релейной защиты при превышении значений температуры вибрации и скорости.



Рисунок 1 – Стенд испытательный



Рисунок 2 – Шкаф силовой



Рисунок 3 – Комплекс Сапфир



Рисунок 4 – Система электропитания и управления приводом

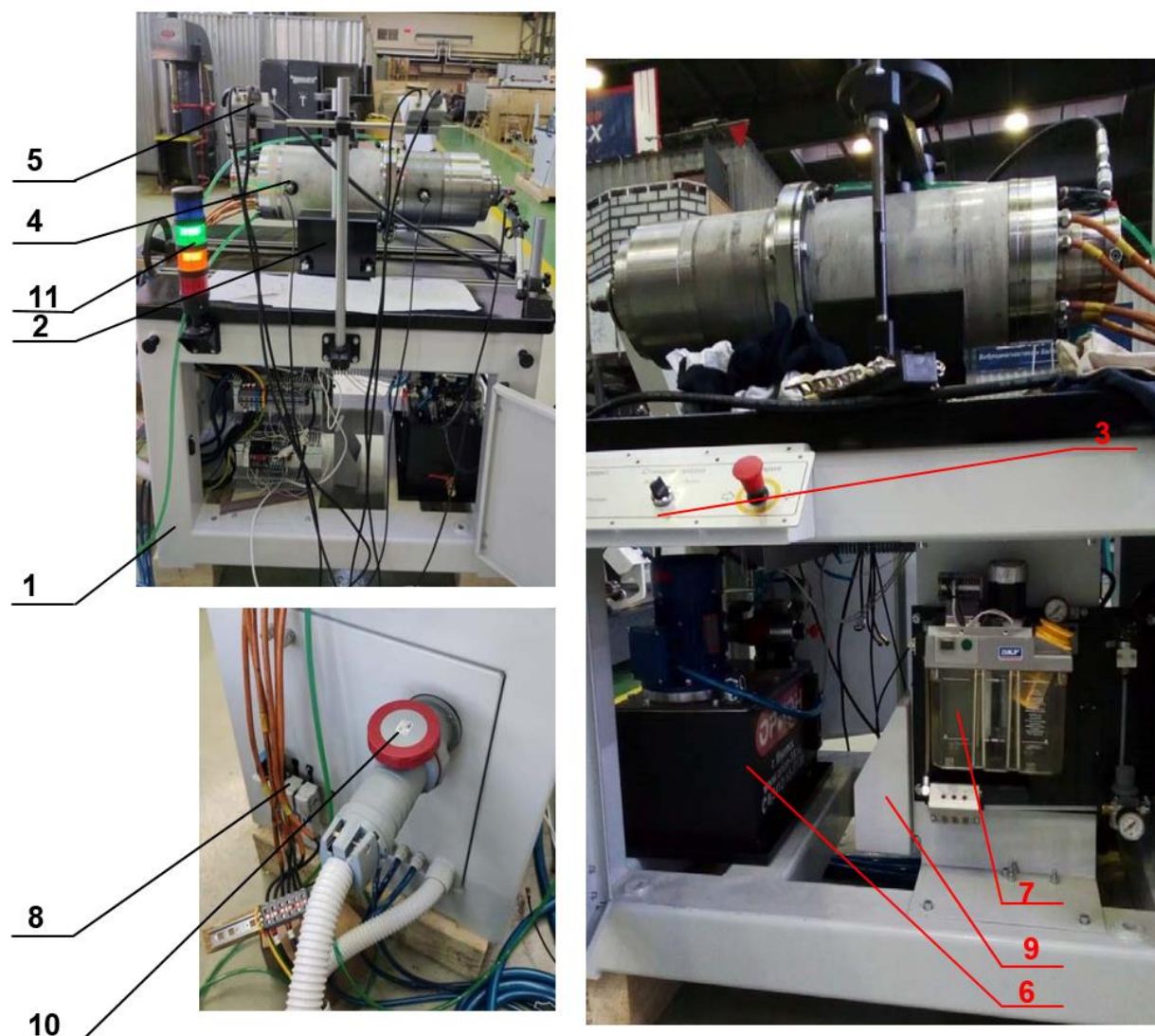


Рисунок 5 - Устройство станда

На рисунке 5 обозначены позиции: 1. Основание станда; 2. Призма опорная станда с механизмом фиксации шпиндельного узла; 3. Пульта включения механизма зажима и станции смазки; 4. Место установки датчиков вибрации; 5. Место установки пирометров; 6. Масло станция для обеспечения зажима инструмента; 7. Станция подготовки масляного тумана для смазки шпиндельных подшипников; 8. Система подготовки сжатого воздуха; 9. Емкость для сбора рабочих сред при утечке; 10. Разъем для подключения питания электроприводов; 11. Сигнальная лампа.

2.2 Порядок проведения испытаний шпинделя

MS KESSLER DMS 080.34.4.FOS

Установка шпинделя на стенд и его подключение следует выполнять на выключенном стенде. Шпиндель должен быть надежно зафиксирован в монтажной призме. Для шпинделя MS KESSLER DMS 180.34.4.FOS выполнить следующие подключения:

- силовые линии питания;
- гидравлические линии «Зажать» и «Разжать». (Линии «Зажать» и «Разжать» не должны меняться местами, ни при каких обстоятельствах);
- линии «Вход ОЖ» и «Выход ОЖ». (Нельзя изменять направление протока охлаждающей жидкости, это может привести к перегреву шпинделя);
- 3 линии подачи воздушно-масляной смеси;
- разъем энкодера и контрольных датчиков;
- разъем датчиков зажима инструмента.

Дополнительно необходимо установить датчики вибрации (контроль вибрации опорных конструкций шпинделя), датчики температуры опор (пирометры) и лазерный отметчик оборотов.

Датчики вибрации устанавливаются на магнитном креплении, на корпусе шпинделя максимально близко к подшипникам опор. Магнитные крепления должны быть установлены плотно, не допускается перемещений при покачивании датчика.

Датчики температуры опор измеряют температуру корпуса шпинделя максимально близко к подшипникам опор. Для корректного измерения датчики необходимо располагать на расстоянии 20-30 мм от поверхности измерения. Датчики крепятся на магнитных стойках. Поскольку пирометры могут некорректно работать на полированных металлических поверхностях, необходимо изменить отражающую способность поверхности в месте измерения. Для этого можно наклеить на место измерения метку (например:

небольшую полосу малярной клейкой ленты) или закрасить место измерения однородным цветом (например: маркером).

Для установки лазерного отметчика на открытой, вращающейся части устанавливается метка (небольшая полоска специализированного отражающего материала). Отметчик оборотов устанавливается на магнитной стойке на расстоянии до 50 см. Луч отметчика направляется на метку. При попадании луча отметки на метку на отметчике должен загораться светодиод.

2.3 Описание контролируемых параметров

При проведении испытаний шпинделя MS KESSLER DMS 180.34.4.FOS контролируются следующие параметры:

- температура обмоток шпинделя;
- зажатие инструмента;
- давление в линии «Зажать»;
- температура охлаждающей жидкости;
- проток охлаждающей жидкости;
- вибрация опор;
- температура опор;
- обороты шпинделя;
- давление воздуха для системы смазки;
- наличие давления масла в системе смазки;
- уровень масла;
- целостность линий подачи воздушно-масленной смеси.

Проверка показаний энкодера выполняется в процессе подготовки шпинделя к испытаниям.

Контроль температуры обмоток шпинделя.

Для контроля температуры используются два встроенных датчика температуры обмоток. Датчики дублируют друг друга. С учетом

погрешности измерения показания датчиков могут различаться на несколько градусов, данное различие не является неисправностью. В случае если один из датчиков неисправен или не подключен, выдается информационное сообщение. Если неисправны или не подключены оба датчика, то выдается предупредительное сообщение. Запуск шпинделя или продолжение испытаний в таком случае возможно, но контроль температуры обмоток не выполняется.

При достижении температуры 70°C выдается предупредительное сообщение, текущие испытания не прерываются, запуск шпинделя не блокируется.

При достижении температуры 80°C выдается аварийное сообщение, текущие испытания автоматически прерываются, запуск шпинделя блокируется.

Контроль зажатия инструмента.

Для контроля зажатия инструмента используется встроенный датчик. Датчик позволяет контролировать 3 положения:

- Зажат;
- Разжат;
- Зажат без инструмента.

В положении «Зажат» формируется информационное сообщение и разрешается запуск и вращение шпинделя.

В положениях «Разжат» и «Зажат без инструмента» формируется аварийное сообщение и блокируется запуск и вращение шпинделя.

Контроль давления в линии «Зажим».

Контроль давления в линии «Зажим» осуществляется с помощью датчика, установленного на гидростанции. Дополнительно показания датчика выводятся на цифровой индикатор, установленный внутри корпуса стенда. Для пуска шпинделя необходимо, чтобы давление было не менее

80бар. В процессе выполнения испытаний давление непрерывно контролируется. При падении давления ниже 80бар или повышении свыше 130 бар. формируется аварийное сообщение, текущие испытания автоматически прерываются, запуск шпинделя блокируется.

Контроль температуры охлаждающей жидкости.

Контроль температуры охлаждающей жидкости осуществляется датчиком, расположенным на линии «Выход ОЖ». Поскольку температура охлаждающей жидкости должна быть в пределах 20-30°C, рабочий диапазон чиллера настроен в пределах 22-25°C.

При достижении температуры охлаждающей жидкости 28°C выдается предупредительное сообщение, текущие испытания не прерываются, запуск шпинделя не блокируется. При достижении температуры охлаждающей жидкости 30°C выдается аварийное сообщение, текущие испытания автоматически прерываются, запуск шпинделя блокируется.

Контроль протока охлаждающей жидкости.

Контроль протока охлаждающей жидкости осуществляется датчиком, расположенным на линии «Выход ОЖ». При отсутствии протока охлаждающей жидкости выдается аварийное сообщение, текущие испытания автоматически прерываются, запуск шпинделя блокируется.

Контроль вибрации опор.

Вибрация опор контролируется датчиками, устанавливаемыми на магнитах на корпусе шпинделя. При достижении уровня вибрации 1,8мм/с выдается предупредительное сообщение, текущие испытания не прерываются, запуск шпинделя не блокируется. При достижении уровня вибрации 3,5мм/с выдается аварийное сообщение, текущие испытания автоматически прерываются, запуск шпинделя блокируется.

Контроль температуры опор.

Температура опор контролируется бесконтактными датчиками (пирометрами). При достижении температуры 40°C выдается предупредительное сообщение, текущие испытания не прерываются, запуск шпинделя не блокируется. При достижении температуры 45°C выдается аварийное сообщение, текущие испытания автоматически прерываются, запуск шпинделя блокируется.

Контроль оборотов шпинделя

Обороты шпинделя контролируются при помощи лазерного датчика оборотов. Датчик позволяет контролировать обороты и фазовую метку.

Контроль работоспособности системы смазки

Для контроля работоспособности системы смазки используются следующие датчики:

- давление воздуха для системы смазки;
- наличие давления масла в системе смазки;
- уровень масла;

При регистрации сигнала с любого из этих датчиков формируется аварийное сообщение, текущие испытания автоматически прерываются, запуск шпинделя блокируется. Для контроля целостности линии применяются специализированные датчики протока воздушно-масленной смеси по каждой линии. При регистрации сигнала с любого из этих датчиков формируется аварийное сообщение, текущие испытания автоматически прерываются, запуск шпинделя блокируется.

2.4 Проведение испытаний

После установки и подключения шпинделя выполняется включение станда.

После включения станда датчики контролируются в автоматическом режиме. Если показания датчиков выходят за установленные пределы формируются соответствующие сообщения. При наличии аварийных сообщений пуск шпинделя блокируется. В этом случае необходимо выполнить действия, направленные на приведения аварийных параметров в норму.

В данном шпинделе используется система воздушно-масленной смазки. После включения системы смазки необходимо выждать не менее 10 мин. до пуска шпинделя. Данное время нужно для заполнения линий подачи воздушно-масленной смеси и подготовке системы смазки к работе.

Проверка энкодера

Проверка работоспособности энкодера выполняется после установки и подключения шпинделя. Для проверки нужно войти в ручной режим работы станда и нажать на экране на кнопку «Проверка датчика угла». На экране отобразится диалоговое окно, в котором будет предложено выполнить вращение шпинделя. Нужно вручную вращать шпиндель несколько оборотов сначала в одну, потом в другую сторону. Вращение выполнять без рывков с небольшой скоростью. В процессе вращения станд автоматически проверит получение с энкодера сигналов о вращении и прохождении нулевой метки и отобразит результат в диалоговом окне.

Выполнение обкатки.

При отсутствии аварийных и предупредительных сообщений загорается зеленый сигнал, сигнализирующий о готовности шпинделя к пуску.

Для проведения испытаний выбирается режим работы станда:

- Ручной режим;
- Режим автоматической обкатки.

В ручном режиме оператор может самостоятельно определять частоту и длительность вращения шпинделя, в режиме автоматической обкатки последовательность выполнения испытаний определяется заданной циклограммой.

Циклограмма автоматической обкатки.

Для шпинделя MS KESSLER DMS 180.34.4.FOS предусмотрена следующая циклограмма автоматической обкатки:

- 6000 оборотов в минуту с продолжительностью обкатки - 10мин
- 9000 оборотов в минуту с продолжительностью обкатки - 10мин
- 12000 оборотов в минуту с продолжительностью обкатки - 10мин
- 15000 оборотов в минуту с продолжительностью обкатки - 10мин
- 18000 оборотов в минуту с продолжительностью обкатки - 10мин
- 21000 оборотов в минуту с продолжительностью обкатки - 10мин
- 24000 оборотов в минуту с продолжительностью обкатки - 20мин
- 21000 оборотов в минуту с продолжительностью обкатки - 280мин

Выводы по разделу.

В данном разделе проведен обзор стенда. Приведены:

- Описание стенда;
- Порядок проведения испытаний;
- Описание контролируемых параметров.

3 Номенклатура ремонтируемых и обслуживаемых электродвигателей централизованным ремонтом

Могут ремонтироваться двигатели:

- электродвигатели синхронные и асинхронные
- электродвигатели постоянного и переменного тока
- электродвигатели шаговые
- электродвигатели трехфазные, и однофазные
- серия электродвигателей FT и FK

Производителями данных двигателей являются как многие Российские производители, как INNOVARI город Уфа, они специализируются на трехфазных асинхронных взрывозащищенных двигателях, НП ЗАО «Электромаш» производят более 700 моделей разных габаритов и исполнений, Сибирский электротехнический завод, изготавливают двигатели по индивидуальным требованиям.и.т.д., так и многие европейские фирмы, такие как « Cross-Huller Kessle» «Siemens» «SEW Eurodrive» «Bosch» «FANUC» «Mitsubishi» и.т.д [3, 4, 5, 13, 14, 25, 26, 27,31].

На рисунке 6 представлена серия асинхронных двигателей



Рисунок 6 - Серия асинхронных двигателей.

На рисунке 7 представлена серия двигателей постоянного и переменного тока



Рисунок 7 - Серия двигателей постоянного и переменного тока.

На рисунке 8 представлены шаговые двигатели.



Рисунок 8 – Шаговые двигатели

На рисунке 9 представлены серия FT и FK



Рисунок 9 – серия FT и FK

Конструкция асинхронного двигателя приведена на рисунке 10.

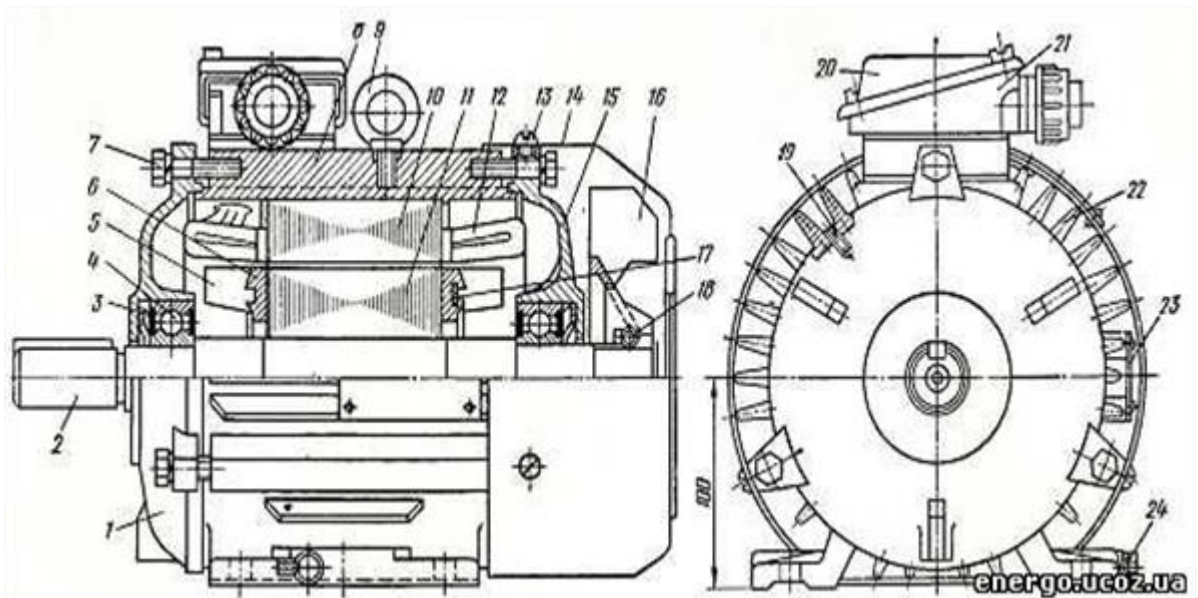


Рисунок 10 - Конструкция асинхронного двигателя

На рисунке 10 использованы обозначены позиции: Поз. 1 Крышка передняя; Поз. 2 Вал ротора; Поз. 3 Кольцо; Поз. 4 Подшипник; Поз. 5 Лопатка ротора; Поз. 6 Обмотка ротора; Поз. 7 Болт; Поз. 8 Корпус; Поз. 9 Рым-болт; Поз.10 Статор; Поз.11 Ротор; Поз.12 Обмотка статора; Поз.13. Винт; Поз.14 Кожух вентилятора; Поз.15 Крышка задняя; Поз.16 Вентилятор; Поз.17 Груз балансировки; Поз.18 Шпонка вентилятора; Поз.19 Канал смазки подшипников; Поз.20 Крышка борно; Поз.21 Корпус борно; Поз.22 Ребра охлаждения; Поз.23 Заводская табличка; Поз.24 Заземление двигателя.

Выводы по разделу.

Электродвигатели серии FT и FK изготавливаются в различных исполнениях, эти различия связаны с функциональным использованием на различных оборудованях механосборочных производств, также они отличаются и вариантах исполнения охлаждения и различными датчиками положения (энкодерами).

4 Описание электродвигателей серия FT и FK «Simens»

Двигатель представляет собой электрическую машину состоящая из трех фазного статора и ротора с числом пар полюсов от 3 до 4, поверхность ротора которого состоит из наборных постоянных магнитов (рисунок 11) На задней части двигателя находится датчик положения ротора (BQ) и на выступающей части вала установлен тахогенератор (BR), а в некоторых исполнениях в зависимости от функциональности устанавливается катушка с электромагнитным тормозом. Класс защиты данных двигателей IP65, данный класс двигателей способен работать в агрессивных средах где присутствуют пары технологических жидкостей, грязь эмульсия. В данных двигателях установлены радиально упорные подшипники, в которых заложена смазка, рассчитанная на весь жизненный цикл двигателя [11, 12, 28, 29, 30].

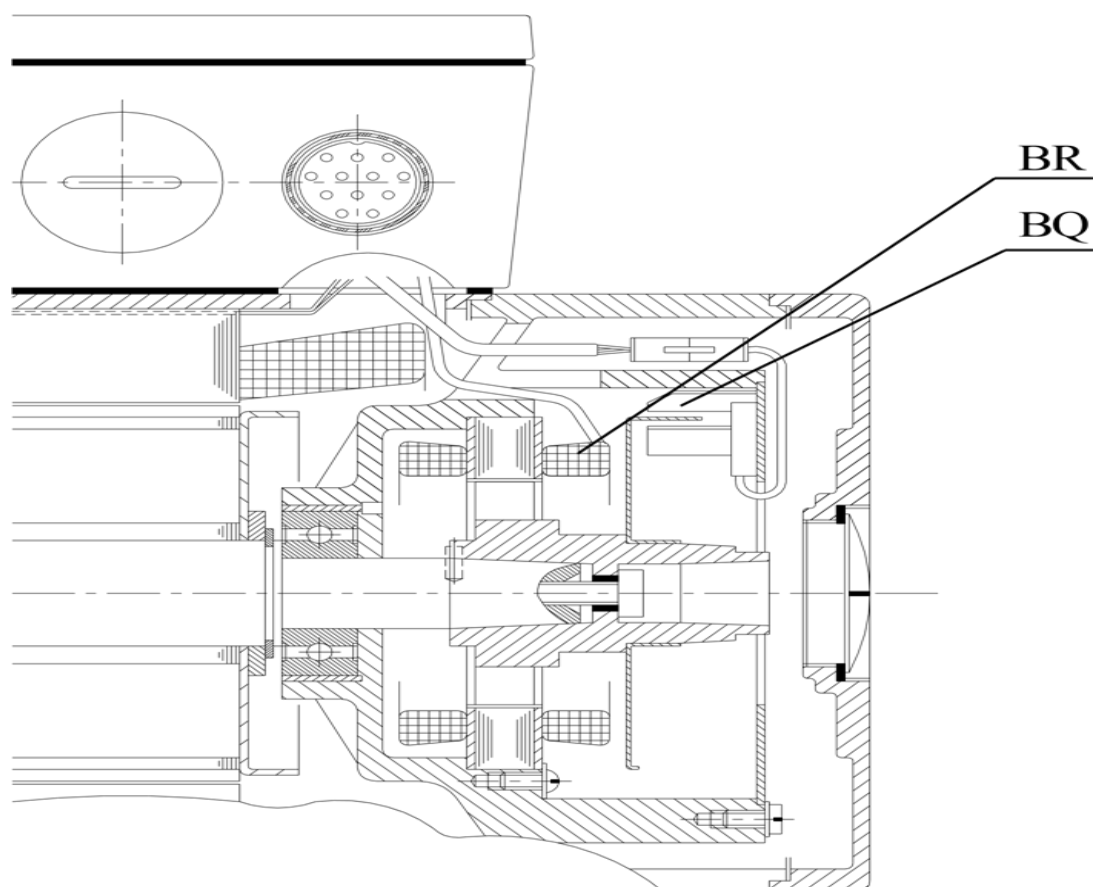


Рисунок 11 - датчик положения ротора (BQ); тахогенератор (BR).

Некоторые двигатели оснащены устройством принудительного внешнего охлаждения, за счет этого двигатели способны длительный период работать с повышенной нагрузкой [1, 10]. Питание данного двигателя осуществляется через разборное разъемное соединение, которые выполнены в трех габаритных размерах. Разъем расположен на корпусе и проведен через клемную коробку. Датчик положения ротора (BQ) и тахогенератора (BR), закреплен на корпусе и проведены в 12 пиновый разъем.

Обзор датчика положения ротора. BQ рисунок 12.

Датчик положения ротора изготовлен в пластмассовом корпусе 1, который состоит из постоянных магнитов 2. Датчик управляется посредством прохождения через трехлепестковый зазор диафрагмы (5) воздуха, изготовленный из электротехнической стали толщиной 1мм. Датчик холла (3) и выход (4) изображен на рисунке 12. Воздушный зазор датчика положения ротора и диафрагмы (5) рисунке 12. магнитный поток Φ от магнита(2) проходящий через датчик холла (3), выход его коллектора будет открыт, в следствии чего на выходе (4) будет отсутствовать. Вводим в зазор трех лепестковую стальную диафрагму (5) рисунок 12 б, у датчика холла не будет достигнут магнитный поток, в результате чего он пройдет в зазоре диафрагмы. В следствии этого из-за введенной диафрагмы в зазор выход датчика Холла будет закрыт, а на выходе будет напряжение.

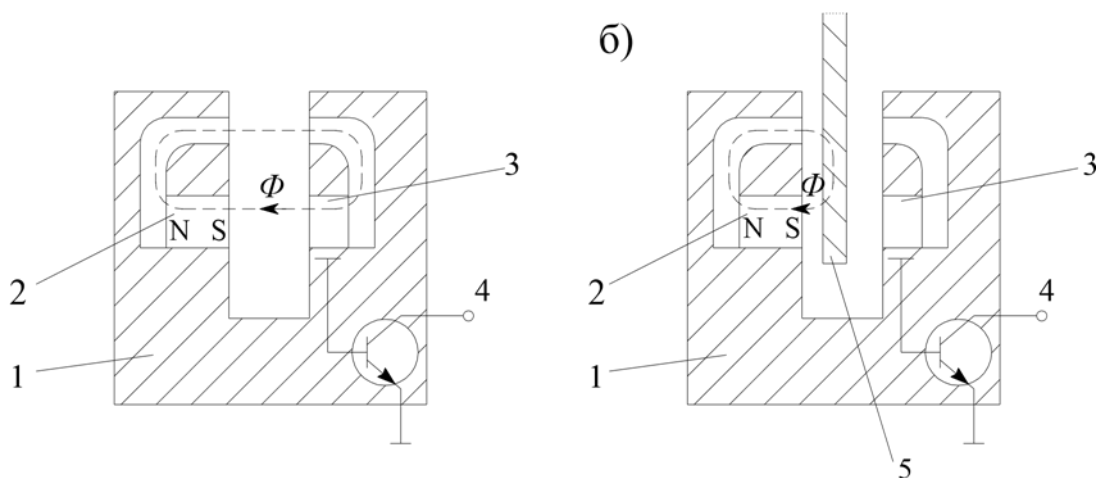


Рисунок 12 - Датчика положения ротора двигателя сери FT. (б) со стальной диафрагмой

В следствии присутствия датчика и наличия стальной диафрагмы в воздушном зазоре, мы сможем контролировать угол положения ротора электродвигателя серии FT (рисунок 13).



Рисунок 13 - Датчик положения ротора, который устанавливается на двигателях FT.

При такой конструкции диафрагмы (рисунок 14) и в указанной последовательности датчика фаз ВQA, ВQB, ВQC выполняется последовательность сигналов рисунок 14б.

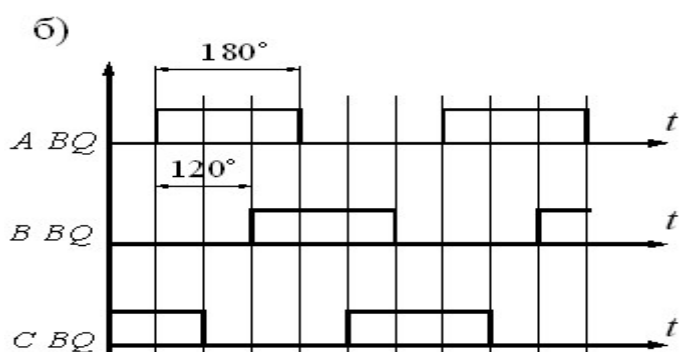


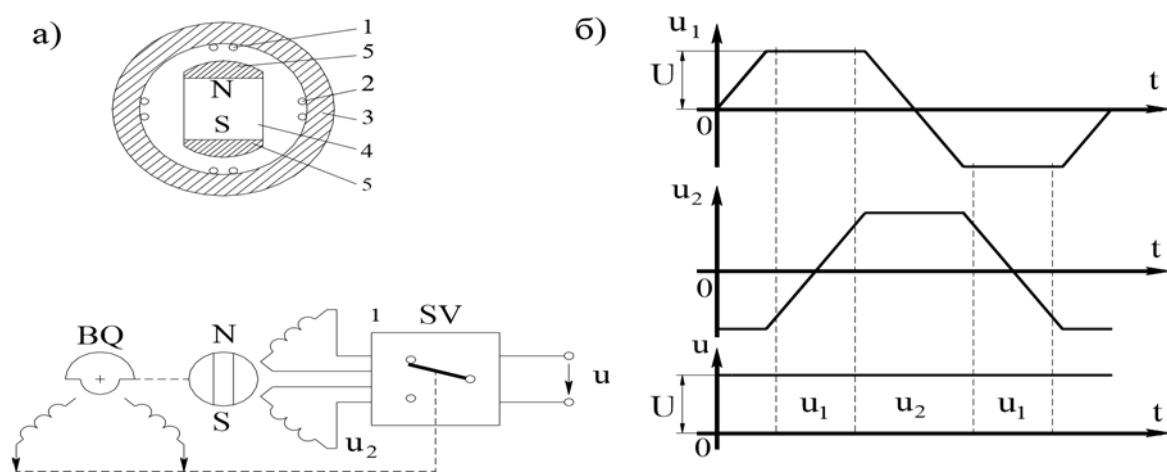
Рисунок 14 – Внешний вид диафрагмы и сигналы датчика ВQ.

Описание и внешний вид бесконтактного тахогенератора

Тахогенератор представляет собой не большую синхронную машину, с возбуждением от постоянных магнитов с электронно коммутирующим устройством. Исполнение данных устройств может быть выполнена с точечной двухфазной и трехфазной обмоткой. Расположение ее будет на статоре.

На рисунке 15а указан двухфазный двигатель обмотки статора расположены точно внутри статорного яра и указаны на рисунке в позициях 1 и 2.

Ротор двигателя исполнен из постоянных магнитов 4, с полюсными башмаками 5. Когда ротор приводится в движение у статорных обмоток 1 и 2 возникает переменное напряжение U_1 и U_2 рисунок 15(б) с трапецевидной формой. Скорость вращения ротора пропорциональна амплитуде и частоте этих напряжений.



а) тахогенератор и его принципиальная схема

б) форма напряжений тахогенератора

Рисунок 15 – Тахогенератор

Электронный коммутатор SV используется для преобразования напряжения U_1 и U_2 рисунок (15 б), в результате выборочного выпрямления напряжения по сигналам датчика ротора исключаются

фронты трапецевидных кривых, в следствии чего мы получим на выходе тахогенератора напряжение без пульсаций.

Внешний вид тахогенератора приведен на рисунке 16.



Рисунок 16 - Тахогенератор который устанавливается на двигателях 1FT5 фирмы Сименс.

Карта двигателя 1FT5 изображена на рисунке 17.

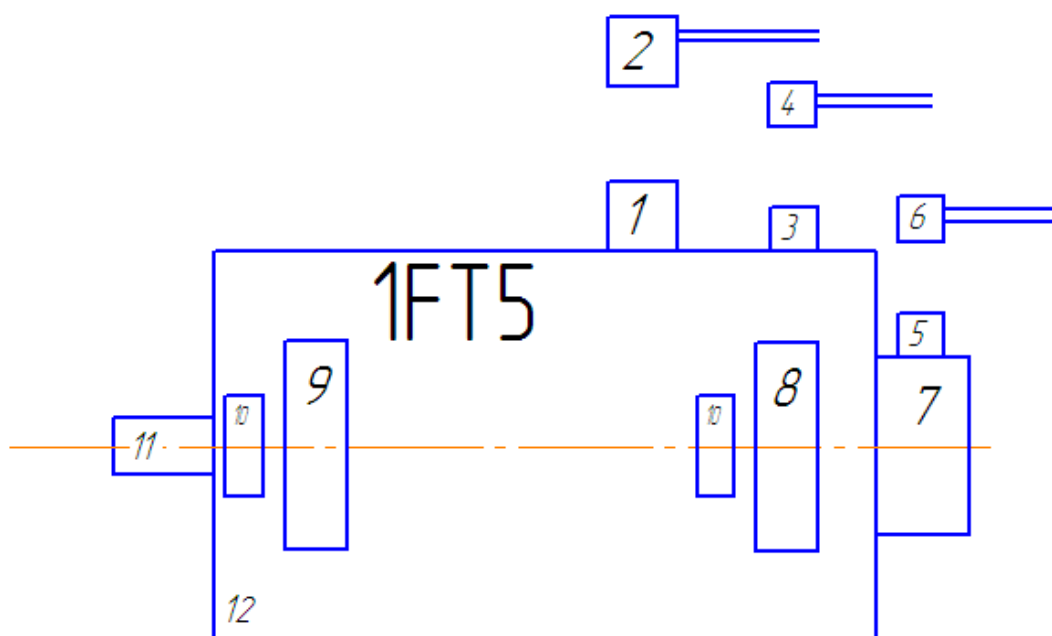


Рисунок 17 - Карта двигателей 1FT5 и 1FT6

На рисунке обозначены позиции: 1 Силовой разъем электродвигателя; 2 Разъем кабеля; 3 Тахо разъем электродвигателя; 4 Тахо разъем кабеля; 5 Сигнальные разъемы на двигателе; 6 Сигнальные разъемы кабеля; 7 Энкодеры; 8 Комплект Тахо; 9 Тормоза; 10 Подшипники; 11 Роторы; 12 Статоры; 13 Терморезисторы».

Силовые разъемы двигателя на рисунке 18.

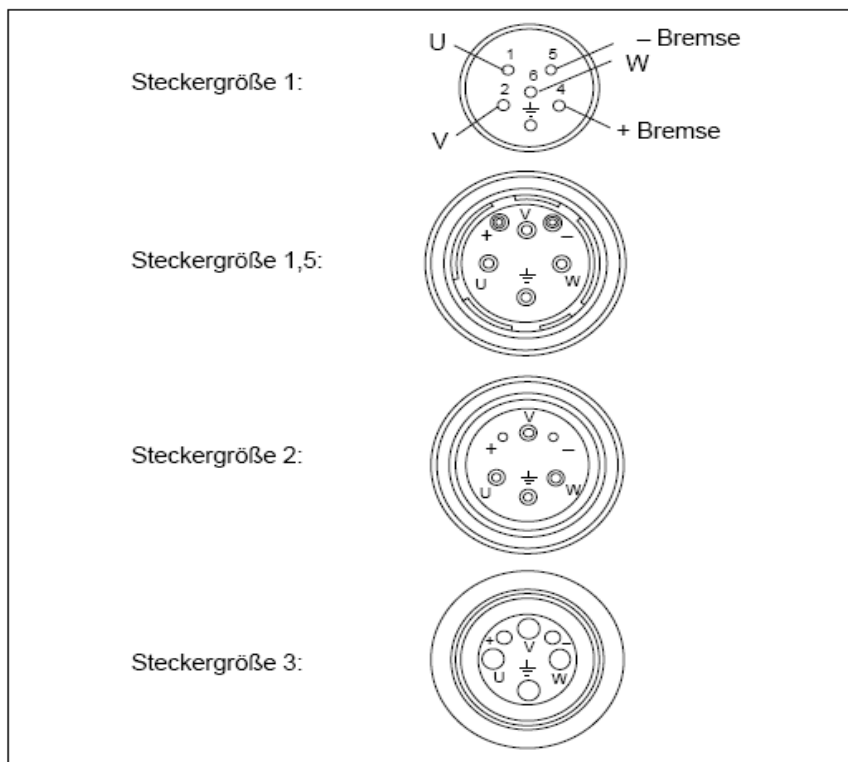


Рисунок 18 – Силовые разъемы двигателя.

В таблицах 1-17 приведены типы и коды стандартных разъемов и комплектующих, применяемых на АвтоВАЗе.

Таблица 1 – Типоразмеры двигателей

тип	код ВАЗа	размер
FUR GR.1 EWN:8399501310000	00700910403030	Gr1
EWN:8399501311000 FUR 1FT506.-513	00700910403031	Gr2
EWN:8399501312000 FUR 1FT507.-513	00700910403032	Gr3

Таблица 2 - Силовые разъемы кабеля.

тип	код	размер
6FX2003-OLU00 (6FX2003-OCA10) 6POL.GR.1	00700802803232	Gr1
6FX2003-OCB10 6POL.GR.1,5	00700802803233	Gr1.5
6FX2003-0CC11 6POL D=1,5-4MM	00700802803130	Gr2
6FX2003-0CC21 6POL D=6-10MM	00700802803131	Gr2
6FX2003-1AX00 6POL D=10-50MM	00700802803132	Gr3

Таблица 3 - Разъем тахо кабеля

тип	код
6FX2003- OSU12 (6FX2003-OCE12) SIGNALST.12POL.	00700802803234
6FX2003-0SU12 (6FC9348-7AD)	00700802803227

Таблица 4 - Разъем тахо на двигателе

тип	код
EWN: 33330254010000	00700910403033
EWN:3333000302000	00700910403051
EWN:3333000301000	00700910403034

Таблица 5 - Сигнальные разъемы кабеля

тип	код	примечание
291 698-02 12pol	00702705421987	НА G-Fischer портал ROD426
MS3106F 20 -29S	0070080281B012	ROD 320
6FC9348-7AV01	00702110403360	ROD 320
6FX2003- OSU12 (6FX2003-OCE12)SIGNALST.12POL.	00700802803234	ROD 426
6FX2003-0SU12 (6FC9348-7AD 12 pol socket)	00700802803227	ROD 426
6FX2003-0SU12 (6FC9348-1FD 12 pol socket)	00700802803241	ROD 426

Таблица 6 - Сигнальные разъемы на двигателе.





тип	код	примечание
6FX2003-1CF12 12ST D=5,5-12MM	00700802803133	ROD426
MS3102 R20-29	00703802816046	ROD320
291 697-08 12pol	00702705421985	G-Fischer портал
EWN:3333000302000 1FT5062-5108	00700910403051	
EWN:3333000301000	00700910403034	
EWN:3333031801000 fur 1FT/FK	00700910403067	
EWN:3333025402000 fur 1FT	00700910403066	

Таблица 7 - Сигнальные кабели с разъёмами в сборе.

тип	код	примечание
6FX2002-2CB31-1BB0	00702503303012	12x0,22С гибкий Dmax 7,3mm L=11m Для 611 simodrive
6FX2002-2CB31-1DA0	00702503303942	12x0,22С гибкий Dmax 7,3mm L=30m Для 611 simodrive

Таблица 8 – Энкодеры

тип	Код	примечание
ERN120 2500i/u	007028454H2001	
ROD320 2500IMP/U	00702705421135	
ROD426.016 1250IMP	00702705421170	
ROD 426B.016 1500STR	00702705421747	
ROD426E-01024	00712705421164	Аналог 426 А
ROD 426A 1024 I/U	00712705421158	

Таблица 9 - Комплект Тахо

код	тип	габарит	R 1ф, Ом	U,V	об/мин
00700900503014	1FU1030-6CF	для 4 габарита	81	13,3mV	3000
00700900503020	1FU1050-6NC	для 6 габарита	189	20mV	2000
00700900503015	1FU1050-6NF	для 6 габарита	81	13,3mV	3000
00700900503016	1FU1050-6NG	для 6 габарита	49	10mV	4500
00700900503012	1FU1050-6MA	для 7,10 габарита	535	33,3mV	1200
00700900503017	1FU1050-6MC	для 7,10 габарита	189	20mV	2000
00700900503018	1FU1050-6MF	для 7,10 габарита	81	13,3mV	3000
00700900503019	1FU1050-6MG	для 7,10 габарита	49	10mV	4500
00700900503006	1FU1050-6HC	для 6 габарита	189	20mV	2000
00700900503007	1FU1050-6HF	для 6 габарита	81	13,3mV	3000
00700900503008	1FU1050-6HG	для 6 габарита	49	10mV	4500
00700900503009	1FU1050-6HK	для 6 габарита	21	6,7mV	6000
00700900503010	1FU1050-6GA	для 7,10 габарита	535	33,3mV	1200
00700900503011	1FU1050-6GG	для 7,10 габарита	49	10mV	4500
00700900503005	1FU1050-6C	для 6 габарита EUCHNER			

Таблица 10 – Тормоза

тип з.ч	тип ЭД	иден.№	U, V	I, A	M, NM	тип по Binder	№, ANr . по Binder	код ВАЗа
EBD0,2 B	1FT504	№ 51930203010 00	24	0,55	2	тип 8661106E 06	3020301, P20610/S4	код70091040 3023
EBD0,8 B	1FT506	№ 51930027010 00	24	0,65	10	тип 8661107H 05	3002701, P22402/S03	код 70091040301 8
EBD2B N	1FT507	№ 51930372010 00	24	0,9	23	тип 8661111H 13	3012601, 59969/VN	код 70091040301 9
EBD4B	1FT510/1FT 610	№ 51930057010 00	24	1,4	85	тип 8661114H 07	3DD5701, P30297/S0	код 70091040302 0
EBD8M F	1FT513	№ 51930094030 00	24	3,3	140			код 70091040301 7
EBD0,4 BA	1FT604/1FT 5071	№ 51930435010 01	24	0,73	5	тип 8661107E 17	3043501, P80220/W3	код 70091040307 9
EBD0,4 B	1FT510/1FT 610	№ 51940166010 00	24	0,73	5	8661107T 02	4D20401, P15263/R9	код 70901040301 6
EBD8B	1FT513/1FT 613	№ 51920144010 10	24	1,65	140	8661121H 11	2014401, P81499/W4	код 70091040308 1

Таблица 11 – Подшипники

тип ,характеристики	код ВАЗа	двигатели
6004 2RS 20X42X12	00700110302015	1FT504
6001 2RS C3 12X28X8	00700110302216	1FT503/1FT603
6000-2RSH 10X26X8	00700110302096	1FT504
6204-2RS 20X47X14	00700110302025	1FT506/1FT604
6003-2RSR 17X35X10	00700110304001	1FT506/1FT604
6205.2RS 25X52X15	00700110304015	1FT507/1FT606
6203-2RS 17X40X12	00700110302009	1FT507
6206-2RS 30X62X16	00700110302028	1FT510/1FT610
6208 2RS 40X80X18	00700110302030	1FT513/1FT6101/1PH710

Таблица 12 – Роторы

тип	код
LAUFER FUR 1FT5042 3843065701555	00700910403036
LAUFER FUR 1FT5044 3843065702555	00700910403037
LAUFER FUR 1FT5046 3843065703555	00700910403038
LAUFER FUR 1FT5066 3843034003555	00700910403039
LAUFER FUR 1FT5062 3843034001555	00700910403040
LAUFER FUR 1FT5064 3843034002555	00700910403041
LAUFER FUR 1FT5072 3843085801555	00700910403042
FUR 1FT5074 3843085802555	00700910403043
LAUFER FUR 1FT5104 3843005802555	00700910403045
LAUFER FUR 1FT5108 3843005804555	00700910403046

Таблица 13 – Статоры

Тип	Код
STATOR 1FT5 600V 0573007803493	00700910403047
STATOR COMPLETE 1FT5064-0AF01-2	00700910403059
STATOR COMPLETE 1FT5044-0AF01-1	00700910403060
STATOR COMPLETE 1FT5042-0AF71-1	00700910403061
STATOR COMPLETE 1FT5046-0AC01-1	00700910403062
STATOR COMPLETE 1FT5064-0AC01-1	00700910403063
STATOR COMPLETE 1FT5044-0AC01-1 EWN:0573007802494	00700911103001
STATOR COMPLETE 1FT5046-0AF01-1 EWN:0573007803496	00700911103002
STATOR COMPLETE 1FT5046-0AH01-1 EWN:0573007803498	00700911103003
STATOR COMPLETE 1FT5062-0AF01-2 EWN:0573011501496	00700911103004
STATOR COMPLETE 1FT5066-0AC71-2 EWN:0573011503492	00700911103005
STATOR COMPLETE 1FT5066-0AF01-2 EWN:0573011503496	00700911103006
STATOR COMPLETE 1FT5072-0AC01-2 EWN:0573000001484	00700911103007
STATOR COMPLETE 1FT5062-0AC01-2 EWN:0573011501494	00700911103008
STATOR COMPLETE 1FT5076-0AC01-1 EWN:0573000003494	00700911103009
STATOR COMPLETE 1FT5102-0AF01-1 EWN:0573002101496	00700911103010
STATOR COMPLETE 1FT5074-0AF01-2 EWN:0573000002496	00700911103012

Таблица 14 – Терморезисторы

тип	код	сопротивление
Q63100-P361-M155 90 C	00700811203503	R<=250 Ом
Q63100-P371-M155 100 C	00700811203504	R<=250 Ом
Q63100-P381-M155 110 C	00700811203505	R<=250 Ом

Таблица 15 – Разъемы комплекта пункта А

код ВАЗа	Наименование, тип	габарит
700910403033	Разъём О.С.На клем.кор	для 6,7,10 габаритов
700910403051	Разъём О.С.Угловой	для 4,6 габарита
700910403034	Разъём О.С.Угловой	для 7,10 габарита

Таблица 16 - Пункт Б Комплект Тахо+датчики без переделки с разъемами пункта А

код ВАЗа	Наименование, тип	габарит	R 1ф, Ом	U,V	об/мин
700900503014	1FU1030-6CF	для 4 габарита	81	13,3mV	3000
700900503020	1FU1050-6NC	для 6 габарита	189	20mV	2000
700900503015	1FU1050-6NF	для 6 габарита	81	13,3mV	3000
700900503016	1FU1050-6NG	для 6 габарита	49	10mV	4500
700900503012	1FU1050-6MA	для 7,10 габарита	535	33,3mV	1200
700900503017	1FU1050-6MC	для 7,10 габарита	189	20mV	2000
700900503018	1FU1050-6MF	для 7,10 габарита	81	13,3mV	3000
700900503019	1FU1050-6MG	для 7,10 габарита	49	10mV	4500

Таблица 17 - Пункт В Комплект Тахо+датчики Без переделки с родными Разъемами

код ВАЗа	Наименование, тип	габарит	R 1ф, Ом	U,V	об/мин
700900503006	1FU1050-6HC	для 6 габарита	189	20mV	2000
700900503007	1FU1050-6HF	для 6 габарита	81	13,3mV	3000
700900503008	1FU1050-6HG	для 6 габарита	49	10mV	4500
700900503009	1FU1050-6HK	для 6 габарита	21	6,7mV	6000
700900503010	1FU1050-6GA	для 7,10 габарита	535	33,3mV	1200
700900503011	1FU1050-6GG	для 7,10 габарита	49	10mV	4500
700900503005	1FU1050-6C	для 6 габарита EUCHNER			

Обратная связь (тахо+датчики) реализуется подключением разъемов в плату (X 311) и к двигателю (6SC611). Назначение выводов разъемов приведено на рисунке 19.

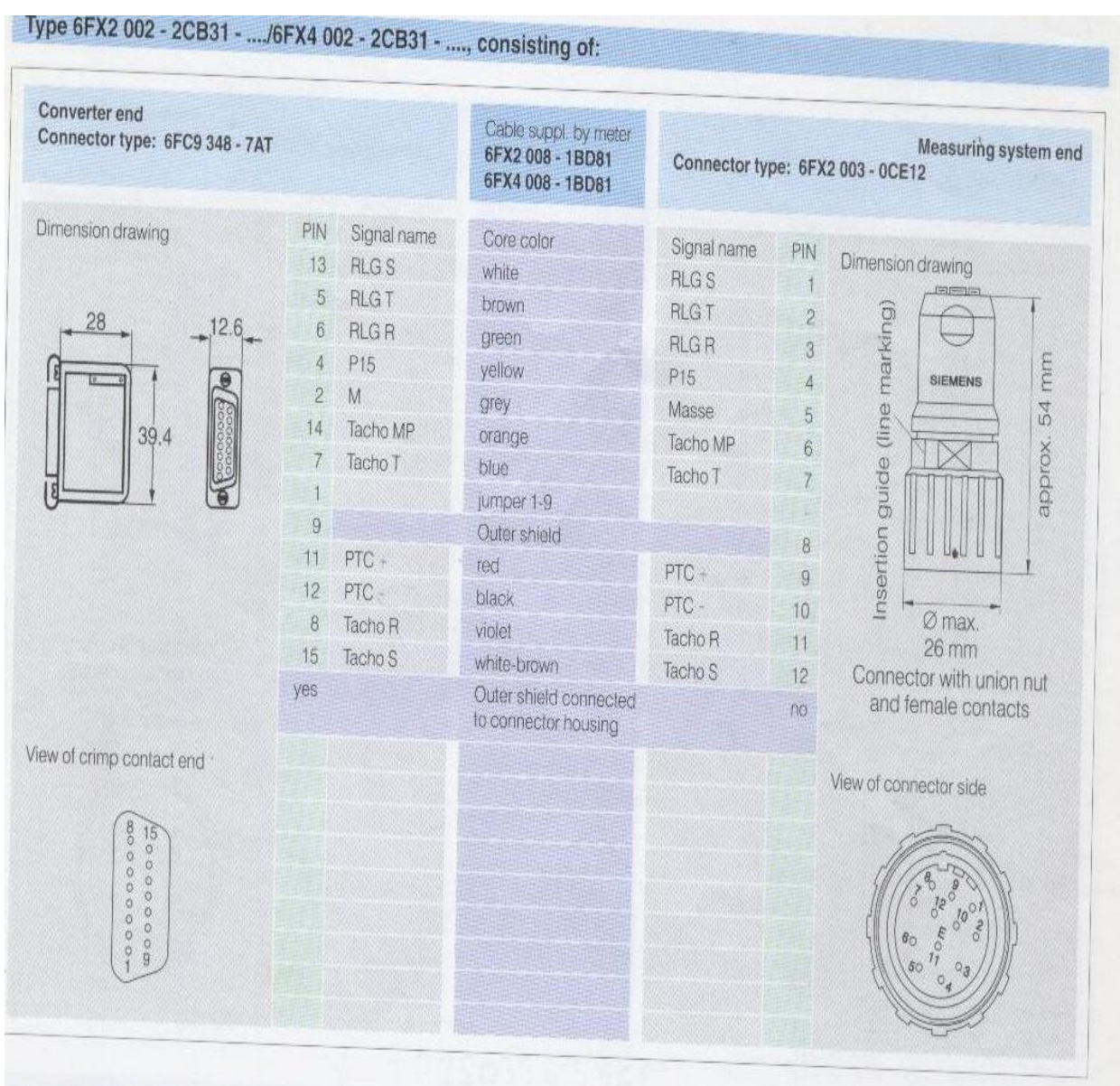


Рисунок 19 - Назначение выводов разъемов

Распайка сигнальных разъемов (энкодеры типа 6FX2003-1CF12, 12ST D=5,5-12MM - разъем энкодера) приведена на рисунке 20.

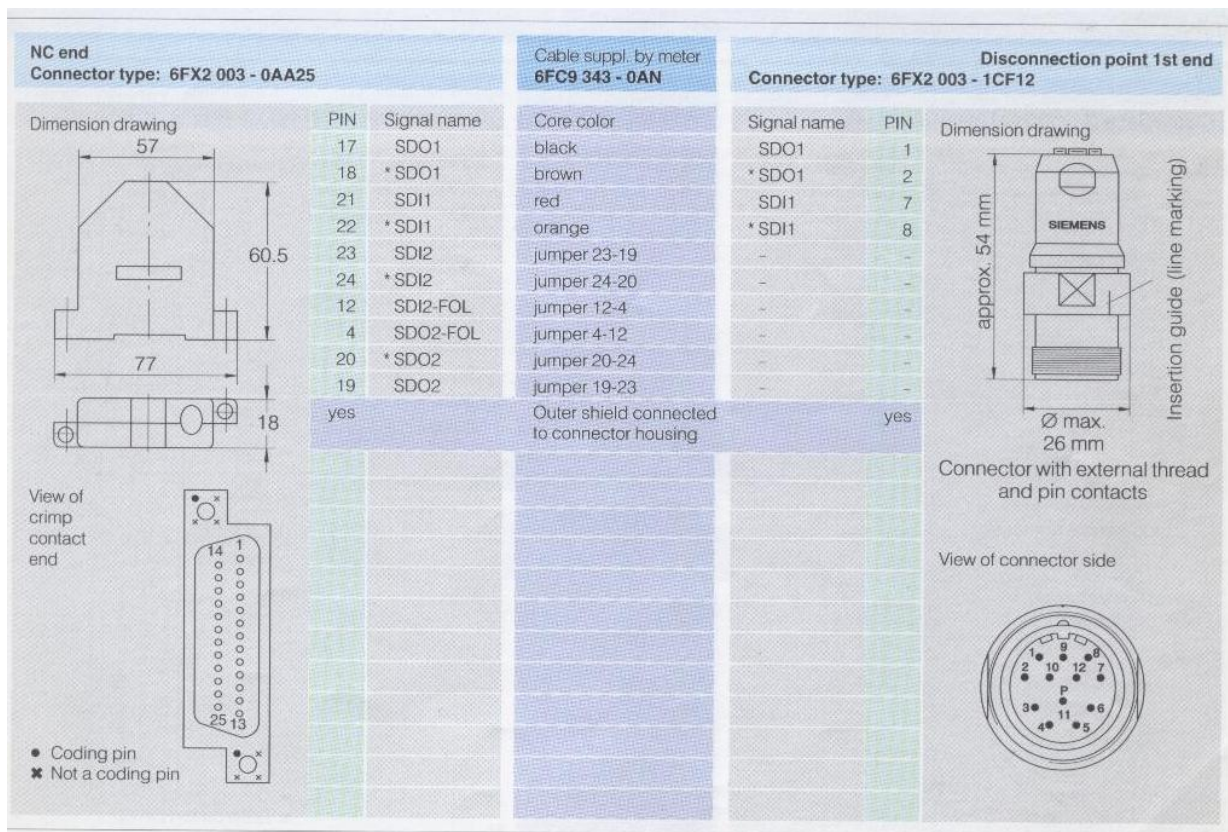


Рисунок 20 - Распайка сигнальных разъемов (энкодеры)

Распайка разъемов:

- 6FX2003- OSU12 (6FX2003-OCE12) SIGNALST.12POL. (сигн. разъем кабеля);

- 6FX2003-1CF12 12ST D=5,5-12MM (разъем энкодера)

приведена на рисунке 21.

Распайка разъема 6FX2003- OSU12 (6FX2003-OCE12)
 SIGNALST.12POL. (сигн. разъем кабеля) приведена на рисунке 22.

Type 6FX2 002 - 2CD01 - ..., consisting of:

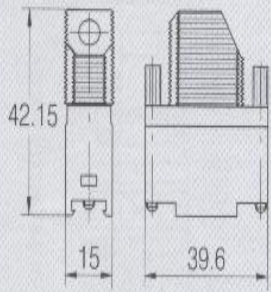
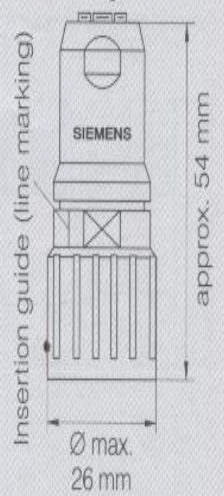
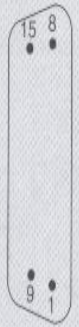
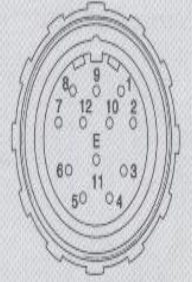
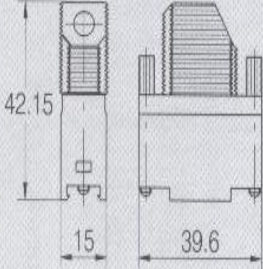
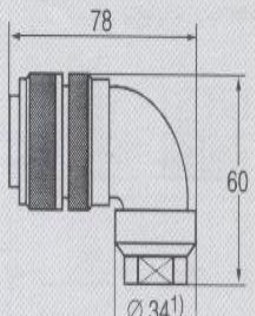

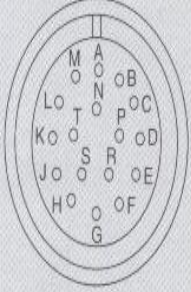
NC end Connector type: 6FC9 341 - 1HC		Cable suppl. by meter 6FX2 008 - 1BD21 ¹⁾	Measuring system end Connector type: 6FX2 003 - 0CE12			
Dimension drawing	PIN	Signal name	Core color	Signal name	PIN	Dimension drawing
	15	A	black	A	5	
	14	*A	brown	*A	6	
	13	B	red	B	8	
	12	*B	orange	*B	1	
	10	N	blue	R	3	
	11	*N	violet	*R	4	
	8		yellow		9	
	1		green		7	
	4	P5	white-red	+ 5 V	2	
	6	P5	white-yellow	+ 5 V Sense	12	
	9	M	white-black	0 V Sense	11	
	7	M	white-blue	0 V	10	
yes		Outer shield connected to connector housing		yes		Connector with union nut and female contacts
View of crimp contact end						View of connector side
			1) The core colors of the cables supplied by meter do not correspond to the core colors of the cable on the encoder.			

Рисунок 22 - Распайка разъема 6FX2003- OSU12 (6FX2003-OCE12)
 SIGNALST.12POL. (сигн. разъем кабеля)

Распайка разъема 6FC9348-7AV01 (сигн. разъем кабеля) приведена на рисунке 23.

↓ 702503303961.

Type 6FX2 002 - 2CE02 -., consisting of:

NC end Connector type: 6FC9 341 - 1HC		Cable suppl. by meter 6FX2 008 - 1BD21	Measuring system end Connector type: 6FC9 348 - 7AV01			
Dimension drawing 	PIN	Signal name	Core color	Signal name	PIN	Dimension drawing 
	15	A	black	A	A	
	14	*A	brown	*A	D	
	13	B	red	B	B	
	12	*B	orange	*B	E	
	10	N	blue	R	F	
	11	*N	violet	*R	G	
	8		yellow	0V	T	
	1		green	*U _{as}	L	
	4	P5	white-red	+5V	K	
	6	P5	white-yellow	+5V	J	
	9	M	white-black	0V	N	
	7	M	white-blue	0V	P	
	yes		Outer shield connected to connector housing		H	
View of crimp contact end 				View of connector side 		

1) 13.5 screwed gland 6FC9 348 - 7DR/- 7DW required additionally, see also Section 3 "Connectors"

Note application prerequisites for pre-assembled cables according to Basic Catalog NC Z.

702110403360

Рисунок 23 - Распайка разъема 6FC9348-7AV01 (сигн. разъем кабеля).

Распайка разъема 6FX2003- OSU12 (6FX2003-OCE12)
 SIGNALST.12POL. (сигн. разъем кабеля) приведена на рисунке 24.

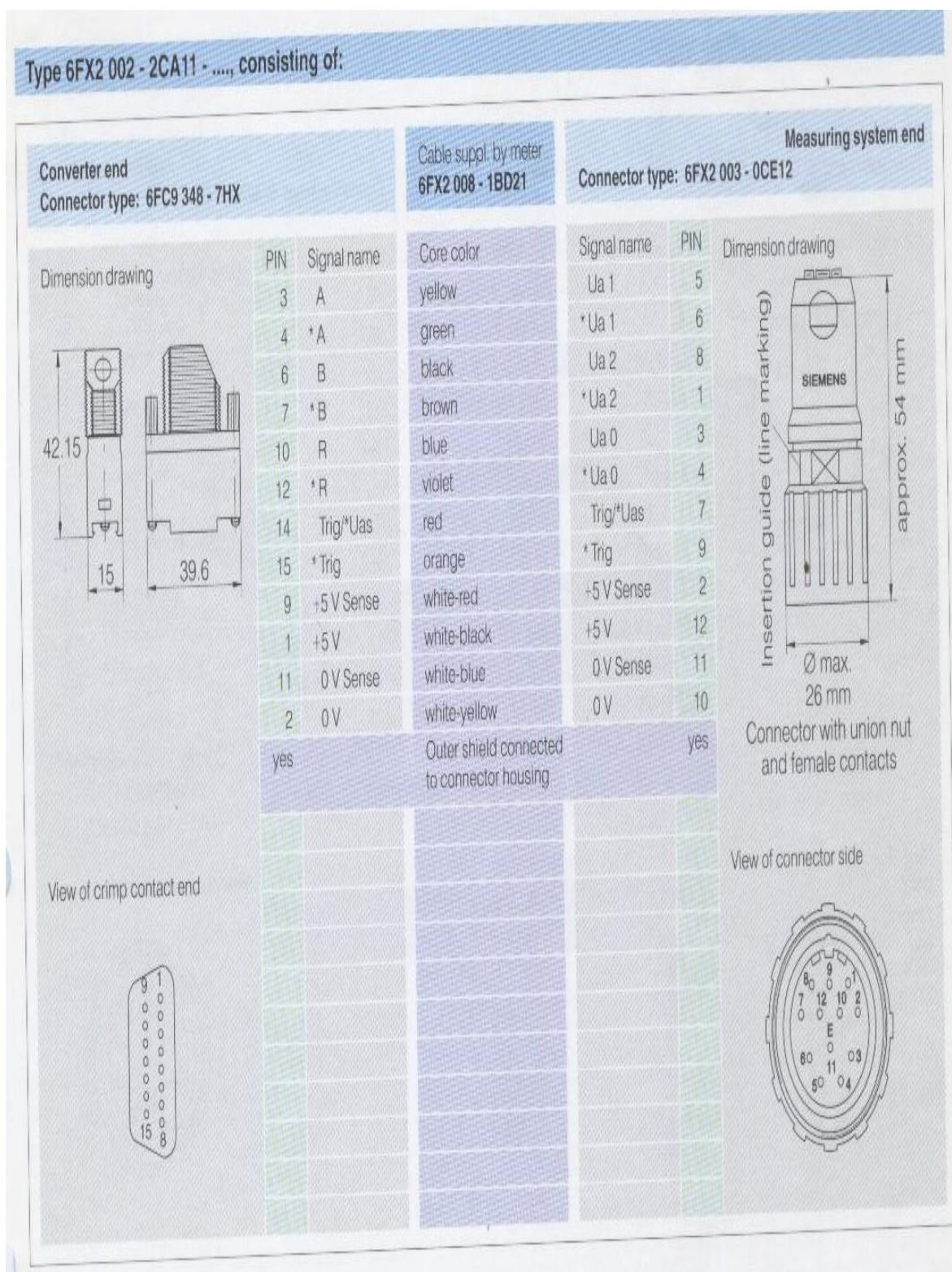


Рисунок 24 - Распайка разъема 6FX2003- OSU12 (6FX2003-OCE12)
 SIGNALST.12POL. (сигн. разъем кабеля).

Карта двигателя 1FT5 изображена на рисунке 25.

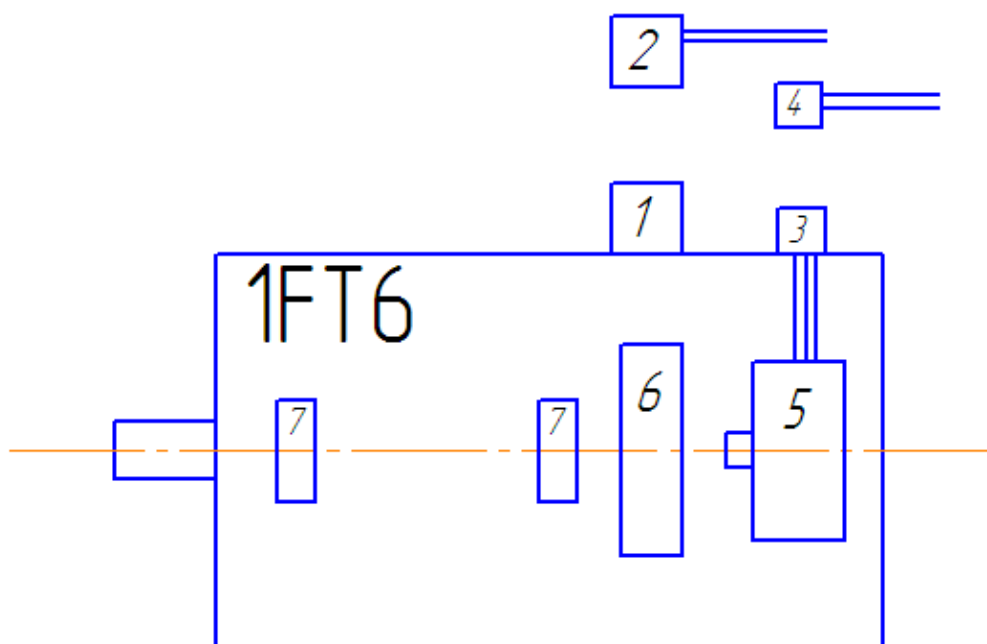


Рисунок 25 – Карта двигателя 1FT6.

На рисунке обозначены позиции: 1 Составная часть электродвигателя; 2 Силовые разъемы кабеля; 3 Сигнальные разъемы с кабелями внутри двигателя; 4 Сигнальные кабели с разъемами в сборе; 5 Энкодеры; 6 Тормоза; 7 Подшипники; 8 Терморезисторы.

В таблицах 18-25 приведены типы и коды стандартных разъемов и силовых кабелей для вышеуказанного двигателя.

Таблица 18 - Силовые разъемы двигателя

тип	код	Размер
EWN 8399501511000 tecker kompl.GR.1	00700911103014	Gr1
EWN 8399501361000 Sticker kompl.GR.1,5. 6-pol	00700911103016	Gr1.5
EWN 8399501363000 Sticker Kompl.GR.3 - 1FT6	00700911103017	Gr3

Таблица 19 - Силовые разъемы кабеля

тип	код ВАЗа	размер
6FX2003-ОСА10	00700802803232	Gr1
6FX2003-ОСВ10	00700802803233	Gr1.5
6FX2003-1АХ00	00700802803132	Gr3

Таблица 20 - Сигнальные разъемы с кабелями внутри двигателя
1FT6/FK6

тип	код
EWN: 3333203023000 1FT606-610 EQN 5V,300mA	00700910403096
EWN: 2923027521000 1FK604-610 ERN 5V,300mA	00700910403095
EWN: 3333001101000 1FT602-610 RESOLVER 5V,300mA	00700910403094
EWN: 3333202011000 1FT603. ERN1387 5V,300mA	00700910403093
EWN: 2923027621000 1FK604-610 Eqn 1325/EQI1325	00700910403097
EWN: 3333203021000 1FT604. /608. EQN 5V,300mA	00700910403092
sign.EQN 3333032401000 fuer 1FT6	00700910403087

Таблица 21 - Сигнальные кабели с разъемами в сборе 1FT6/FK6

тип	код	примечание
6FX2002-2CA31-xxxx	00702503303971	1FT6(EQN/ ERN)-611D
6FX8012-2CA31-1BA0	00702503303082	инкрементальный
6FX8012-2EQ10-1BA0	00702503303088	абсолютный
6FX8012-2EQ14-1BA0	00702503303092	абсолютный, удлинитель
6FX8012-2CF02-1BA0	00702503303094	резольвер

Таблица 22 - Энкодеры

тип	код	примечание
EQN1325 2048.4096/8192I/U +5V 12/13Bit	00702705421045	1FT6
EQN 1325 2048 62S12-78K id 538234-51	007028454H2995	1FT6
EQN1325.020-2048 G4 EnDat01 IdNr:538234-01	007128454H2989	1FT6

Таблица 23 - Тормоза 1FT6/FT5

тип з. ч	тип ЭД	иден. №	U, V	I, A	M, NM	тип по Binder	№, ANr. по Binder	код ВАЗа
EBD4B	1FT510/1FT610	№ 5193005701 000	24	1,4	85	тип 8661114H 07	3DD5701, P30297/S0	код 70091040302 0
EBD1,5B	1FT606	№ 5193003301 000	24	0,71	19	тип 8661109H 05	3003302, P20619/S1	код 70091040305 3
EBD1,2B	1FT6081/82	№ 5193039401 001	24	0,82	12	тип 8661109E 19	3039401, P78993/W3	код 70091040307 8
EBD3,5B N	1FT6084/86	№ 5193039201 000	24	0,93	28			
EBD0,4B A	1FT604/1FT507 1	№ 5193043501 001	24	0,73	5	тип 8661107E 17	3043501, P80220/W3	код 70091040307 9
EBD0,15 B	1FT603	№ 5193047101 000	24	0,35	2			
EBD3,5B N	1FT6084	№ 5193014401 001	24	0,93	28	тип 8661111H 03	70119569/P 2	код 70091040302 1
EBD1,5B N	1FT606	№ 5193003301 001	24	0,71	19	8661109H 05	3003302, P16208/R07	код 70091040302 2
EBD0,4B	1FT510/1FT610	№ 5194016601 000	24	0,73	5	8661107T 02	4D20401, P15263/R9	код 70901040301 6
EBD8B	1FT513/1FT613	№ 5192014401 010	24	1,65	140	8661121H 11	2014401, P81499/W4	код 70091040308 1
EBD 1,5B/ AWG24	1FT606	5193003302 010	24					код 70091040311 4
EBD 3,5BN	1FT608	5193014404 010	24					код 70091040311 5

Таблица 24 - Подшипники FT6

тип	код	примечание
6001 2RS C3 12X28X8	.700110302216	1FT503/1FT603
6000-2RSH 10X26X8	.700110302096	1FT504
6204-2RS 20X47X14	.700110302025	1FT506/1FT604
6003-2RSR 17X35X10	.700110304001	1FT506/1FT604
6205.2RS 25X52X15	.700110304015	1FT507/1FT606
6203-2RS 17X40X12	.700110302009	1FT507
6206-2RS 30X62X16	.700110302028	1FT510/1FT610
6208 2RS 40X80X18	.700110302030	1FT513/1FT6101/1PH710
6207.2RS 35X72X17	.700110304034	1FT608
NUP 2208 ECP 40X80X23	.700120602055	1FT610

Таблица 25 - терморезисторы

тип	код	сопротивление
Q63100-P361-M155 90 C	00700811203503	R <=250 Ом
Q63100-P371-M155 100 C	00700811203504	R <=250 Ом
Q63100-P381-M155 110 C	00700811203505	R <=250 Ом

Перечень кабелей обратной связи в сборе для серводвигателей 1FT6,1FK6,1FK7,1PH7,1FE.

В таблицах 26-28 приведены данные энкодеров.

Таблица 26 - Инкрементальный энкодер 1V SIN

№	Тип	L,м	Код	Примечание/наличие
1	6FX8012-2CA31-1AH0	7	00702503303081	-
2	6FX8012-2CA31-1BA0	10	00702503303082	1шт
3	6FX8012-2CA31-1BF0	15	00702503303083	-
4	6FX8012-2CA31-1CA0	20	00702503303084	-
5	6FX8012-2CA31-1CF0	25	00702503303085	-
6	6FX8012-2CA34-1BA0	10	00702503303086	Удлинитель

Таблица 27 - Абсолютный энкодер EnDat

№	Тип	L,м	код	Примечание/наличие
1	6FX8012-2EQ10-1AH0	7	00702503303087	-
2	6FX8012-2EQ10-1BA0	10	00702503303088	1шт
3	6FX8012-2EQ10-1BF0	15	00702503303089	-
4	6FX8012-2EQ10-1CA0	20	00702503303090	-
5	6FX8012-2EQ10-1CF0	25	00702503303091	-
6	6FX8012-2EQ14-1BA0	10	00702503303092	Удлинитель 1шт

Таблица 28 – Резольвер.

№	Тип	L,м	код	Примечание/наличие
1	6FX8012-2CF02-1AH0	7	00702503303093	-
2	6FX8012-2CF02-1BA0	10	00702503303094	1шт
3	6FX8012-2CF02-1BF0	15	00702503303095	-
4	6FX8012-2CF02-1CA0	20	00702503303096	-
5	6FX8012-2CF02-1CF0	25	00702503303097	-
6	6FX8012-2CF04-1BA0	10	00702503303098	Удлинитель

Кабели поставляются с обжатыми контактами, отдельно прилагаемым корпусом штекера, сторона модуля

Перечень кабелей силовых в сборе для серводвигателей 1FT6,1FK6,1FK7 приведен в таблице 29.

Таблица 29 - Силовые кабели в сборе

Тип	Код ВАЗа	Сечение	Размер/наличие
6FX2002-5DA01-1CF0	00712503303850		GR1 (2шт)
6FX2002-5CA01-1BJ0	00702503303848		GR1 (0шт)
6FX8002-5DS11-1BF0	00700805203001	4x2,5+2x1,5	GR1 (1шт)
6FX8002-5DS11-1CF0	00700805203002		GR1 (1шт)
6FX8012-5DA15-1BA0	00700805203020	удлинитель	GR1 (1шт)
6FX8002-5DS61-1BF0	00700805203003	4x10+2x1,5	GR1,5 (1шт)
6FX2002-5DA31-1BJ0	00702503303965		GR1,5 (0шт)
6FX8002-5DS61-1CF0	00700805203004		GR1,5 (1шт)
6FX8012-5DA68-1BA0	00700805203021	удлинитель	GR1,5 (1шт)
6FX8002-5DS23-1BF0	00700805203005		GR3 (1шт)
6FX8002-5DS23-1CF0	00700805203006		
6FX8012-5DX28-1BA0	00700805203022	удлинитель	GR3 (1шт)

В вышеприведенных таблицах содержится справочная информация, необходимая для подключения и тестирования электродвигателей.

Выводы по разделу.

В данном разделе произведено описание электродвигателей серии FT и FK, а также приведены табличные справочные данные по двигателям, кабелям и энкодерам.

5 Приемочный контроль

Основными неисправностями, с которыми поступаю электрические машины в ходе их эксплуатации — это поломанные силовые разъемные соединения, вдавленные (погнутые) контакты, данная поломка возникает при непопадании замка в гнезде. Из-за сильной вибрации станка, на котором установлена электрическая машина, часто выходит из строя или сбивается настройка тахогенератора. По той же причине выходят из строя датчики положения, энкодеры, ротора относительно нулевой точки. Из-за не своевременного проведения профилактических и ремонтных работ и не рациональной эксплуатации технологического оборудования, возникают поломки подшипников оно составляет более половины поломок из общего числа, в следствии чего возникают дефекты как (биение вала, люфт вала, повышенный нагрев, низкое сопротивление изоляции обрыв обмоток и т.д.) При подклинивании подшипников возникает трение между внутренней обоймой и подшипниковой шейкой ротора, в следствии чего происходит износ подшипниковой шейки, данный дефект исправляется лишь полной реставрацией вала ротора и заменой на новые подшипники. За частую сдаются на ремонт электродвигатели с ошибками работы тормоза, корневой причиной является межвитковое короткое замыкание катушки, в следствии чего двигатель не растормаживается или же на оборот, из-за сильного износа ответной части катушки тормоза, так же частой причиной поломки двигателя становится облом вала ротора из-за неисправности ответного механизма в следствии подклинивания или нарушения технологического процесса.

Приемку электрических машин (ЭМ) необходимо выполнять согласно утвержденной процедуре на АО «АВТОВАЗ». Работники склада (операторы МАС, электромеханики, транспортировщики) и электромонтёры бригад ЦР при приёме электрических машин от оперативно-ремонтного персонала цехов должны убедиться в комплектности и целостности сдаваемого изделия,

наличия дефектной бирки, форма 4290 (приложение Д – СТП 37.101.9672) с указанием: кода оборудования и цеха, где была установлена ЭМ, типа ЭМ, технических параметров (напряжение, мощность, частота вращения, исполнение), кода ВАЗа, фамилии электромонтёра (мастера), забраковавшего ЭМ и конкретной причины выхода из строя ЭМ (к.з. на корпус, обрыв, межвитковое замыкание и т.д.). ЭМ должна быть чистой.

При несоблюдении вышеуказанных условий ЭМ на склад и в ремонт не принимаются. Не касается статоров серводвигателей, которые сдаются на склад для перемотки в ЭП укомплектованными только подшипниковыми щитами; остальные комплектующие двигателей хранятся в бригаде ЦР с биркой, где указан: код оборудования, тип двигателя и дата сдачи в ремонт.

Механически повреждённые ЭМ без акта расследования выхода из строя или распоряжения о наказании на склад и в ремонт не принимаются.

На разбитые и некомплектные ЭМ инженером БТП ОЭТС совместно с представителями ремонтного и производственного цехов составляется акт расследования выхода из строя механически повреждённой или некомплектной ЭМ с заключением о причинах и виновных. На основании акта выпускается распоряжение о наказании виновных, если таковые имеются. Распоряжение с визой БОТиЗ цеха и акт являются основанием для замены ЭМ на складе или для приёма в ремонт.

При выходе из строя на оборудовании двигателя постоянного тока и серводвигатели сдаются в бригады централизованного ремонта для ревизии и окончательной диагностики (кроме случаев явного выгорания обмоток). При отправке серводвигателей в лабораторию УГМ для проверки и юстировки – обязательна заполненная дефектная бирка ф.4290, а после проверки – заполненная специалистами УГМ обратная сторона этой бирки.

ЭМ постоянного тока и асинхронные двигатели мощностью более 40 кВт сдаются на склад для последующего ремонта в ЭМЦ ЭП с аварийным актом по форме 4047.

При приёме ЭМ в ремонт работник централизованной бригады делает запись в журнале, где указывает код оборудования, цех, тип ЭМ, технические характеристики, предварительная причина неисправности. При необходимости аварийного получения оборотной ЭМ со склада на оборотной стороне накладной ф.№4054, представленной оперативно-ремонтным персоналом 38 цехов, делается запись о приёмке ЭМ в ремонт с подписью одного из работников бригады (образцы подписей которых есть на складах). При этом в журнале приёмки ЭМ в ремонт делается запись о том, что на накладной сделана пометка и двигатель после окончания ремонта надлежит сдать на склад. По накладной с пометкой о приёмке в ремонт ЭМ – получают на складе оборотную ЭМ. При выдаче ЭМ по такой накладной работник склада делает соответствующую запись в журнале приёмки – выдачи ЭМ.

В бригадах ЦР выполняют все виды ремонта кроме перемотки ЭМ.

Изменение конструкции ЭМ (изменение длины рабочего вылета и диаметра вала, конструкции посадочного фланца и лап, демонтаж тормоза и т.д.) допустимо только по разрешению инженера БНЗЧ, ведущего данную номенклатуру, о чём делается запись в журнале мастером или бригадиром бригады централизованного ремонта.

Ответственность за брак в работе при ремонте несет персонал бригады ЦР.

Электрические машины, требующие капитального ремонта в ЭП, оформляются заявкой на ремонт эл.машин в ЭП(ф.12071) с заполнением всех граф заявки и обязательным указанием дефектов вала, посадочных мест, тормоза и т.д., для их дальнейшего устранения в ЭП.

После ремонта в бригадах ЦР все ЭМ сдаются на склад по принадлежности с дефектной биркой (форма 4290) с указанием на оборотной стороне результатов испытания (токов х.х., частоты вращения, напряжения срабатывания тормоза), даты, фамилии и подписи электромонтера, производившего ремонт и испытания.

Приёмка на склад отремонтированных ЭМ осуществляется на территории бригады ЦР с росписью приёмщика в журнале бригады против каждой забранной ЭМ. ЭМ, прошедшие ремонт в бригадах централизованного ремонта, в обязательном порядке проходят испытания, регулировку встроенных устройств.

Приёмка отремонтированных ЭМ после капитального ремонта в ЭП, производится на территории ЭП работниками склада производства путём визуального осмотра каждой единицы. Особое внимание уделять комплектности (электрическая машина должна быть полностью укомплектована: крыльчаткой, клеммником, тормозом(если таковой должен быть) и т.д., состоянию валов, посадочных мест, отсутствию механических повреждений узла, наличию не закрашенных бирок, табличек с указанием напряжения питания тормоза, При любых отклонениях данную ЭМ не принимать, докладывать ИТР, вычеркивать из актов выполненных работ (кладовщица ЭП должна расписываться напротив каждой вычеркнутой машины в актах), а в требовании ставить прочерк в графе «выдано».

При приёмке в ЭП требовать для двигателей постоянного тока и электрических машин мощностью более 40 кВт акты испытаний.

Ответственность за исправность отремонтированных ЭМ несут персонал бригад ЦР или персонал ЭМЦ ЭП.

При выдаче ЭМ, прошедших ремонт в бригадах ЦР, снимать с них ремонтные бирки ф.4290 и хранить на складе в течении недели, записывая на данной бирке: код оборудования, дату выдачи, Ф.И.О. ремонтника, получившего ЭМ.

При выдаче ЭМ, прошедших ремонт в ЭП, в журнале выдачи двигателей записывать номер ремонтной бирки.

При обнаружении брака непосредственно на оборудовании, необходимо вызвать инженера БТП для принятия решения или об устранении неисправности на месте, или возврате в ремонтную бригаду или в ЭП, при этом должны сохраняться дефектные бирки с отметкой о

произведенных работ или металлические бирки энергетического производства.

Претензии по качеству оформляются актом и предъявляются немедленно на все забракованные машины.

Получив двигатель, для первичного испытания на разработанном стенде на базе СТШ500 необходимо проверить, не повредился ли узел во время транспортировки. В случае обнаружения повреждения необходимо составить АКТ установленного образца и формы, так же необходимо выяснить корневую причину повреждения и принять мероприятия по устранению несоответствия, для недопущения повторения данного инцидента.

Далее необходимо проверить, соответствует ли данный двигатель указанному в дефектной бирке и оформленной накладной, данным заказчика (тип исполнение). При входном контроле необходимо проверить сопротивление изоляции обмоток, проверка работоспособности без нагрузки и уровня вибрации. Установка двигателя на стенд и подготовка его к первичной диагностики перед определением объема и сроков ремонта, производится квалифицированными специалистами, изучившими настоящее руководство, правила устройства и эксплуатации электроустановок и инструкции по охране труда действующих на АО «АВТОВАЗ», с группой допуска по электробезопасности не ниже третьей.

Выводы по разделу.

В данном разделе описаны основные неисправности электродвигателей, а также описана процедура приемочного контроля.

6 Проведение механических и электрических испытаний электродвигателей Simens 1FT5, асинхронного двигателя UMD-90L

6.1 Установка двигателя и датчиков

Перед началом испытаний, после ремонта или при первичной диагностики, необходимо удостовериться в отсутствии напряжения на шкафу управления (рисунок 26), путем визуального контроля сигнальной лампы и положения ВЫКЛ тумблера [15, 17,18]. Как показано на рисунке 27, двигатель должен быть надежно зафиксирован в монтажной призме (рисунок 28). Проверить:

- силовые линии питания;
- разъем энкодера и контрольных датчиков;

Дополнительно необходимо установить датчики вибрации (контроль вибрации опорных конструкций двигателя), датчики температуры опор (пирометры) и лазерный отметчик оборотов.

Датчики вибрации устанавливаются на магнитном креплении, на корпусе двигателя максимально близко к подшипникам опор (рисунок 28). Магнитные крепления должны быть установлены плотно, не допускается перемещений при покачивании датчика.

Датчики температуры опор (рисунок 29) измеряют температуру корпуса двигателя максимально близко к подшипникам опор. Для корректного измерения датчики необходимо располагать на расстоянии 20-30 мм от поверхности измерения. Датчика крепятся на магнитных стойках. Поскольку пирометры могут некорректно работать на полированных металлических поверхностях, необходимо изменить отражающую способность поверхности в месте измерения. Для этого можно наклеить на место измерения метку (например: небольшую полоску малярной клейкой ленты) или закрасить место измерения однородным цветом (например: маркером).

Для установки лазерного отметчика на открытой, вращающейся части устанавливается метка (небольшая полоска специализированного отражающего материала). Отметчик оборотов (рисунок 30) устанавливается на магнитной стойке на расстоянии до 50 см. Луч отметчика направляется на метку. При попадании луча отметки на метку на отметчике должен загораться светодиод. Запустить программное обеспечение управлением станда и выполнить тесты.



Рисунок 26 - Шкаф управления стандом.

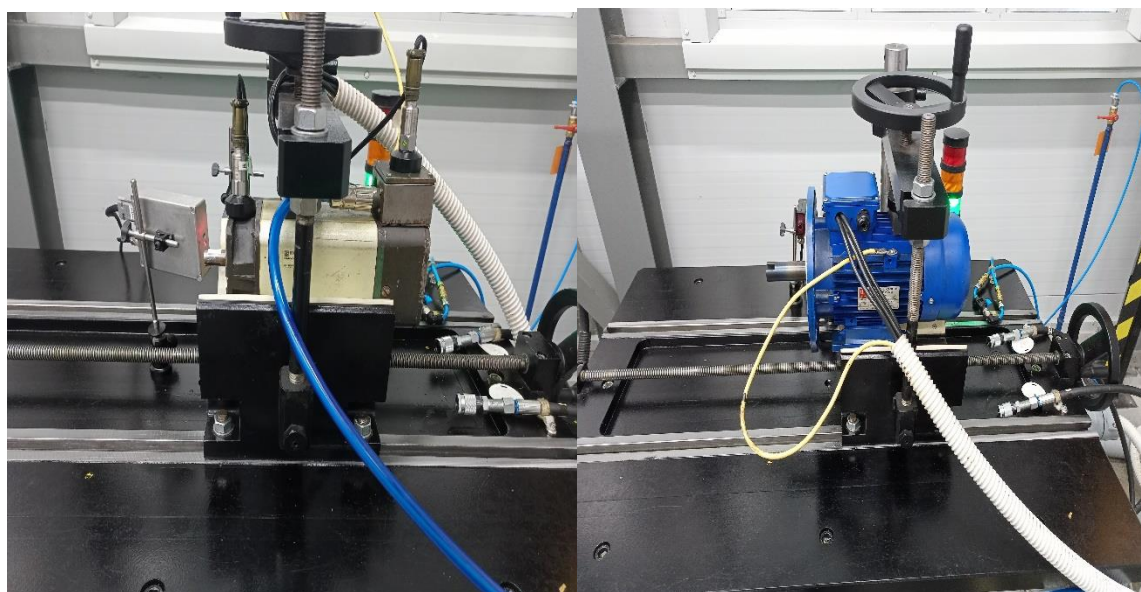


Рисунок 27 - Двигатели, закрепленные на монтажной призме.

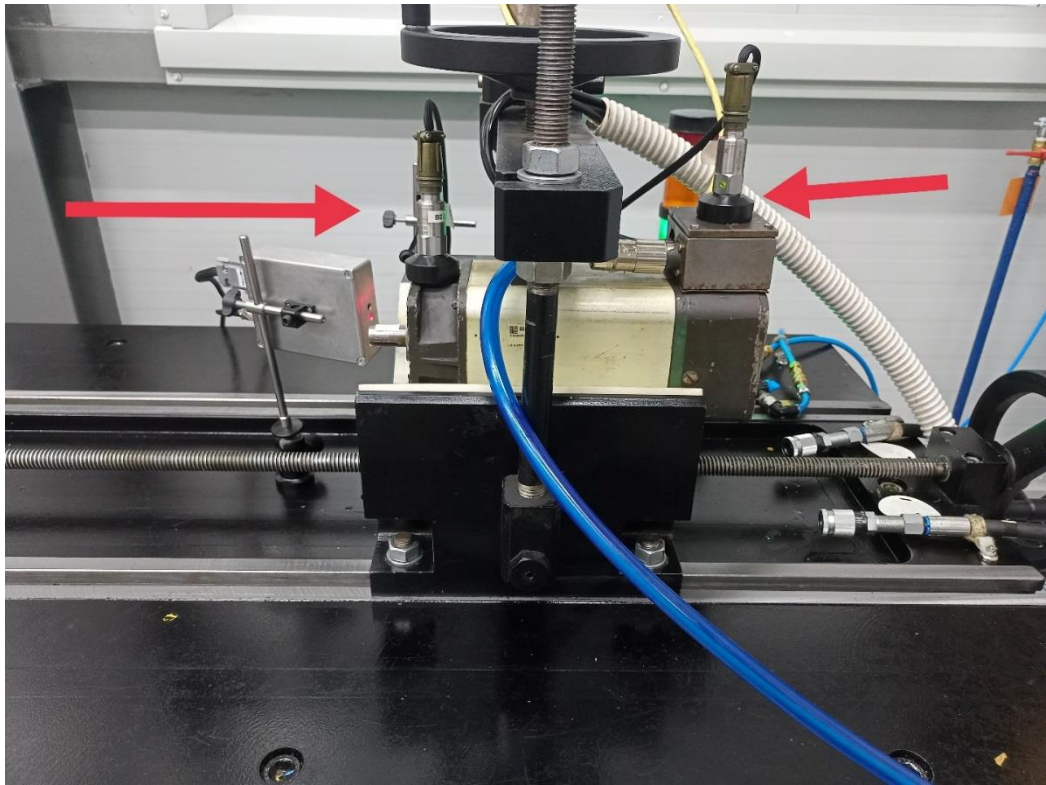


Рисунок 28 - Датчики вибрации

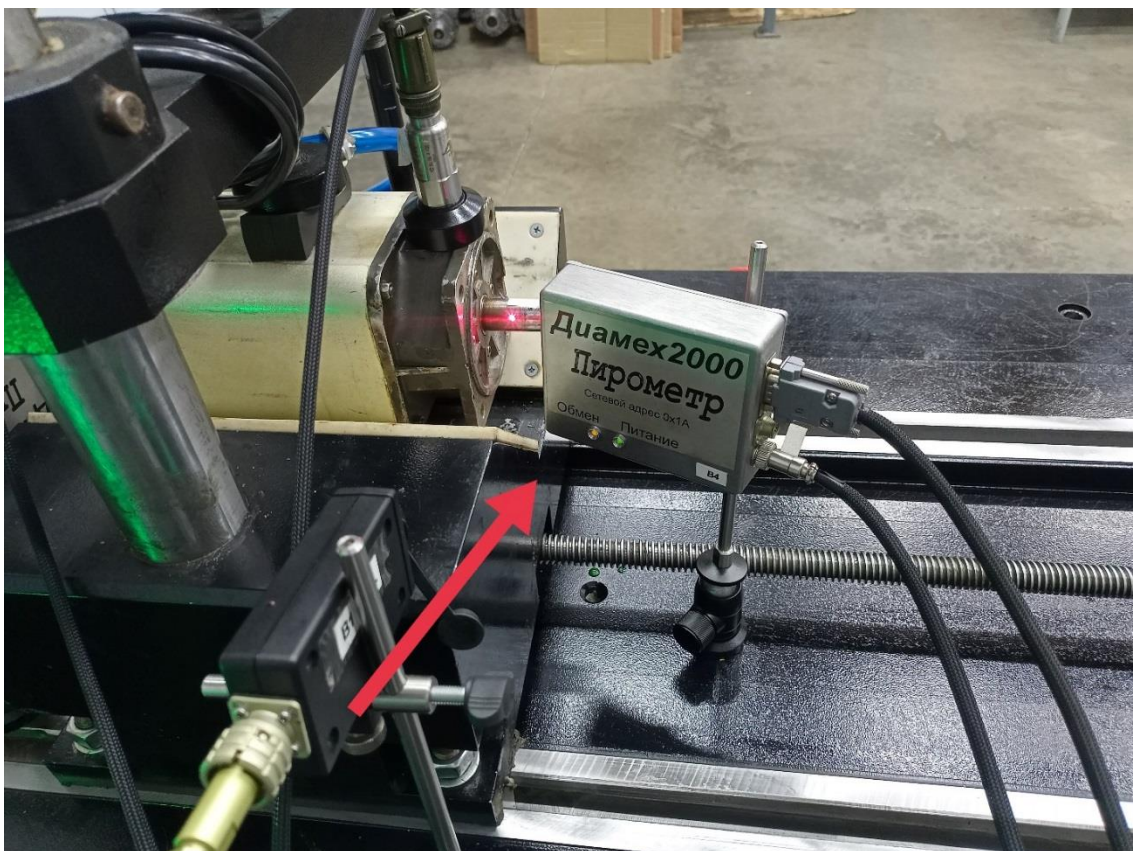


Рисунок 29 - Датчик температуры (пирометр)



Рисунок 30 - Датчик измерения оборотов

6.2 Подготовка тестирования двигателя

Оператору при первичном тестировании (испытании) двигателя, необходимо в ручном режиме в комплексе Сапфир ввести свои данные (ф.и.о), для сохранения информации и проведения статистики ремонтов, после этого необходимо ввести паспортные данные электродвигателя (тип, номинальные токи, серийный номер и.т.д). Это необходимо будет сделать в папке (двигатели). Рисунок 31.

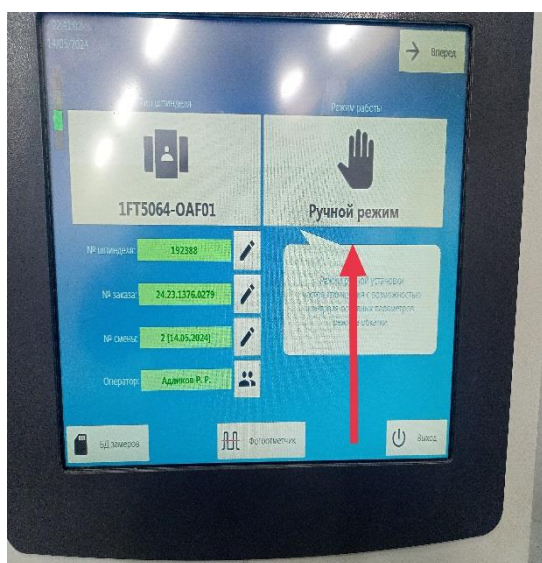
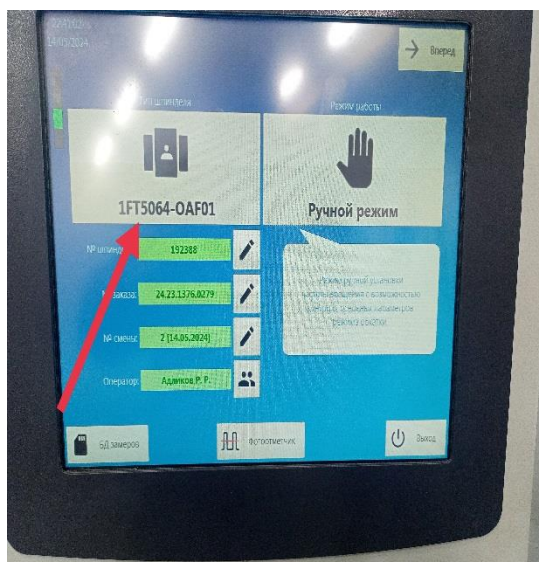


Рисунок 31 - Ввод данных

Возможные (допустимые) отклонения необходимо ввести для сравнительного анализа вовремя испытаний. Они выражены в процентных соотношениях к паспортным значениям (рисунок 32).

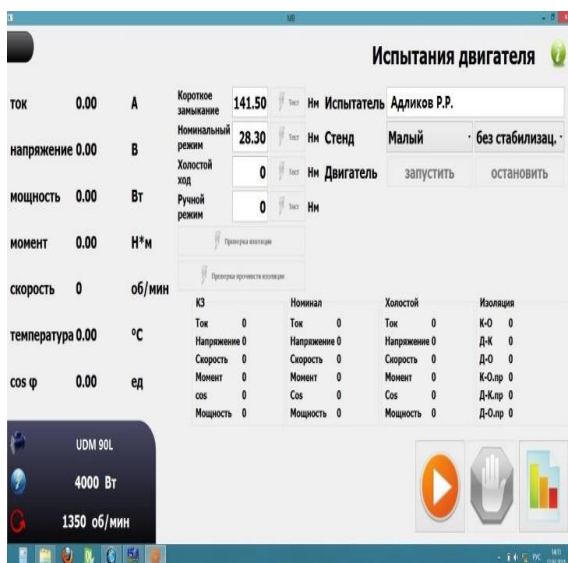
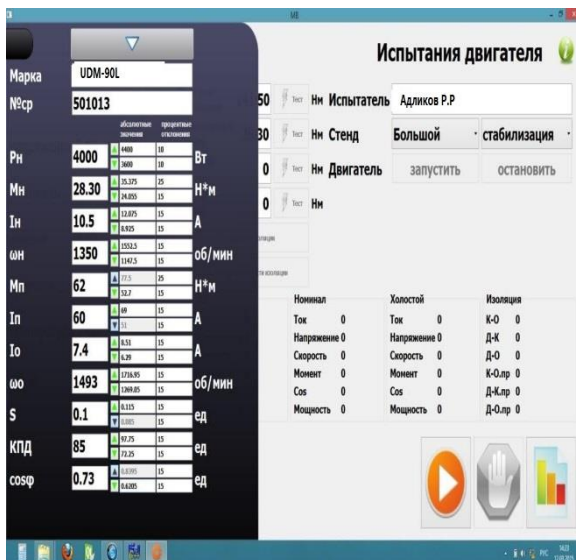


Рисунок 32 – Допустимые отклонения

6.3 Тестирование

- находим и открываем необходимые тип двигателя
- выбираем параметры тестирования
- выбираем программу активный режим. Рисунок 33



Рисунок 33 - Включение режима активации

- далее необходимо нажать запуск двигателя, после чего начнется ступенчатый переход по нагрузке двигателя

Далее система анализирует результаты, при каждом ступенчатом переходе и заносит их в таблицу, где будут фиксироваться и отображаться текущие результаты работы двигателя. Рисунок 34.









Короткое замыкание	141.50	 Тест	Нм	Короткое замыкание	141.50	 Тест	Нм
Номинальный режим	28.30	 Тест	Нм	Номинальный режим	28.30	 Тест	Нм
Холостой ход	0	 Тест	Нм	Холостой ход	0	 Тест	Нм
Ручной режим	0	 Тест	Нм	Ручной режим	0	 Тест	Нм

Рисунок 34 - Отображение результатов

6.4 Контролируемые параметры электродвигателей

Контроль температуры обмоток двигателя

Для контроля температуры используются два встроенных датчика температуры обмоток. Датчики дублируют друг друга. С учетом погрешности измерения показания датчиков могут различаться на несколько градусов, данное различие не является неисправностью. В случае если один из датчиков неисправен или не подключен, выдается информационное сообщение. Если неисправны или не подключены оба датчика, то выдается предупредительное сообщение. Запуск двигателя или продолжение испытаний в таком случае возможно, но контроль температуры обмоток не выполняется. При достижении температуры 70°C выдается предупредительное сообщение, текущие испытания не прерываются, запуск двигателя не блокируется. При достижении температуры 80°C выдается

аварийное сообщение, текущие испытания автоматически прерываются, запуск двигателя блокируется.

Контроль вибрации опор.

Вибрация опор контролируется датчиками, устанавливаемыми на магнитах на корпусе двигателя. При достижении уровня вибрации 1,8мм/с выдается предупредительное сообщение, текущие испытания не прерываются, запуск двигателя не блокируется. При достижении уровня вибрации 3,5мм/с выдается аварийное сообщение, текущие испытания автоматически прерываются, запуск двигателя блокируется.

Контроль температуры опор.

Температура опор контролируется бесконтактными датчиками (пирометрами). При достижении температуры 40°C выдается предупредительное сообщение, текущие испытания не прерываются, запуск двигателя не блокируется. При достижении температуры 45°C выдается аварийное сообщение, текущие испытания автоматически прерываются, запуск двигателя блокируется.

Контроль оборотов двигателя

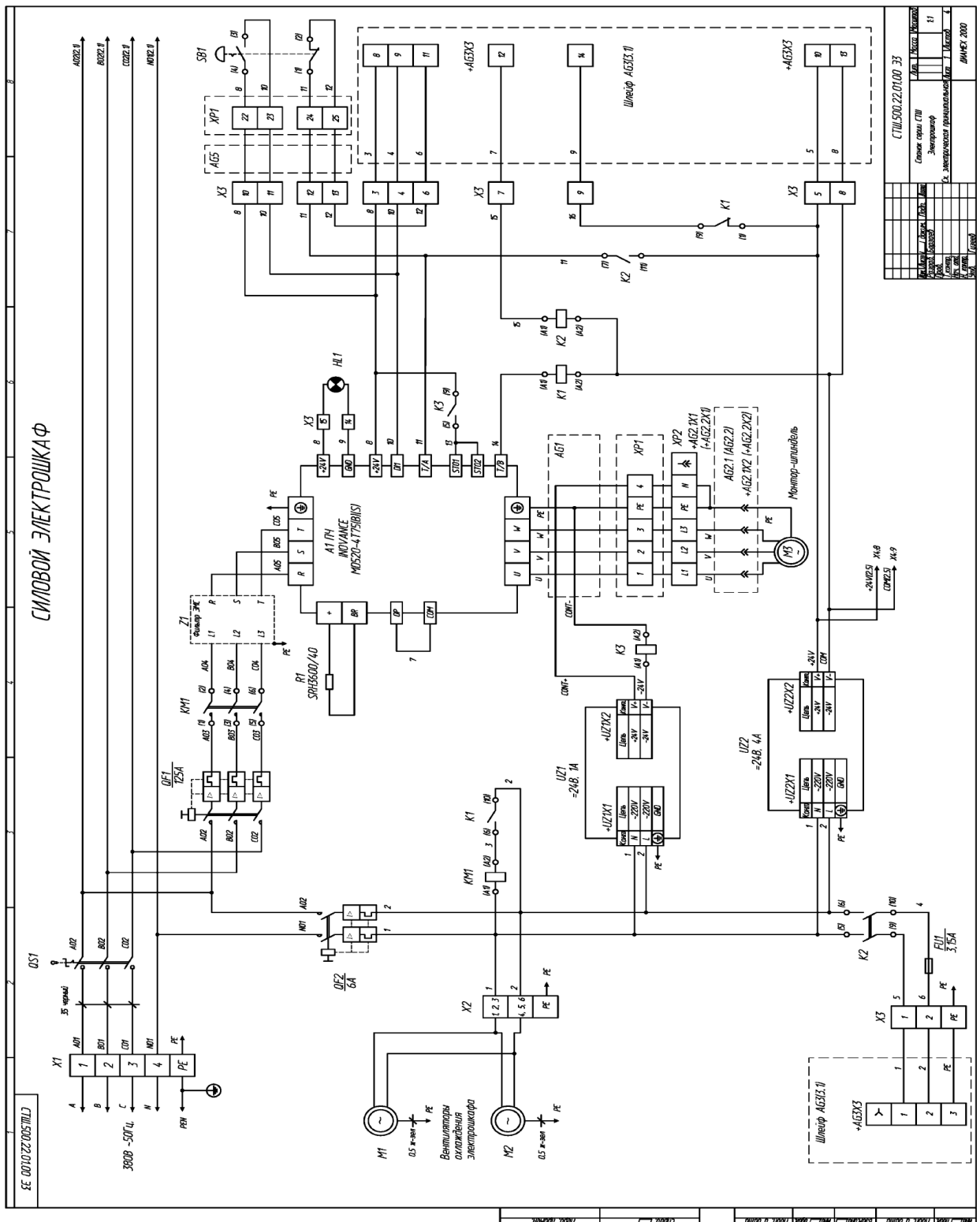
Обороты двигателя контролируются при помощи лазерного датчика оборотов. Датчик позволяет контролировать обороты и фазовую метку. Для контроля целостности линии применяются специализированные датчики протока воздушно-масленной смеси по каждой линии. При регистрации сигнала с любого из этих датчиков формируется аварийное сообщение, текущие испытания автоматически прерываются, запуск шпинделя блокируется.

Проверка энкодера

Проверка работоспособности энкодера выполняется после установки и подключения двигателя. Для проверки нужно войти в ручной режим работы стенда и нажать на экране на кнопку «Проверка датчика угла». На экране отобразится диалоговое окно, в котором будет предложено выполнить вращение двигателя. Нужно вручную вращать двигатель несколько оборотов сначала в одну, потом в другую сторону. Вращение выполнять без рывков с небольшой скоростью. В процессе вращения стенд автоматически проверит получение с энкодера сигналов о вращении и прохождении нулевой метки и отобразит результат в диалоговом окне. После проведенных успешных испытаний система «Сапфир» выдаст отчет в виде протокола и сохранит в виде файла, который можно будет распечатать и посмотреть. Для разных типов двигателей время испытаний и время ступенчатых переходом может отличаться. Поэтому большое внимание необходимо уделить при внесении данных и технических характеристик при первичном внесении данных.

6.5 Электрические и принципиальные схемы стенда

Схемы силовых электрошкафов приведены на рисунках 35-38.



6.6 Установка привода Simodrive

Привод Simodrive устанавливается согласно схеме по рисунку 39.

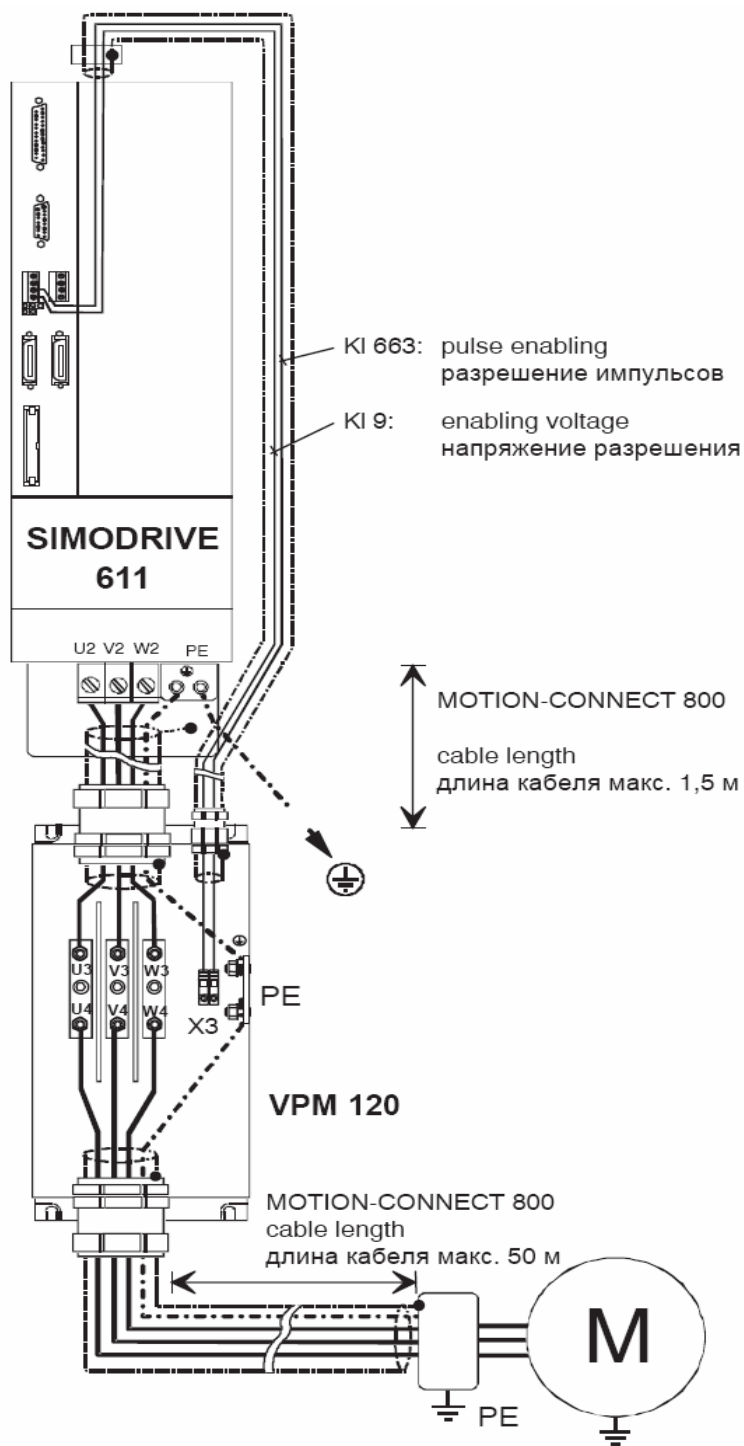


Рисунок 39 – Схема установки привода Simodrive

6.7 Организация рабочего пространства

Схема рабочего пространства (схема оператор и основные узлы) приведена на рисунке 40.

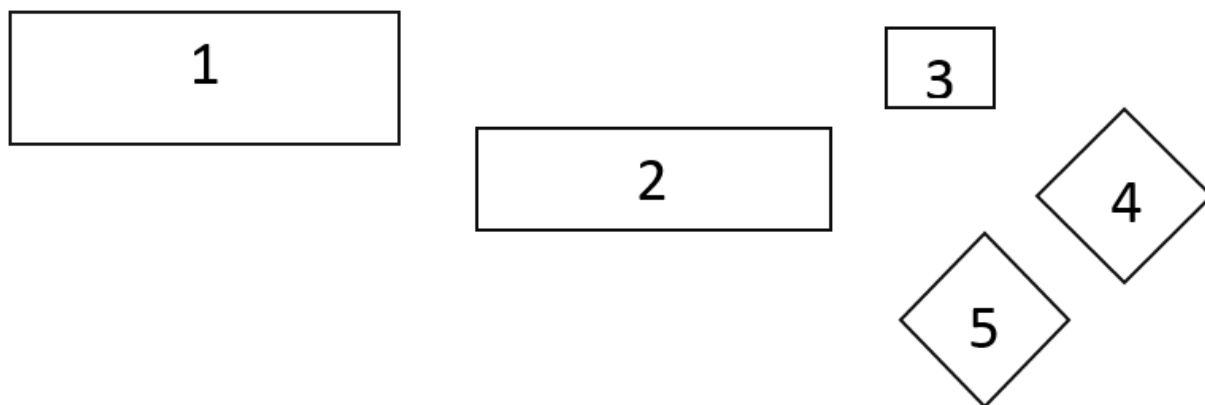


Рисунок 40 - Схема рабочего пространства

На рисунке обозначены позиции: 1. Шкаф силовой с приводом управления; 2. Стол стенда с монтажной призмой; 3. Чиллер для охлаждения (при испытании электрических машин; 4. Измерительный комплекс Сапфир; 5. Рабочее место оператора.

Выводы по разделу.

В данном разделе подробно описано проведение механических и электрических испытания электродвигателей (установка датчиков, подготовка к тестированию, тестирование, контролируемые параметры, установка привода, организация рабочего места).

Заключение

В процессе работы были раскрыты следующие вопросы:

- краткий обзор ремонтных подразделений на АО «АВТОВАЗ»
- основные сведения о единой системе ремонт обслуживания
- обзор существующего стенда СТШ500 и его характеристик
- порядок проведения испытаний на примере мотор шпинделя DMS080.34.4 FOS
- рассмотрена номенклатура ремонтируемых электродвигателей
- разработана программа проведения диагностики электрических машин и схем соединений

В основу разработки диссертации легло, соединение (модернизация) существующего стенда СТШ500 с приводом «Simodrive», для испытаний серий трехфазных двигателей FT FK в рамках индивидуальных проверок (испытаний). Благодаря различным типовым размерам призмы, для установки и фиксации электродвигателей, данный стенд может быть адаптирован для испытаний более расширенной линейки электродвигателей. В настоящее время все более преимущественно стали использоваться в машиностроительных в машиностроительных отраслях системы манипуляторов, фрезерные станки, лазерные станки. Наши испытуемые двигатели подходят для высоко динамичных приложений с низкими инерционными нагрузками в моменты времени. Такое положение данные электрические машины завоевали благодаря сочетанию комплекса эксплуатационных характеристик, возможностью изменения моментов сопротивления и высокому КПД. Данная разработка, и полученные результаты свидетельствуют об экономической целесообразности предлагаемого проекта.

При оформлении ВКР пользовались литературой [6,7,8,9,16,20,21].

Список используемой литературы

1. Алиев И. И. Электротехника и электрооборудование [Электронный ресурс]: справочник: учебное пособие для вузов / И. И. Алиев. - Саратов: Вузовское образование, 2014.
2. Арефьев, А. Н. L-Card Модуль E-1440 – АЦП-ЦАП на шину USB. Издание официальное 2014г. [Электронный ресурс]/ <http://www.lcard.ru/articles /4> (дата обращения 12.02.2024)
3. Бесколлекторные электродвигатели, серия BLF и BLM. Руководство по эксплуатации [Электронный ресурс]: Purelogic research&development. URL: https://purelogic.ru/catalog/elektroprivod/beskollektornye_elektrodivigateli_bldc/ (дата обращения: 05.05.2022)
4. Вентильный двигатель. [Электронный ресурс]: Википедия. Свободная энциклопедия. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Вентильный_двигатель (дата обращения: 20.04.2022)
5. Вентильный двигатель: конструкция, принцип работы, классификация [Электронный ресурс]: Информационный интернет-сайт “ASUTPP”. URL: <https://www.asutpp.ru/ventilnyj-dvigatel.html> (дата обращения: 20.04.2022)
6. ГОСТ 2.105-95. Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам [Текст]. - Введ. 1996-07-01. - М.: Госстандарт РФ: Изд-во стандартов, 1994.- 19с.: ил.
7. ГОСТ 2.702-2011. Единая система конструкторской документации. Правила выполнения схем.- Введ. 2012-01-01. - М.: Стандартинформ: Изд-во стандартов, 2011.- 22с.: ил.
8. ГОСТ 7.1-2003 Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления. – Введ. 2004-07-01. – М.: Изд-во стандартов, 2004. – 170 с.

9. ГОСТ 7.32-2001. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления [Текст]. - Введ. 2002-07-01. - М.: Госстандарт РФ: Изд-во стандартов, 2001.- 23с.

10. Денисов, В.А. Теория и переходные процессы электромагнитных устройств и электромеханических преобразователей энергии: - электронное учебное пособие –Тольятти: Изд-во ТГУ, 2014-160с.

11. Каталог запасных частей для двигателей серии 1FT5 ф. [Электронный ресурс]/ URL:<http://w3.siemens.com/mcms/mcsolutions/en/motors/motion-control-motors/Pages/motion-control-motors.aspx> (дата обращения 23.05.2024)

12. Каталог запасных частей для привода SIMODRIVE 610 [Электронный ресурс]/ Электрондан. – режим доступа: http://w3app.siemens.com/mcms/infocenter/content/en/Pages/order_form.aspx?nodeKey=key_516798&infotype=1.

13. Контроллеры NC STUDIO [Электронный ресурс]: Darxton. URL: https://darxton.ru/catalog_section/kontrollery-chpu-nc-studio/ (дата обращения: 18.04.2024)

14. Контроллеры бесколлекторных двигателей. [Электронный ресурс]: Электроприводы. URL: <https://electroprivod.ru/bls-drivers.htm> (дата обращения: 05.05.2024)

15. Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок. ПОТ Р М-016-2001 РД 153-34.0-03.150-00. Москва «издательство НЦ ЭНАС» 2004г.

16. Методические указания по оформлению выпускных квалификационных работ по программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры : [Электронный ресурс]. URL: [https://yadi.sk/d/Fs-9ts_VInrE3Q/BKP_\(Diplom\)](https://yadi.sk/d/Fs-9ts_VInrE3Q/BKP_(Diplom)) / Оформление ВКР (Дата обращения: 18.02.2024)

17. Неисправности шпинделя и способы их устранения [Электронный ресурс] / Информационный портал «CNC Motors» URL:

<http://cncmotors.ru/articles/neispravnosti-shpindelya-i-sposoby-ix-ustraneniya-spisok-problem-i-reshenij/>(дата обращения 14.05.2024)

18. Нормы простоя в ремонте [Электронный ресурс] / Информационный портал «Энциклопедия по машиностроению XXL» URL: <http://mashxxl.info/info/105289/>.

19. Обзор современных протоколов промышленной автоматизации — Modbus, Profinet, EtherCAT и др. от 10 августа 2023 : [сайт]. URL: <https://odinelectric.ru/industry-automation/promyshlennye-protokoly-obzor> (дата обращения: 10.03.2024).

20. Повышение показателей качества регулирования электромеханической системы с вентильным двигателем привода каретки манипулятора [Электронный ресурс] / <http://hdl.handle.net/123456789/5623>. С 28-34. (дата обращения 12.02.2024).

21. Положение о выпускной квалификационной работе: утв. решен. учен. совет. от 21.11.2019 решение №254 : [Электронный ресурс]. URL: [https://yadi.sk/d/Fs-9ts_VInrE3Q/BKP_\(Diplom\)](https://yadi.sk/d/Fs-9ts_VInrE3Q/BKP_(Diplom)) / Положение о ВКР (Дата обращения: 18.02.2024)

22. Порядок обеспечения самостоятельности выполнения письменных работ в ТГУ : [Электронный ресурс]. URL: [https://yadi.sk/d/Fs-9ts_VInrE3Q/BKP_\(Diplom\)](https://yadi.sk/d/Fs-9ts_VInrE3Q/BKP_(Diplom)) / Положение о Антиплагиате (Дата обращения: 18.02.2024)

23. Системы резервного электропитания — применение и варианты исполнения от 08 июня 2017 : [сайт]. URL: <https://enext.md/press/articles/Sistemy-rezervnogo-elektropitaniya-primenenie-i-varianty-ispolneniya/> (дата обращения: 14.03.2024)

24. Черных,И.В Моделирование электротехнических устройств в MATLAB, Sim Power Systems и Simulink/ И.В. Черных. Спб.: Питер, 2012г.

25. А.К. Bouras Behavior Technical Analysis of the Asynchronous Motor/ А.К. Bouras, А.Е. Hadjadj and S. Bouras// International Journal of Electrical and Power Engineering – 2011 – 5(1), PP 49-53.

26. BLDC (Brushless Direct Current) Fulling Motor. Purelogic research development. [Электронный ресурс]: URL: <https://purelogic.ru/news/bldc-elektrovigateli-motor-reduktory-i-privody-fulling-motor/> (дата обращения: 05.05.2022)

27. Driver BLDC-4008 [Электронный ресурс]: Purelogic R&D. URL: <https://purelogic.ru/catalog/20574/> (дата обращения: 07.05.2022)

28. SIMODRIVE 611 Converter Design Guide (edition 08.02) [Электронный ресурс]. URL: <https://vecgroup.com/assets/pdf/SIMODRIVE%20611.pdf?ysclid=lxk9kzthru840004113> (Дата обращения: 18.02.2024)

29. SIMODRIVE 1FK7 Synchronous Motors [Электронный ресурс]. URL: <https://adegis.com/media/asset/e63aa1715862a49969142404b5a5ed995739c377aa2b60f7aae76c320bfab7cb.pdf> (Дата обращения: 18.02.2024)

30. SIMODRIVE AC Servomotors 1FT5 SIMODRIVE equipment with AC motors fulfill, in the operational state and in dry operating areas, the Low-Voltage Directive 73/23/EEC [Электронный ресурс]. URL: <https://www.cnc-club.ru/forum/download/file.php?id=43309> (Дата обращения: 18.02.2024)

31. Veltman A., Pülle D.W., De Doncker R.W. (2015) VOLTAGE SOURCE CONNECTED ASYNCHRONOUS MACHINES. In: Fundamentals of Electrical Drives. Power Systems. Springer, Dordrecht