

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»

Институт энергетики и электротехники

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»

13.04.02 Электроэнергетика и электротехника  
(код и наименование направления подготовки, специальности)

Общая теория электромеханического преобразования энергии  
(направленность (профиль))

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

на тему «Разработка диагностического стенда электромеханического и электротехнического оборудования для ПАО «АВТОВАЗ»»

Студент

В.В. Ромасюков

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный

В.В. Ермаков

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

руководитель

Руководитель программы к.т.н., профессор В.В. Ермаков

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.

**Допустить к защите**

Заведующий кафедрой д.т.н., профессор В.В. Вахнина

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.

Тольятти 2018

## Аннотация

Парк технологического оборудования на машиностроительных и автомобилестроительных производства представляет из себя различные станки, обрабатывающие центры, автоматические линии, системы управления которыми содержат множество разнообразного электрооборудования. Одним из основных факторов влияющих бесперебойность и надежность работы технологического оборудования является надежность его электрической части.

В случае ремонта электрооборудования требуется проведение его тестирования и проверки перед его установкой в состав систем управления станками с целью исключения того, что оно может быть не качественно отремонтировано, что может повлечь за собой простой оборудования и расходы.

На предприятиях для этого создаются ремонтные службы, которые нуждаются в диагностическом оборудовании. Для этого необходимы многофункциональные стенды для проверки электрических компонентов систем управления, но они чаще всего производятся только под узкие задачи. Поэтому для крупных промышленных предприятий актуальна самостоятельная разработка и создание универсальных стендов для тестирования всего комплекса электротехнического оборудования, применяемого и ремонтируемого на предприятии.

## Оглавление

Введение	4
1. Структура ремонтной службы и методы проверки электротехнических устройств и приборов.	9
1.1 Обзор ремонтных подразделений предприятия	9
1.2 Анализ номенклатуры обслуживаемых электротехнических устройств	13
1.3 Обзор существующих стендов и методов проверки технического состояния электротехнических устройств	18
1.4 Особенности демонтажа электрических машин на оборудовании.	24
2 Основные виды электротехнического оборудования и разработка конструкции стенда	27
2.1 Виды диагностических стендов и существующие схемные решения	27
2.2 Требования, предъявляемые к диагностическому стенду	31
2.3 Виды электроаппаратуры проверяемой на диагностическом стенде и основные типы их неисправностей.	33
2.4 Разработка структурной и электрической принципиальной схемы стенда	50
3 Разработка инструкции по эксплуатации стенда и методики проверки электроаппаратуры на стенде.	71
3.1 Правила безопасности при работе со стендом	71
3.2 Включение стенда	71
3.3 Включение режима обкатки двигателей	72
3.4 Подключение и проверка блоков питания 24 VDC.	73
3.5 Подключение и проверка рабочего тока электромагнитов.	73
3.6 Методика проверки электротехнических устройств на стенде	74
Заключение	85
Список используемых источников	87

## Введение

ПАО "АВТОВАЗ" российская автомобилестроительная компания, крупнейший производитель легковых автомобилей в России и Восточной Европе.

Повышение требований к качеству выпускаемой продукции является причиной того, что к современному металлорежущему оборудованию непрерывно ужесточаются требования надежности и безотказности. Однако их реализация в полном объеме сдерживается следующими факторами: современные системы диагностики, встроенные в оборудование на сегодняшний день не могут полностью заменить систему планово-предупредительного ремонта (ППР), так как позволяют диагностировать лишь отдельные узлы оборудования.

Диагностика оборудования, а особенно его электрической части во всех сферах деятельности человека (производство, быт, автомобиль), это необходимость и также мера безопасности. От исправности электрооборудования в работе устройств и механизмов зависят производственные процессы, но в основном, это безопасность для жизни человека. Например, высоковольтные подстанции, КТП, электрооборудование производственных цехов подвергаются периодической диагностике, главным параметром безопасности является состояние изоляции приборов и кабелей. Сопротивление изоляции может на момент диагностики показать, насколько состарилось электрооборудование и какие меры надо своевременно принимать, для обеспечения бесперебойной работы.

Особо следует выделить автоматические линии и робототехнические комплексы и обрабатывающие центры, которые наиболее чувствительны к отказу оборудования, так как это приводит к большим издержкам. На больших промышленных предприятиях, построенных более 20 лет назад работает достаточно много оборудования, с системами управления и

электрооборудованием разных производителей. Если для диагностики электронных компонентов систем управления (электропривода, системы ЧПУ, программируемые логические контроллеры) диагностическая аппаратура выпускается производителями данных систем, то для диагностики электрических машин, пускорегулирующей и контрольной аппаратуры различных производителей приходится или заказывать или самостоятельно изготавливать универсальные контрольные приборы и стенды.

Проблема диагностики и ремонта электрической части после профилактического и капитального ремонта до конца не решена и представляют интерес в плане предупреждения развития дефектов и снижения потерь производства, как временных, так и финансовых.

Например, для получения запасных частей для ремонта, требуется в начале подписать накладную на получение запасных частей в бюро специализированных или нормализованных запасных частей, которые находятся западной части корпуса 15.3.

Ремонтные же участки и бригады, разбросаны по территории всего завода и для того что бы добраться с территории участка до инженеров бюро запасных частей в среднем приходится проделать путь около 2500 метров. Далее необходимо поехать на склад (электрики, пневматики, гидравлики), которые также находятся в разных местах завода. Среднее расстояние от бюро запасных частей до склада также в среднем равно 4000 метров, а далее со склада до участка в среднем еще около 2000 метров. Итого для получения любой запасной части со склада требуется преодолеть расстояние около 10 километров и потратить значительные людские и материальные ресурсы. Примерная траектория передвижения при получении запасных частей обозначена на рисунке 1.

А в случае получения не исправной или не штатно функционирующей запасной части, после ремонта необходимо демонтировать ее и сдать на склад, получив новую, тем самым повторив выше описанный путь, что означает что

временные и финансовые затраты возрастут практически в 2 раза. А отсутствие 100% входного контроля электромеханического и электротехнического оборудования из фонда нормализованных запасных частей приводит к длительным простоям промышленного оборудования и срыву программы производства.



Рисунок 1 Траектория передвижения ремонтного персонала по территории предприятия для получения запасных частей

Диагностические стенды позволяют проверить качество и работоспособность как ремонтных так и новых нормализованных запасных частей и гарантирует работоспособность узла перед его установкой.

Актуальность: Сокращение времени простоев оборудования за счет 100% тестирования и входного контроля получаемой с внутренних бригад централизованного ремонта электроаппаратуры и электродвигателей и от внешних поставщиков. Разрабатываемый стенд позволит оценить технические характеристики и фактическую работоспособность, отремонтированных запасных частей перед установкой их на оборудование.

Целью магистерской работы является: уменьшение времени ремонта и снижение затрат на обслуживание механосборочного и металлорежущего оборудования на производстве двигателей ПАО АВТОВАЗ.

Новизна работы заключается в разработке конструкции универсального диагностического стенда, с управлением от ПЛК и возможностью гибкого программирования интервалов подачи тестовых напряжений для имитации работы на оборудовании, проверяемых устройств и элементов, а также разработанных методик испытания для различных устройств и элементов.

Задачи исследования:

1) разработать конструкцию, электросхему и программное обеспечение для универсального диагностического стенда проверки электротехнических устройств и элементов, применяемых в системах управления после их централизованного ремонта, как на территории АВТОВАЗа, так и пришедших с после ремонта от внешних поставщиков;

2) разработать методики проверки работоспособности и технического состояния отремонтированных электротехнических элементов, электрических машин и устройств системы управления.

Практическая значимость.

Практическая значимость работы заключается в разработке и создании действующего диагностического стенда для проверки электротехнического оборудования и устройств.

Основные положения, выносимые на защиту.

Структура и конструкция стенда, с управлением от программируемого логического контроллера с возможностью функции имитации работы механизмов по времени.

Апробация работы

Результаты работы проверены в Производстве двигателей ПАО “АВТОВАЗ”. По теме диссертации опубликованы 3 научные статьи [21-23].

1. Рузанов А.Н., Ромасюков В.В., Контрольный стенд для электроаппаратуры  
Материалы Всероссийской научно-технической конференции Наука.  
Технология. Производство 2016. Современные методы средства диагностики  
электроэнергетического и электротехнического оборудования, средств и систем  
автоматики: Уфа, 2016г: – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2016. – С 225-228.
2. Ромасюков В.В., Рузанов А.Н., Северина А.А., Испытательный стенд для  
электрических машин и электроаппаратуры.//: V Всероссийская научно-  
техническая конференция (к 50-летию юбилею кафедры «Электроснабжение  
и электротехника» института энергетики и электротехники) Проблемы  
электротехники, электроэнергетики и электротехнологии: Тольятти, 1-2 ноября  
2017 года: сборник трудов Тольятти: Изд-во ТГУ, 2017. С 414-419
3. Ромасюков В.В., Демьяненко А.В., Стенд диагностики  
электротехнического оборудования для промышленного предприятия. Сборник  
статей Международной научно – практической конференции “Современные  
условия взаимодействия науки и техники”: Челябинск 29 марта 2018 г: - Уфа:  
ОМЕГА САЙНС, 2018.- 227с.

Структура и объём работы.

Структура: введение, 3 раздела, заключение, список использованной литературы и приложение. Основное содержание работы изложено на 91 странице, содержит 44 рисунка и 1 таблицу.



# 1. Структура ремонтной службы и методы проверки электротехнических устройств и приборов.

## 1.1 Обзор ремонтных подразделений предприятия

На ПАО “АВТОВАЗ”, как на многих крупных промышленных предприятиях существует собственная ремонтная служба, в которую входят как подразделения, непосредственно отвечающие за ремонт оборудования, так и структуры обеспечивающие закупку новых запасных частей и ремонт вышедших из строя и снятых с оборудования узлов и компонентов.

В структуре предприятия существует служба вице-президента по производству автокомпонентов, в которую входят Производства Двигателей, Производство Коробки Передач и Производство Шасси, также обладающие собственной ремонтной службой и Дирекция по обслуживанию и ремонту технологического оборудования.

Обобщенная структура ремонтной службы Производства двигателей представлена на рисунке 1.

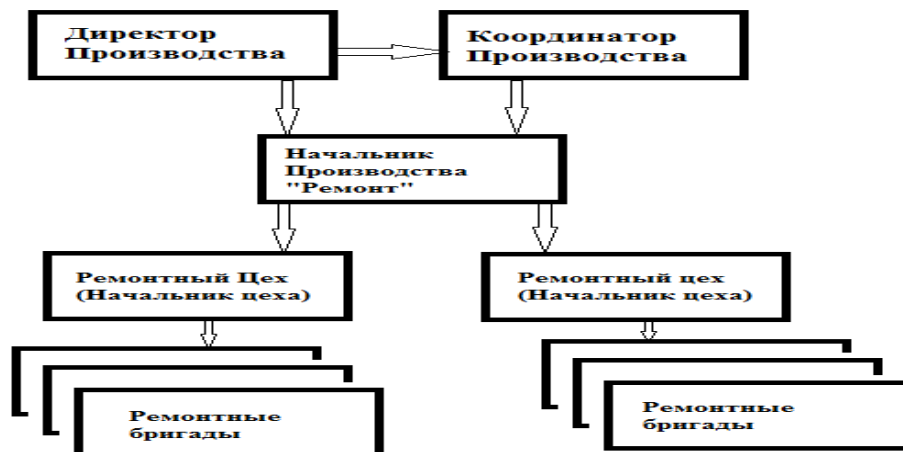


Рисунок 1 - Структура ремонтной службы Производства двигателей

В структуру же Дирекции по обслуживанию и ремонту технологического оборудования входят: 1) Производство ремонта и обслуживания оборудования 2) Управление главного механика 3) Управление технического обслуживания электротехнических систем.

Производство ремонта и обслуживания оборудования занимается пусконаладкой, перемонтажом оборудования и обслуживанием конвейерных систем. Управление технического обслуживания электротехнических систем занимается обслуживанием электронных систем, модернизацией, корректировкой программного обеспечения, аварийным, текущим и планово-предупредительным ремонтом, настройкой и наладкой систем электропривода, промышленных контроллеров и ЧПУ, обслуживанием систем КИПиА, а также ремонтом контрольно-измерительных машин в термоконстантных боксах.

Управление главного механика контролирует закупку запасных частей, занимается поэлементным ремонтом отдельных компонентов электроники, электрики, пневматики, гидравлики и централизованным ремонтом электрических машин.

Например, для ремонта и проверки систем электропривода и серводвигателей применяются как разработанные фирмами производителями электроприводных систем стенды, так и самостоятельно спроектированные и изготовленные в условиях завода стенды. Примеры таких стендов изображены на рисунке 2.

На этих стендах происходит проверка и диагностика вентильных электродвигателей различных таких производителей как ф. Allen-Bradley, ф. Indramat, ф. Bosch.

Стенд представляет панель управления с переключателями выбора определенного вида привода, селекторами включения деблокировки, резисторами регулировки задания и контрольными приборами по которым отслеживается ток и напряжение, эти данные берутся непосредственно с измерительных выходов преобразователей. Вводной автомат данного стенда

рассчитан на то, что на нем можно одновременно проверять два различных двигателя.



а)



б)

Рисунок 2 -Внешний вид проверочного стенда для приводов исерводвигателей ф. Siemens а) силовая часть б) панель управления

Производство Двигателей, Производство Коробки Передат и Производство Шасси являются самостоятельными подразделениями, выделенными из состава бывшего МСП (Механосборочного производства)

Каждое из этих производств обладает собственной ремонтной службой, включающей в себя как инжиниринговые подразделения, возглавляемые Главным инженером производства, так и Производство ремонта, в состав которого входят обособленные ремонтные подразделения, персонал которых занят непосредственным обслуживанием оборудования.

В момент, когда в МСП (Механосборочном производстве) существовала объединенная ремонтная служба, то для нужд каждого из ремонтных цехов и подразделений были созданы диагностические стенды для проверки электрической и электронной аппаратуры.

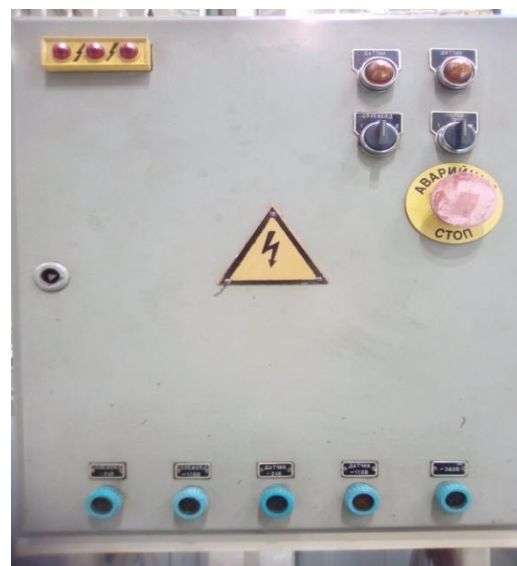
В результате структурных изменений в ремонтных подразделениях, на базе одного цеха могло быть образованно от 2 до 4 более маленьких ремонтных подразделений и цехов.

И в данном случае, материальная база делилась не равных пропорциях, а диагностическое оборудование, имеющееся в единичном экземпляре, такие как диагностические стенды, просто отдавались на баланс более крупных вновь созданных подразделений, а другие подразделения по факту были вынуждены закупать в случае возможности или же самостоятельно создавать подобное оборудование вновь.

Примеры применяемых на данный момент в ремонтных подразделениях стендов для проверки электротехнического оборудования представлены на рисунке 3.



а)



б)

Рисунок 3 - а) Стационарный стенд проверки электротехнических устройств  
б) Мобильный стенд проверки электротехнических устройств

Поэтому у вновь созданных ремонтных цехов и подразделений появилась необходимость в разработке и создании диагностического оборудования для проверки электрических компонентов систем управления оборудованием и исполнительных механизмов и электрических машин применяемых на оборудовании производства.

## 1.2 Анализ номенклатуры обслуживаемых электротехнических устройств

Технологическое оборудование, применяемое в современном промышленном оборудовании очень разнообразно и напрямую зависит от того какая продукция на нем выпускается. Но, не смотря на все разнообразие технологического оборудования в состав его систем управления и исполнительных устройств и элементов всегда входит ряд устройств и приборов применяемых на любом технологическом оборудовании которые условно можно разделить на три группы: 1) элементы системы управления 2) контрольные устройства 3) исполнительные устройства.

К первой группе относят программируемые контроллеры (PLC), системы ЧПУ и электропривода, электромагнитные реле, пускатели, реле времени, автоматические выключатели. Примеры таких контроллеров показаны на рисунке 4.



а)



б)

Рисунок 4 - а) Контроллер Simatic S7 б) Simatic S5

Ко второй группе можно отнести бесконтактные датчики и конечные выключатели, токовые реле, реле контроля скорости, тахогенераторы. Эти устройства контролируют фактическое положение исполнительных элементов,

узлов и приборов на оборудовании и дают в зависимости от типа выхода соответствующие сигналы на элементы системы управления технологическим оборудованием. Эти устройства выпускаются в различных формфакторах, на все типы и виды стандартных напряжений и имеют в зависимости от назначения как аналоговые, так и цифровые выходы.

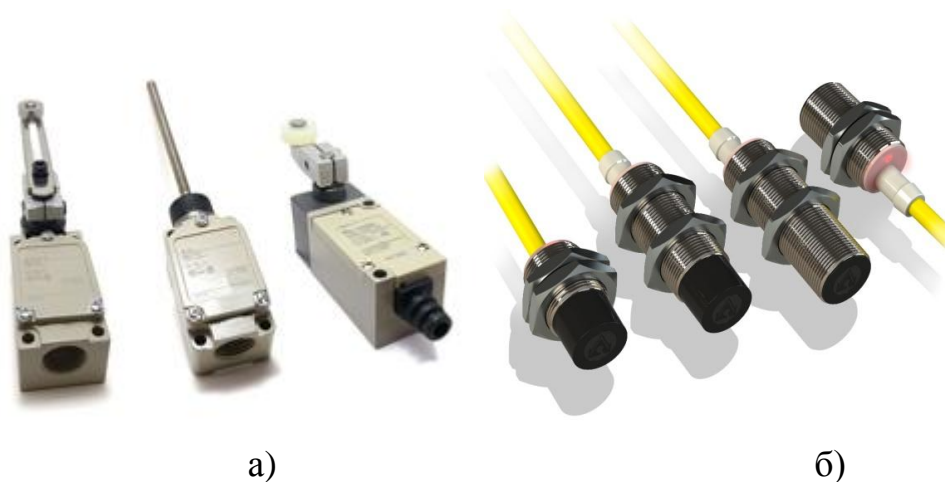


Рисунок 5 - а) Конечные выключатели б) бесконтактные датчики

Бесконтактные датчики в зависимости от конструкции бывают емкостными, индуктивными, лазерными, ультразвуковыми, герконовыми, магнитострикционными. У датчиков существуют как аналоговые так и цифровые выходы. Датчики выпускаются на все виды и типы напряжений стандартного ряда: от 5 В постоянного напряжения до 220 В переменного. Основными формфакторами для бесконтактных датчиков являются цилиндрическая, прямоугольная и форма таблетки. Датчики подключаются непосредственно к входным платам системы управления (ПЛК или ЧПУ) или через промежуточное реле, позволяющее сделать гальваническую развязку.

Вариант подключения датчика выполняется двумя способами: кабелем который выходит непосредственно из датчика и к стандартному круглому разъему (M8, M12), выполненному на датчике к которому подключается заменяемый кабель, разъем которого может быть как прямым (S20) так и изогнутым на 90 градусов (S19).

Датчики в зависимости от типа питания бывают или 2 или 3(4) проводными.

В случае если питание датчика осуществляется переменным напряжением то датчик подключается по двупроводной схеме. В случае, если датчик рассчитан на постоянное напряжение, то он подключается по 3х проводной схеме, где по двум проводам осуществляется питание, а третий будет являться выходным сигналом. В зависимости от схемы питания датчики бывают PNP и NPN. Датчики в основной своей массе имеют стандартизованные цвета проводов : черный, синий и коричневый. Коричневый и синий соответственно плюс и минус питания, а черный провод будет являться выходом. Реже встречается цветовая следующая цветовая гамма: черный, красный и белый. Красный и черный провода соответственно будут являться плюсом и минусом питания, а белый выходом.

Датчики, в большинстве случаев имеют сигнальный светодиод, а иногда и два в зависимости от числа выходов (NO и NC), а также часть из них имеет потенциометр, который регулирует чувствительность рабочей зоны датчика.

Третья группа это электродвигатели, соленоиды, электромагнитные тормоза муфты и т.д. в основном установленные на борту оборудования. Устройства, относящиеся к этой группе, представлены на рисунке 6.

Количество электротехнических устройств в оборудовании напрямую зависит от его сложности, например для небольшого токарного станка без ЧПУ оно составляет около 150 элементов. А с учетом того, что например в производстве Двигателей задействовано более 4200 единиц технологического оборудования, то общее количество электротехнических устройств, установленного на этом парке оборудования является просто огромным.

У каждой из данных групп существуют свои основные виды неисправностей появляющихся в процессе эксплуатации. Например, для электромагнитных пускателей, реле и контакторов основной неисправностью является подгорание силовых контактов и их дребезг.





а)



б)

Рисунок 6 - а) Электромагнитная муфта  
б) Гидрораспределитель (соленоид)

Для автоматических выключателей основными неисправностями является слишком долгое время срабатывания или завышенный(заниженный) по сравнению с номинальным ток отсечки. Для электрических моторов характерны и механические неисправности (износ подшипников, валов, посадочных мест в щитах) так и электрических: повышенный ток, различный ток по фазам, проблемы коммутации и т.д.

Также отдельно необходимо выделить случаи, когда при сравнении заявленных производителем характеристик реальными, выяснялось несоответствие характеристик аппаратуры и электрических машин существующей нормативной документации. Данная проблема особенно актуальна в случае закупки аналогов аппаратуры и исполнительных механизмов импортного производства, выпущенных в Азиатских странах по лицензии производителя или же сделанных сторонним производителем.

Подобные проблемы часто наблюдаются с пускорегулирующей аппаратурой, промежуточными реле и другой номенклатурой известных брендов (ф. Siemens, ф. Шнейдер электрик). На рисунке 7 представлен пример таких реле времени, выпускаемых фирмой “Siemens” (справа) и по ее лицензии



в Азиатском регионе(слева). Надежность подобной аппаратуры, выпущенной по лицензии зачастую значительно ниже, при этом не редки случаи ее полной неработоспособности даже если она новая. А это в свою очередь снова влечет за собою расходы времени и денег на ее замену. Такого рода проблемы с качеством часто встречаются у производителей из районов Северного Кавказа нашей страны, например “Даг Электро”, когда получаемая со складов новая продукция абсолютно не соответствует заявленным характеристикам или при этом имеет очень низкое качество.



Рисунок 7 - Реле времени ф. Siemens (справа) и его аналог (слева)

Такого рода проблемы также актуальны и для электрических машин, сделанных на сборочных заводах в Азиатском регионе и регионах Дальнего Востока России.

Производство электрических машин, в этом регионе представляет собою в основном крупноузловую сборку из готовых частей, на небольших ремонтных базах, на устаревшем оборудовании и без проверки технических характеристик на выходе.

Электрические машины, собранные в таких условиях и на таких предприятиях обычно отличаются меньшей ценой, а соответственно значительно худшим качеством, за счет экономии на комплектующих, а также имеют минимальные запасы по перегрузочной способности по току и моменту.

Также встречаются и варианты, когда под видом новых запасных частей на предприятия продают запасные части и комплектующие бывшие в употреблении и прошедшие даже не капитальный ремонт, а в лучшем случае небольшую внешнюю ревизию.

Не смотря на то, что системы закупок на крупных предприятиях зачастую позволяют отфильтровать производителей низкокачественных компонентов и запасных частей для ремонтных, закупаемых для ремонтных нужд предприятия, но тем не менее, устранить на 100% подобные проблемы даже на больших предприятиях не возможно, что влечет за собой значительные затраты времени для последующего ремонта оборудования в случае установки подобного рода низкокачественных запасных частей.

### 1.3 Обзор существующих стендов и методов проверки технического состояния электротехнических устройств

В случае наличия в структуре ремонтной службы предприятия участков централизованного ремонта электрических машин и электроаппаратуры, на которых требуется контролировать их после ремонта и профилактики наличие универсальных контрольных стендов является необходимым.

Испытательный стенд - это оборудование, предназначено для контрольных, приёмочных и некоторых специальных испытаний разнообразных устройств. В момент испытания объекты на нем подвергаются действию нагрузок, сопоставимых с реальными условиями.

Целью подобных испытаний является выяснение реакции объекта на специфические условия и предельных значений нагрузки с целью выявления возможности его правильного функционирования, после установки его. Структурно, любой испытательный стенд должен представлять собой совокупность некоторого рабочего поля (плиты, станины или устройства для фиксации тестируемого устройства), системы нагрузки (вибрационная,

механическая, электрическая или другая в зависимости от типа испытаний) и контрольно-измерительной аппаратуры, предназначенной для снятия показателей реакции образца на нагрузку.

Преимуществом испытаний на стенде перед испытаниями в реальных условиях является возможность оценки реакции образца на определённый тип и величину нагрузки при различных интересующих параметрах, что позволяет выявить скрытые технологические и конструктивные недостатки и брак, допущенный в изготовлении или ремонте изделия.

Технические возможности каждого испытательного и контрольного стенда определяется задачами, выполняемыми ремонтными подразделениями. Но в связи с увеличением объема работ, закрепленных за каждым ремонтным производством к стендам стали предъявляться новые требования по их функциональности.

Чем лучше технически оснащен стенд – тем более тщательной и углубленной (по метрологическим и алгоритмическим характеристикам) становится проверка электроаппаратуры для системы управления технологическим оборудованием. Отсюда вытекает необходимость наличия подобного стендового оборудования для диагностики электрооборудования.

Наряду с серийно выпускаемыми приборами (для проверки отдельных видов электроаппаратуры) существует необходимость в специализированном оборудовании. Такого вида оборудование чаще всего является уникальными, как правило, производится самостоятельно или делается под заказ.

Имеющиеся в свободной продаже стенды, в основной своей массе, не универсальны и в основном предназначены для решения узкого круга задач: специализированные стенды для обкатки электрических машин в широком диапазоне мощностей, пример которых изображен на рисунке 8(а), а также стенды для прогрузки автоматических выключателей и проверки отдельных видов аппаратуры, изображенные на рисунке 8(б).

Такие стенды предназначены для контроля качества ремонта, измерения технических характеристик аппаратов в процессе ремонта, регистрации параметров, анализа данных на соответствие заданным требованиям.

Подобные стенды чаще всего делаются как отдельные посты для проверки определенного вида аппаратуры: пост для контроля и регистрации параметров, электромагнитных контакторов, пост для проверки и регистрации характеристик автоматических выключателей, пост для проверки параметров электромагнитных реле и резисторов. Но данные стенды не представляют собой готового универсального решения, они достаточно дороги и занимают много места.



а)

б)

Рисунок 8 - а) Стенд проверки электродвигателей

б) Стенд прогрузки автоматов

Стенды, которые можно отнести к универсальным, в основном представляют собой лабораторные стенды, включающие в себя набор маломощных блоков питания и генераторы импульсов, которые не способны обеспечить достаточные энергетические и функциональные показатели, требуемые в производстве, а также на них не возможно обеспечить достаточно большой объем проверяемых изделий.

Пример таких стендов представлен на рисунке 9.



Рисунок 9 – Универсальные лабораторные стенды

При этом к недостаткам все данных стендов в основном можно отнести как длительное время на их создание, так и значительные затраты на их приобретение.

В связи со всем выше перечисленным в ремонтных подразделениях Производства Двигателя возникла необходимость в создании универсального стенда, способного проверять и диагностировать работоспособность основной части используемой номенклатуры электротехнических устройств и электрических машин, применяемых в производстве

На данный момент времени, на действующем оборудовании Механосборочных производств, применяются достаточно много электрических и электромеханических устройств, которые были отремонтированы в бригадах и подразделениях централизованного ремонта как внутри ПАО «АВТОВАЗ», так и в сторонних ремонтных фирмах.

К таким устройствам относятся электрические машины и моторредукторы и трансформаторы, электромагнитные муфты, катушки тормозов и т.д.

Все асинхронные двигатели (А.Д.), двигатели постоянного тока (Д.П.Т.), серводвигатели (С.Д.) и шаговые двигатели (Ш.Д.) проходят капитальный ремонт внутри предприятия на площадях Энергетического производства. В

случае необходимости замены обмотки двигателя целиком или основных токоведущих частей обмотки данная работа проводится также силами данного производства.

В случае ремонта механической части двигателей, при целости его обмоток то, как ремонт подшипниковых узлов, замена подшипников, восстановление валов, восстановление и замена тормозов и дополнительного навесного оборудования такой ремонт проводится силами двух бригад участка централизованного ремонта УГМ ДОРТО.

Данные подразделения имеют в своем распоряжении самостоятельно спроектированные стенды для тестирования электродвигателей, представленные на рисунке 10.



Рисунок 10 - Стенды для тестирования электродвигателей УГМ ДОРТО

Так как объем ремонтируемых двигателей в подразделениях очень велик, что достаточно наглядно видно на рисунке 11, где представлен объем двигателей, поступивших в ремонт за 2 рабочих дня. При имеющихся на данный момент ресурсах, так технических, так и людских, полная проверка всех отремонтированных двигателей силами Энергетического производства и УГМ ДОРТО практически не возможна.



Рисунок 11 - Электродвигатели преданные на ремонт в УГМ ДОРТО

Основная часть двигателей не проходят выходное тестирование в должном объеме или же оно просто ограничивается простой проверкой сопротивления изоляции штатными электроизмерительными приборами. Полная проверка и обкатка двигателя на холостую производится выборочно. Это делают в основном только для двигателей с бездублерного или лимитирующего оборудования.

В связи с этим не редки случаи, когда оборотный двигатель или моторедукторный узел, полученный со склада, после установки его на оборудование или не работает в штатном режиме (превышение тока, перекос тока по разным фазам, повышенный нагрев, вибрация и т.д.) или же требует его настройки или длительной по времени регулировки силами специалистов бригад централизованного ремонта (регулировка тормозов электродвигателей, не герметичность разъемных соединений не соответствие геометрических параметров выходных валов и шпоночных пазов). Примеры таких двигателей представлены на рисунке 12.





Рисунок 12 – Деформированный шпоночный паз электродвигателя, полученного со склада.

#### 1.4 Особенности демонтажа электрических машин на оборудовании.

Надо отметить, что зачастую электродвигатели, моторредукторы, трансформаторы, индукторы для установок сварки, различные электромеханические исполнительные механизмы (распределители, тормозные муфты) имеют достаточно большие массогабаритные размеры, что приводит к большим затратам времени, примеры мест установки двигателей в неудобных местах и на высоте представлены на рисунке 13.



а)



б)

Рисунок 13 - а) двигатель, установленный на высоте  
б) двигатели, установленные в ограниченном пространстве



Помимо этого стоит отметить, что очень часто исполнительные механизмы располагаются внутри станин и в труднодоступных нишах и для того что бы смонтировать их туда требуется работа в очень неудобном положении, внутри скрытых полостей технологического оборудования, куда могут поместиться только люди с небольшими массогабаритными показателями. При этом часто вес и размеры устройств, находящихся в таких нишах значительны. Пример установки датчика и распределителя в подобную скрытую показано на рисунке 14.



Рисунок 14 – Монтаж датчика и распределителя в скрытой полости оборудования

Также для их монтажа и демонтажа чаще всего приходится затрачивать значительные людские и технические ресурсы: 1) использование различных грузоподъемных механизмов и машин 2) излишнее использование ГСМ для транспорта, при доставке запасных частей на склад и в ремонт 3) использование газопламенного оборудования и жидкого азота для напресовки шкивов и передаточных механизмов на двигатели и согласования этих работ с противопожарными службами

Примеры исполуемых ГПМ при установке (снятии) электродвигателей и моторредукторови других тяжелых запасных частей на вертикальных осях

технологического оборудования ПД “АВТОВАЗ” и в труднодоступных местах показаны на рисунке 15.



а)



б)

Рисунок 15 – ГПМ, применяемые при ремонте оборудования  
а) ручные ГПМ типа “Гусь” б) самоходный V-карт

Все выше сказанное в свою очередь приводит к достаточно большим материальным издержкам, которые в свою очередь приводят к увеличению простоя оборудования. Это как следствие влияет на ритмичности выпуска продукции, ее себестоимость для производства и как итог себестоимости продукции предприятия в целом.

Выводы по главе: Наличие диагностических стендов для проверки электротехнического оборудования и электрических машин на крупных промышленных предприятиях является необходимостью, продиктованной как экономическими показателями, так и технической необходимостью: 100% входным контролем за получаемой после ремонта электротехнической продукцией с целью избежание простоя оборудования в связи большим объемом применяемой ремонтной аппаратуры и электродвигателей используемых в производстве.

## 2. Основные виды электротехнического оборудования и разработка конструкции стенда

### 2.1 Виды диагностических стендов и существующие схемные решения

В наше время производится большое количество диагностического оборудования различной направленности и сложности. Такие диагностические стенды условно можно разделяются на четыре группы: специализированные стенды, учебные стенды, лабораторные стенды, универсальные стенды. Для условий промышленного производства наиболее подходят специализированные и универсальные стенды [23]. Рассмотрим данные типы стендов.

К специализированным стендам относят стенды предназначены для проверки узкой группы электротехнических приборов или устройств. К таким стендам, например относятся стенды прогрузки автоматических выключателей, проверки электроаппаратуры для тягового подвижного состава, проверки электродвигателей и т.д., пример такого стенда представлен на рисунке 16.



Рисунок 16 – Прогрузочный стенд для автоматических выключателей

В Производстве Двигателей ПАО “АВТОВАЗ” к таким стендам относятся стенды для проверки плат систем управления ЧПУ определенных версий (например для Sinumerik 840Ds1) и серводвигателей ф. Siemens, изображенный на рисунке 17.

При этом подобные стенды ф. Siemens могут использоваться и для приобретения практических навыков по управлению, программированию и выполнения сервисных задач для персонала работающего оборудовании с такими системами ЧПУ, т.е. служить в качестве учебных стендов. Такие стенды полностью сконструированы в соответствии европейскими нормами, а так же на них предустановлено лицензионное программное обеспечение и программы адаптации.



Рисунок 17 –Стенд SINUMERIK 840Dsl ф. Siemens

Универсальные стенды предназначены для проверки и испытания всей номенклатуры основных электротехнических устройств. Примером таких устройств может послужить пневматические и гидравлические распределители, индуктивные датчики, электромуфты, пускатели, реле и т.д.

В основном такие стенды представляют собою рабочее место с набором стандартизированных напряжений, как переменного, так и постоянного тока, набором определенных колодок для подключения проверяемой аппаратуры и контрольно-измерительными приборами для снятия показаний. Данные стенды могут быть выполнены как в виде набора блоков, из которых можно собрать необходимый заказчику стенд, так и в виде готового устройства с жестким функционалом. На подобных стендах также монтируются и системы нагрузки для проверки например тяговых усилий на исполнительных устройствах [7].



снимается питание. А для определения времени срабатывания проверяемого автомата с одновременным включением QF1 подается питание на катушку KV2, которая включает электрический секундомер  $P_t$ .

При отключении проверяемого автомата его блок - контакты замыкают цепь питания реле KVI, а оно в свою очередь своим контактом KV1:1 выключает секундомер  $P_t$ . Подобная схема позволяет осуществлять проверку максимальных и тепловых расцепителей автоматов. Ток срабатывания определяют, постепенно повышая его до величины, при которой сработает расцепитель у испытуемого автомата.

Если расцепитель имеет регулируемую уставку, то испытания нужно проводить для всех значений тока. Для каждого значения уставки тока необходимо произвести несколько замеров для нахождения среднего значения тока срабатывания. Результат испытания считается удовлетворяющим условиям, если наибольшая разность между средним током срабатывания и током уставки не превышает 10 %.

Проверку времени срабатывания проводят, пропуская через расцепитель двукратный ток уставки при двух крайних значениях уставки тока. Для каждого значения уставки также следует произвести несколько измерений и вычислить среднее значение времени срабатывания.

Результат испытания считается удовлетворительным, если наибольшая разность между средним значением времени срабатывания и соответствующим средним значением уставки по времени не превышает  $\pm 0,1$  с при уставках до 2 с и  $\pm 5$  % при уставках свыше 2 секунд [10].

Данные для каждого типа автоматического выключателя приводятся в его времятоковой(защитной) характеристике.

Вид такой характеристики представлен на рисунке 19.

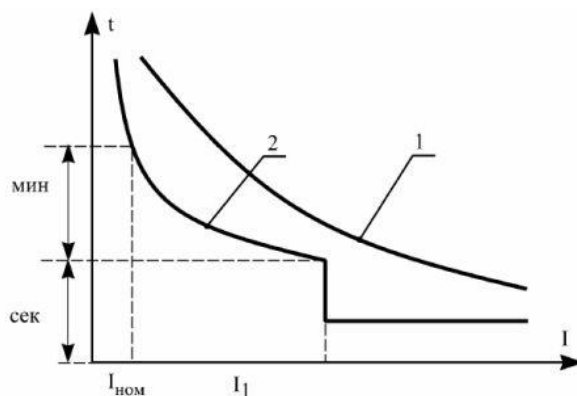


Рисунок 19 - Времятоковая характеристика автоматического выключателя: 1 - защитная характеристика оборудования, 2 - защитная характеристика автомата.

## 2.2 Требования, предъявляемые к диагностическому стенду.

Исходя из анализа существующих стендов и их конструкции необходимо сформулировать требования для разрабатываемого диагностического стенда. Так как на промышленном оборудовании используется стандартный ряд напряжений, как постоянного, так и переменного тока, то он должен быть реализован на проверочном стенде. К стендам, которые должны использоваться в производстве должны предъявляться определенные требования:

Стенд должен позволять проверять после ремонта и диагностировать следующие виды электроаппаратуры, блоков питания и основной части применяемых электрических машин:

1. Асинхронные трехфазные и однофазные электрические машины мощностью до 37 кВт с возможностью регулирования числа оборотов;
2. Электромагнитные муфты на напряжения 24/110/220 В (AC/DC);
3. Блоки питания постоянного тока до 20 А;
4. Электромагнитные пускатели и реле с напряжением управления на катушках 24/110/220 В (AC/DC) и 380 В (AC);
5. Электронные реле времени;
6. Автоматические выключатели;

## 7. Бесконтактные (емкостные, индуктивные) датчики с имитацией их работы на нагрузку

При этом в процессе эксплуатации имеющихся стендов были выявлены проблемные зоны, устранение которых могло бы повысить удобство использования вновь проектируемого стенда, а именно изменить варианты подключения к зажимам стенда самих проверяемых устройств.

Так как на стендах будет проверяться достаточно большое количество электрических аппаратов, то для подключения аппаратов к стенду не целесообразно использовать винтовые зажимы. Для ускорения работы по подключению на стенде целесообразно разработать и изготовить быстрозажимные приспособления, позволяющие добиться быстрой фиксации электрических проводов и обеспечивающие качественный электрический контакт.

Так как стенд будет находиться на территории ремонтной бригады цеха, то стенд предполагается сделать стационарным.

Также необходимо автоматизировать систему формирования управляющего напряжения для проверки устройств, с целью имитации работы аппаратуры на реальном оборудовании.

В связи с этим в качестве конструкции предполагается использовать коробчатую сварную конструкцию. В нижней части необходимо предусмотреть ящики для инструмента и кабельной продукции, а также места для подключения электрических машин.

В верхней части предполагается установить электрическим шкаф, внутри которого будут находиться электроаппаратура со схемой управления. Также необходимо наличие рабочей зоны с поверхностью из нескользящего и не электропроводящего материала, обеспеченное необходимым уровнем освещения для работы. Для разрабатываемого стенда необходимо



предусмотреть возможность визуализации включения устройств (световая сигнализация сигнальная).

В качестве системы управления диагностическим стендом предлагается использование промышленного программируемого контроллера, так как это в отличие от релейно-контакторной схемы позволит гибко формировать сигналы управления для имитации нагрузки а также позволит использовать разрабатываемый стенд в качестве учебного стенда, для получения начальных навыков программирования логических контроллеров.

В качестве программируемого контроллера для управления стендом может быть использован контроллер ф. Siemens серии S5. Выбор данной фирмы обусловлен тем, что это основной поставщик систем управления для Механообрабатывающих производств ПАО “АВТОВАЗ” и данная серия контроллеров, несмотря на то что она снята с производства очень широко применяется на действующем оборудовании производства Двигателей и данные контроллеры имеют большой оборотный фонд запасных плат, как процессорных так и периферии.

Также для работы стенда необходимо с помощью программного пакета STEP 5 написать управляющую программу для PLC Simatic S5, с помощью которой будет формироваться как управляющая логика для работы стенда, так и возможно будет имитировать время нагрузки и паузы между ней.

### 2.3 Виды электроаппаратуры проверяемой на диагностическом стенде и основные типы их неисправностей.

Как было описано выше, стенд должен позволять проверять все основные электрические аппараты, используемые в производстве.

Надо также отметить, что для Механосборочных производств ПАО “АВТОВАЗ” характерно наличие четко сформированного списка рекомендованных производителей и поставщиков электротехнического

оборудования как по фирмам поставщикам, так и по конкретно определенным сериям и типам продукции.

В основные поставщики электрооборудования включены такие импортные производители как ф. Siemens, Allen-Bradley, Schneider Electric, Fanuc, АВВ, Omron, Festo. К крупным российским поставщикам относят завод Контактор г. Ульяновск (входит в Schneider Electric), ВЭМЗ, ВНИИП, Саранский и Сарапульский ЭМЗ и.д.

70% от объема импортных электротехнических аппаратов и двигателей находящихся в эксплуатации являются ф. Siemens.

Основными видами электротехнической продукции, массово применяющихся на оборудовании и используемых после их ремонта являются следующие устройства: 1) электромагнитные пускатели 2) электромагнитные реле(промежуточные реле) и реле времени 3) автоматические выключатели 4) асинхронные электродвигатели (до 37 кВт) 5) различные исполнительные механизмы (соленоиды, электрические муфты, тормоза и т. д.) 6) конечные выключатели 7) платы периферии (платы входов/выходов) для программируемых контроллеров (PLC).

Описанные выше устройства составляют примерно 80% от общего числа используемых после ремонта устройств, это необходимо учитывать при проектировании диагностического стенда

Рассмотрим устройство и основные неисправности описанных выше устройств.

### Пускатели (контакторы)

Одним из основных вариантов коммутационных силовых аппаратов - это электромагнитные пускатели (контакторы).

Пускатель (контактор) это коммутационный аппарат, который, позволяет коммутировать нагрузку как постоянного, так и переменного тока, который

предназначен для включений и отключений силовой части электрических цепей.

В основном их применяют для управления электрическими двигателями, но они работают в схемах управления и другими механизмами: компрессорами, насосами, кран-балками, конвейерами. Принцип работы пускателя изображен на рисунке 20 и заключается в следующем: напряжение питания подается на катушку пускателя, в катушке возникает магнитное поле, за счет которого внутрь катушки втягивается сердечник. На нем закреплена группа силовых (рабочих) контактов, которые в этот момент контакты замыкаются, и тем самым замыкают силовую цепь и по контактам начинает протекать электрический ток.

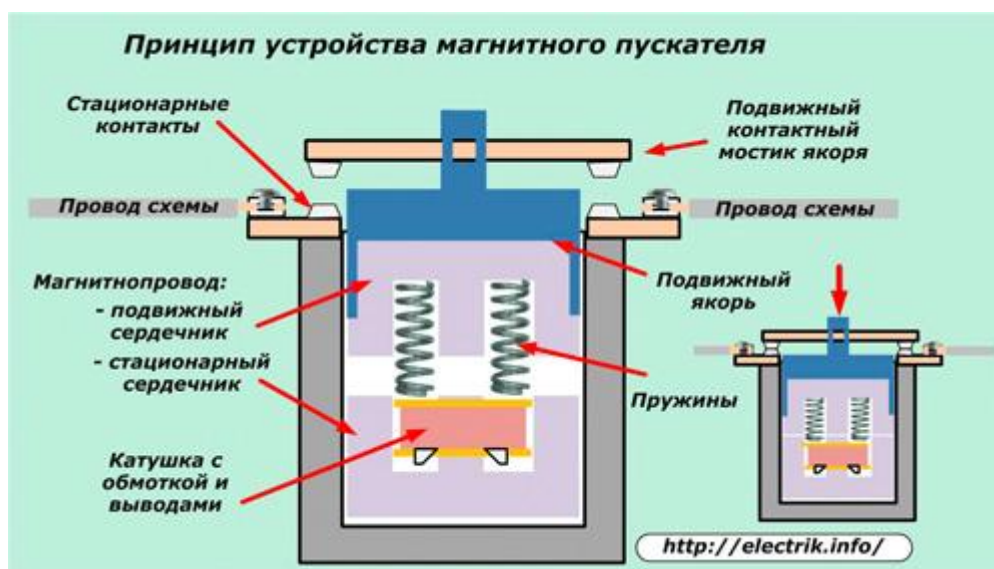


Рисунок 20 – Принцип устройства магнитного пускателя

К основным характеристикам пускателей относят следующие параметры

- 1) род тока катушки ее напряжение
- 2) сила тока и напряжение, коммутируемая силовыми контактами
- 3) мощность пускателя, при разных видах нагрузки
- 4) количество блок – контактов и тип их установки
- 5) наличие механической

блокировки (для реверсивных пускателей). Внешний вид современных пускателей российского производства представлен на рисунке 21.



а)

б)

Рисунок 21 - Внешний вид современных пускателей а) одинарный пускатель и блок контакты к нему б) реверсивный пускатель

К наиболее часто встречающимся проблемам, проявляющимся при эксплуатации всех электромагнитных пускателей можно отнести повреждения катушек и проблемы с контактными группами.

Основные неисправности и отказы электромагнитных коммутационных аппаратов можно сгруппировать по следующим признакам: месту их появления в конструкции, разновидности и характеру возникновения, степени потери работоспособности. Одной из основных проблем, на которую приходится более половины случаев это проблема износа электрических контактов.

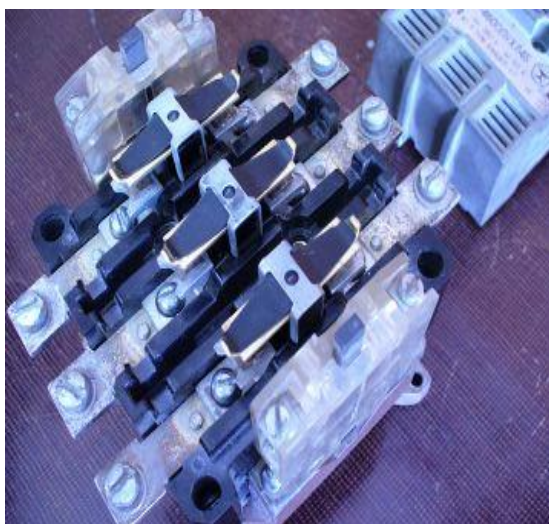
Контакты коммутирующих элементов подвержены в процессе работы электрическому и механическому износу. Электрический износ контактов наблюдается как при замыкании, так и при размыкании цепей, и основные факторы, влияющие на это: 1) род тока (постоянный или переменный), значение тока и напряжения; 2) характер нагрузки (активная, индуктивная);

3) частота срабатывания; 4) среда, в которой работают контакты; 5) длительность горения дуги на контактах; 6) продолжительность вибрации контактов и ее первая амплитуда при включении; материал контактов, его структура; форма и размер контактов; 7) скорость расхождения контактов при отключении.

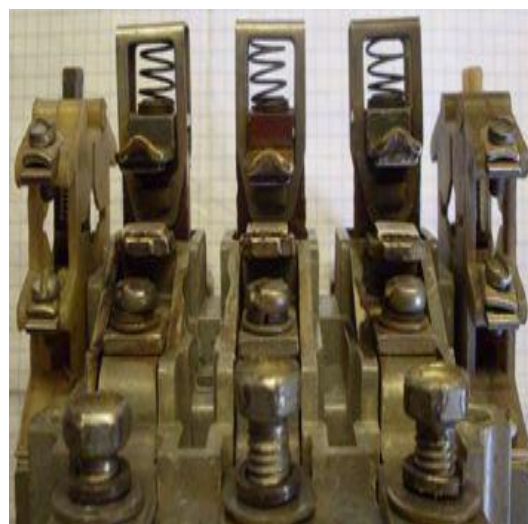
Также стоит выделить другие часто встречающиеся неисправности: разное время замыкания силовых контактов их состояние и площадь соприкосновения. Данная проблема является основной проблемой возникающей при эксплуатации пускателей.

Эту проблему устраняют затягиванием хомута, удерживающего силовые контакты. А при обнаружении на контактах следов нагара, окислов, наплывов и заметного изменения геометрической формы контакты надо или зачистить или заменить.

Форма и вид основных (силовых) контактов пускателя на примере пускателей российского производства серий ПМЛ и ПМА представлены на рисунке 22.



а) ПМЛ



б) ПМА

Рисунок 22 – Форма и вид силовых контактов пускателей

а) ПМЛ б) ПМА

Еще одной проблемой является качество обработки поверхности соприкосновения частей электромагнитной системы пускателя.

Ток в обмотке электромагнитных пускателей зависит от положения якоря. При наличии большого или неоднородного воздушного зазора между якорем и сердечником ток, проходящий через катушку, будет сильно отличаться от номинального, что вызывает сгорание обмотки катушки пускателя.

Для проверки точности соприкосновения между якорем и сердечником пускателя между ними вкладывают листок бумаги (плотностью 80-120 г/метр) и принудительно замыкают пускатель. Поверхность соприкосновения должна составлять в этом случае не менее 70% от площадисечения. В противном случае сердечник надо или заменить или прошабрить их.

Еще одной причиной неисправности пускателя является повышенный шум и высокочастотный дребезг магнитной системы пускателя.

Повышенное гудение магнитной системы часто ведет к сгоранию обмотки катушки пускателя. В исправном пускателе такие звуки или минимальны или отсутствуют вовсе, сильное гудение пускателя свидетельствует о его неисправности. Для устранения этого необходимо проверить: а) крепление винтов, непосредственно держащих якорь и сердечник, б) целостность короткозамкнутого витка, уложенного в прорезь сердечника магнитопровода (для катушек переменного тока). Так как через катушку протекает переменный ток, то и магнитный поток изменяет свое направление и в определенные моменты времени становится равным нулю. Тогда противодействующая пружина будет пытаться отрывать якорь от сердечника, что в свою очередь и приведет к слышимому дребезгу. Короткозамыкающий виток в свою очередь призван устранить данное явление.

Такая неисправность как прилипание якоря к сердечнику пускателя обусловлено отсутствием немагнитной прокладки или же при недостаточной ее толщине. В этом случае пускатель может и не отключиться,

даже при снятии напряжения с его катушки. В этом случае необходимо проверить наличие и толщину немагнитной прокладки, установленной внутри.

Отсутствие реверсирования у реверсивных пускателей зависит от работоспособности блока механической блокировки реверса, не позволяющей одновременно включить оба пускателя, что может вызвать короткое замыкание. Её работу можно устранить подгонкой тяг механической блокировки [9, 10].

При износе дополнительных контактов пускателя(блок-контактов) необходимо проверить их состояние. Контакты во включенном положении должны плотно прилегать друг к другу и включаться одновременно с главными контактами пускателя. Зазоры блок - контактов не должны превышать предельно допустимых значений. В противном случае необходимо произвести их регулировку или заменить новыми.

Своевременные профилактика контактов и регулировка зазоров и пускателей позволяют избежать проблем при их эксплуатации.

### Электромагнитные и полупроводниковые реле

Другим основным классом коммутационных аппаратов, предназначенных для построения схем управления электроавтоматикой, являются электромагнитные реле. Это самый массовый тип реле.

До 80 годов прошлого века на релейных схемах строилось большинство систем управления технологическим реле. Количество реле в системе управления шлифовальным станком могло достигать более 200 штук. На данный момент этот тип аппаратуры в основном предназначен для развязки маломощных сигналов на входах и выходных сигналов программируемых контролеров (PLC), а также в качестве контролирующей аппаратуры. По принципу действия электромагнитные реле идентичны с пускателям. Многие производители промежуточных реле унифицируют их корпуса с пускателями самых малых габаритов, тем самым увеличивая их ремонтпригодность и

сокращая их стоимость. Такие пускатели и реле отличаются друг от друга только типом контактов и их формой. Обычно, у подобных контакторов все контакты и силовые и управляющие это нормально открытые контакты (NO). У промежуточных же реле они варьируются от 4 нормально открытых контактов (NO), до 4 нормально закрытых (NC) в зависимости от типа реле. Пример таких реле и пускателей приведен на рисунке 23. Также стоит отметить что, не смотря на обилие производителей пускорегулирующей аппаратуры и аксессуаров к ним многие российские и иностранные производители, особенно если их производство локализовано у нас в стране, выпускают аппаратуру, у которой полностью взаимозаменяемы дополнительные аксессуары.



Рисунок 23 - Реле промежуточное РПЛ (слева) и пускатель ПМЛ 1100 (справа)

Так, например, крепежные и габаритные размеры, форма посадочных площадок под аксессуары аппаратуры ф. Schneider Electric и российских производителей пускателей и реле типа РПЛ и ПМЛ полностью совпадают. Такое же совпадение прослеживается и у аппаратуры ф. EATON (Россия) и ф. Moller (ранее Klochner-Moller).

Существуют огромное количество типов и схем компоновки реле. Опишем основные виды реле, применяемые на технологическом оборудовании. Реле можно классифицировать по следующим основным характеристикам: 1) по роду тока и напряжению питания катушки, 2) по количеству контактов и типу контактов (NO- NC), 3) по типу крепления и



форме корпуса 4) наличию принудительного взвода 5) визуальной контролю срабатывания. 6) по виду контакта (механические, полупроводниковые). Внешний вид различных электромеханических типов реле представлен на рисунке 24.

Полупроводниковые реле в свою очередь обычно применяются как силовые элементы системы, так и в качестве реле для управления. Силовые реле, рассчитаны на достаточно большие токи (от 10 до 300 Ампер) и фактически являются полупроводниковыми аналогами электромеханических пускателей, но значительно меньших габаритов и не имеющих подвижных электромеханических контактов.



Рисунок 24 - Внешний вид промежуточных реле различных производителей а) Телемеханика б) АВВ в) Финдер

В отличие от своих электромеханических аналогов они не ремонтпригодны, так как представляют собою герметичное полупроводниковое устройство. Ревизии у данных реле может быть подвержена только их несущая часть(подложка).

Основными достоинствами данных реле являются очень их малый вес и малые габариты при достаточно высоком рабочем токе и низкой цене. Из недостатков стоит отметить, что подобные реле в основном имеют только одну пару перекидных контактов, что позволяет использовать их в качестве

гальванической развязки для силовых цепей, но в связи с этим они плохо подходят для создания релейной логики. Внешний вид реле в сборе с подложкой и самого реле приведены на рисунке 25.

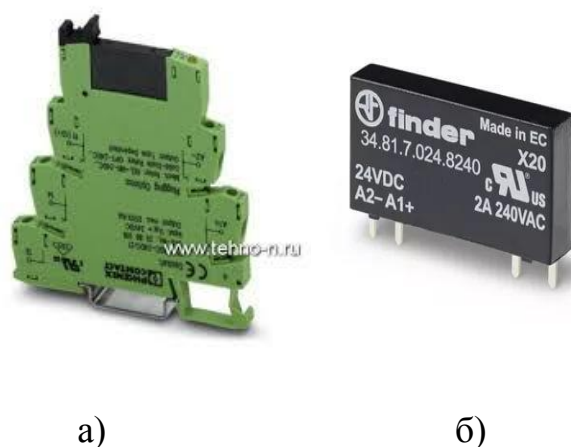


Рисунок 25 – а) внешний вид полупроводникового реле в сборе с подложкой б) внешний вид реле без крепежной подложки.

#### Бесконтактные датчики

Датчик или сенсор (от англ. sensor) — это элемент системы элемент измерительного, сигнального, управляющего устройства, преобразующего контролируемую величину в цифровой или аналоговый сигнал, который принимает система управления. Бесконтактные датчики применяются в самых различных областях производства, это и создание бытовых приборов и промышленные технологии механическая обработка, автомобилестроение и т.д. Часто эти датчики называют «бесконтактным выключателем».

Подобные датчики в зависимости от того, по какому принципу они работают делятся на следующие виды: а) индуктивные б) емкостные в) оптические г) лазерные. В зависимости от вида входной (измеряемой) величины различают следующие виды датчиков: 1) датчики положения (линейные и угловые); 2) расходомеры; 3) датчики скорости; 4) ускорения; 5) усилия; б) температуры и давления.

Основным типом датчиков в автомобильной промышленности являются датчики положения. Они являются источниками информации для систем автоматики, как на основе релейных схем, так и на базе PLC. Надежность всей системы управления определяется надежностью элемента, который наиболее подвержен внешнему воздействию.

К таковым и относятся бесконтактные датчики, так как они непосредственно находятся в рабочей зоне и подвергаются воздействию неблагоприятных сред и воздействий (грязь, попадание масла и т.д.). Бесконтактные датчики бывают разных форм, выпускаются на разные напряжения, имеют разные схемы подключения и различное число контактов.

Внешний вид основных типов датчиков представлен на рисунке 26.



Рисунок 26 – Внешний вид бесконтактных датчиков положения

Датчики положения можно разделить на различные классы по типу обрабатываемого сигнала: аналоговые датчики (аналоговый сигнал пропорционален изменению входной величины), цифровые датчики, выдают определенную последовательность импульсов), дискретные датчики,

(вырабатывают сигнал 2х уровней: включено/выключено.). Это самый распространенный вид датчиков, который на данный момент это самый массово применяются в автомобильной промышленности при механической обработке.

Датчик положения (датчик перемещения) бывает двух видов: бесконтактный и контактные. Бесконтактные датчики бывают следующих видов: индуктивные датчики, магнитные, емкостные, лазерные, ультразвуковые, оптические, герконовые. Самой массовой формой бесконтактных датчиков являются цилиндрические датчики, как с резьбой, так и без нее. Они подключаются к системе управления или с помощью встроенного кабеля (2-3-4-5х проводных) или с помощью стандартизованного разъема M12, прямой или Г образной формы. Разъем подключается непосредственно к датчику, а его другая сторона к системе управления, в основном к платам входов контроллера или ЧПУ. Рабочая поверхность датчика может быть вровень с корпусом или быть выдвинута из него. У таких датчиков есть так называемый “боковой эффект”, это означает что они будут срабатывать при поднесении объекта к его боковой поверхности. Такие датчики нельзя устанавливать заподлицо, в связи с возможностью их ложного срабатывания. Внешний вид этой группы датчиков представлен на рисунке 27.



Рисунок 27 – Внешний вид цилиндрических датчиков положения

## Устройство и принцип действия бесконтактных датчиков

Бесконтактный датчик состоит из трех основных блоков, функциональная схема бесконтактного датчика приведена на рисунке 28.

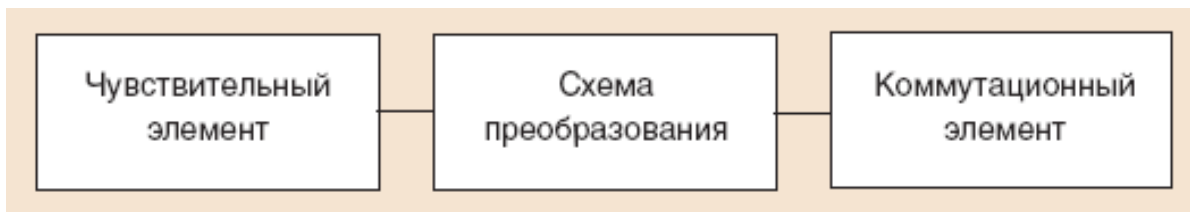


Рисунок 28 - Функциональная схема бесконтактного выключателя

Емкостные и индуктивные датчики способны обнаруживать присутствие объекта без непосредственного контакта с ним. При этом индуктивные выключатели чувствительны только к металлическим предметам, а емкостные способны детектировать любые предметы, диэлектрическая проницаемость которых отлична от воздуха (например, воду, дерево, металл, пластик и так далее). Рассмотрим принцип работы индуктивного датчика, основным элементом которого является катушка индуктивности, она в свою очередь подключена к встроенному в датчик генератору, принцип работы которого изображен на рисунке 29.

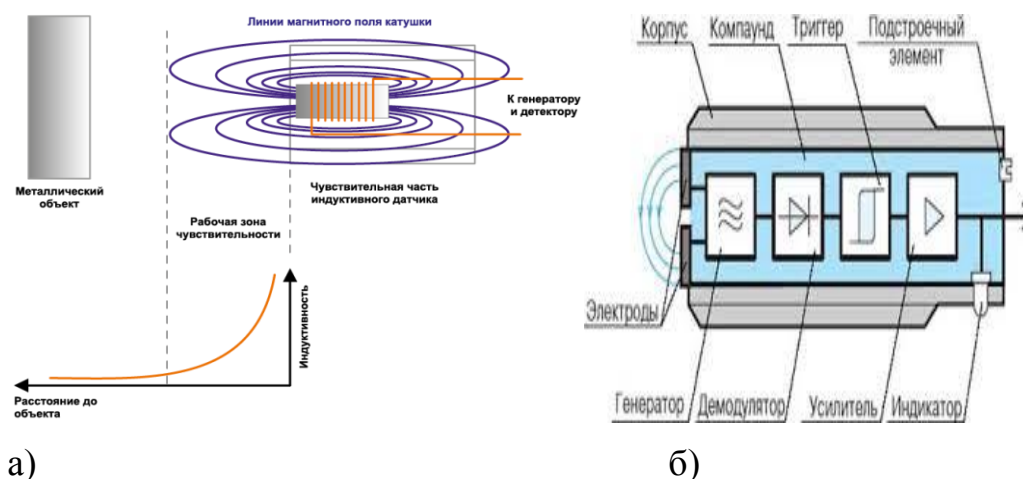


Рисунок 29 – а) принцип работы б) устройство бесконтактных индуктивных датчиков положения.

Переменное электрическое напряжение на ее выводах вызывает переменное магнитное поле, а линии поля будут перпендикулярны направлению тока в витках катушки. У бесконтактных датчиков обычно один контакт (NO или NC), но встречаются и датчики с двумя контактами. Для датчиков питающихся переменным напряжением характерна 2х проводная схема, для датчиков, питающихся от постоянного напряжения необходима трех проводная схема подключения, а для двух контактных четырех проводная. Также стоит отметить, что расстояние срабатывания у датчика напрямую зависит от его геометрических размеров, чем меньше датчик, тем меньше зона его срабатывания. Некоторые датчики имеют возможность регулировать зону срабатывания за счет внутреннего подстроечного резистора. Также для индикации срабатывания датчика практически все датчики оснащаются светодиодным индикатором, иногда индикаторы не только показывают 2 состояние датчика (вкл./выкл.), но и промежуточное, то когда датчик находится на границе зоны чувствительности [36].

Двухпроводные датчики включается непосредственно в цепь нагрузки (например, катушка пускателя или реле). Этим они удобны при монтаже, но они достаточно капризны к нагрузке, при достаточно высоком и слишком низком сопротивлении нагрузки они могут работать не стабильно, или же вовсе не включаться. Стабильность и качество работы датчиков напрямую определяется тем, кто изготовил данный датчик. В основном датчики российского производства отличаются менее стабильными характеристиками по сравнению с импортными аналогами, выпущенными основными мировыми брендами (Siemens, Omron, Schneider Electric). В основном на производстве применяются 3-проводные бесконтактные датчики. У них два провода это питания, а один – нагрузка. В основном на нагрузке применяется нормально открытый контакт (NO). В зависимости от внутренней схемы транзистора в датчике их разделяют на две основные схемы подключения: с общим плюсом и с общим минусом, т.е. PNP и NPN датчики. Схемы подключения данных

датчиков представлены на рисунке 30.

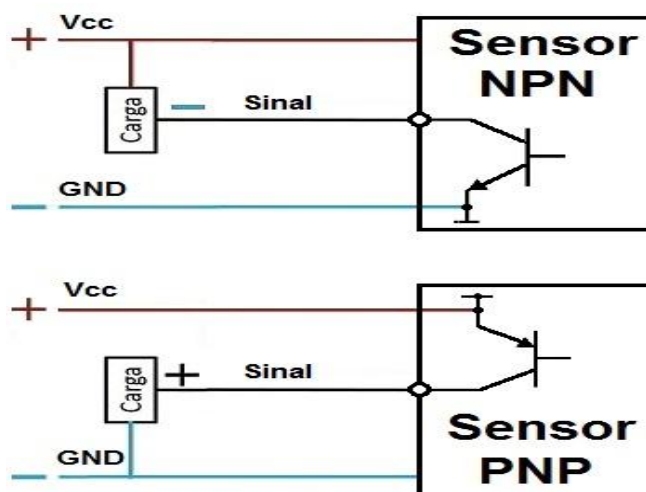


Рисунок 30 - Схемы подключения NPN и PNP

Также необходимо отметить, что реакция датчика сильно зависит от материала и размеров объекта, на которые датчик реагирует. Как было описано ранее, металлический объект для датчика выступает в роли сердечника его измерительного контура (чувствительной катушки). То есть и материал и форма сердечника оказывают значительное влияние на величину индуктивности [33]. Все номинальные характеристики датчика, приводимые в документации, относятся к определенному материалу, который всегда указывается в документации на конкретный датчик.

Обычно это металлическая квадратная пластина с определенными размерами. Если предполагается использовать датчик с другим материалом, то потребуется учесть поправочный коэффициент.

Проверка бесконтактных датчиков на определенный материал выставка длины срабатывания (особенно для оптических датчиков), проверка работоспособности выхода у датчиков с в случае сомнений в его работоспособности, определение типа подключения у датчиков с не читаемой

маркировкой необходимо проводить на диагностических стендах, имеющих весь основной ряд напряжений и возможность подключения его к нагрузке как по схеме PNP так и по схеме NPN, а также индикацию срабатывания.

Средние значения данных коэффициентов приведены в таблице1.

Таблица 1 - Поправочные коэффициенты для различных материалов

Материал	Коэффициент
Сталь	1
Чугун	0,93...1,05
Никель	0,65...0,75
Нержавеющая сталь	0,60...1,00
Алюминий	0,30...0,45
Латунь	0,35...0,50

### Конечные выключатели

Еще одним типом устройств контроля положения являются конечные выключатели. Это электромеханические устройства внутри которых присутствует механическая контактная группа. Этот тип датчиков положения появился раньше всех и используется уже более 100 лет, но тем не менее, не потерял свою актуальность. Данные устройства имеют огромное количество форм корпуса и вариантов крепления, а также вариантов нажимной части, на



которую непосредственно происходит нажатие. Внутри корпуса конечного выключателя обычно находится сменный блок (микровыключатель), который и является переключающим устройством.

Данные тип устройств не боится наводок и магнитных полей имеет достаточную степень защиты от внешней среды и механическую стойкость на уровне 1.000.000 циклов срабатывания [32].

Внешний вид конечных применяемых в промышленности выключателей представлен на рисунке 31(а), а на рисунке 31(б) представлен один из вариантов микровыключателей ф. Balluff.

Данный тип микровыключателей в массовом количестве применяется на промышленном оборудовании ПАО «АВТОВАЗ» и проходит ремонт в бригадах централизованного ремонта, а потом устанавливается внутрь конечных выключателей.

После ремонта многие из данных микровыключателей не стабильно работают, в связи с чем, также требуется их проверка на стенде.



а)



б)

Рисунок 31 - а) конечные выключатели в сборе б) микровыключатель

### 2.3 Разработка структурной и электрической принципиальной схемы стенда

В качестве питания для диагностического стенда будет использована промышленная сеть предприятия с напряжением 380 ВАС, частотой 50 Гц.

Подвод питающего кабеля в соответствии с действующими нормами безопасности и ОТУ АВТОВАЗа будет осуществлен сверху.

Для получения на стенде необходимых напряжений в 220/110/24 В необходимо будет использовать однофазные и трехфазные трансформаторы, обеспечивающие необходимые выходные параметры и мощностные характеристики. Системы для проверки электроаппаратуры и исполнительных устройств будут компоноваться по уровню питающего его напряжения и рода тока. Также на панели необходимо расположить контрольные приборы (амперметры и вольтметры) и дисплей, индицирующий показания с трансформаторов тока.

Трансформаторы тока предполагается расположить на каждой фазе, что бы иметь возможность отслеживать токи во всех обмотках асинхронных двигателях в момент их проверки.

Также для проверки необходимо предусмотреть возможность выбора варианта запуска двигателя для обкатки: прямой пуск, пуск с помощью электронного пускателя (блока мягкого пуска), позволяющего плавно увеличивать питающее напряжение двигателя. В качестве пускорегулирующей аппаратуры и блоков мягкого пуска предполагается использовать как продукцию фирмы Siemens, как одного из основных поставщиков, включенных в ОТУ “АВТОВАЗа”, так и силовые элементы российских производителей.

Исходя из выше описанных требований, была составлена структурная схема стенда, представленная на рисунке 32.

На основании данной схемы соответственно в последствии будет разработана электрическая схема проектируемого стенда.

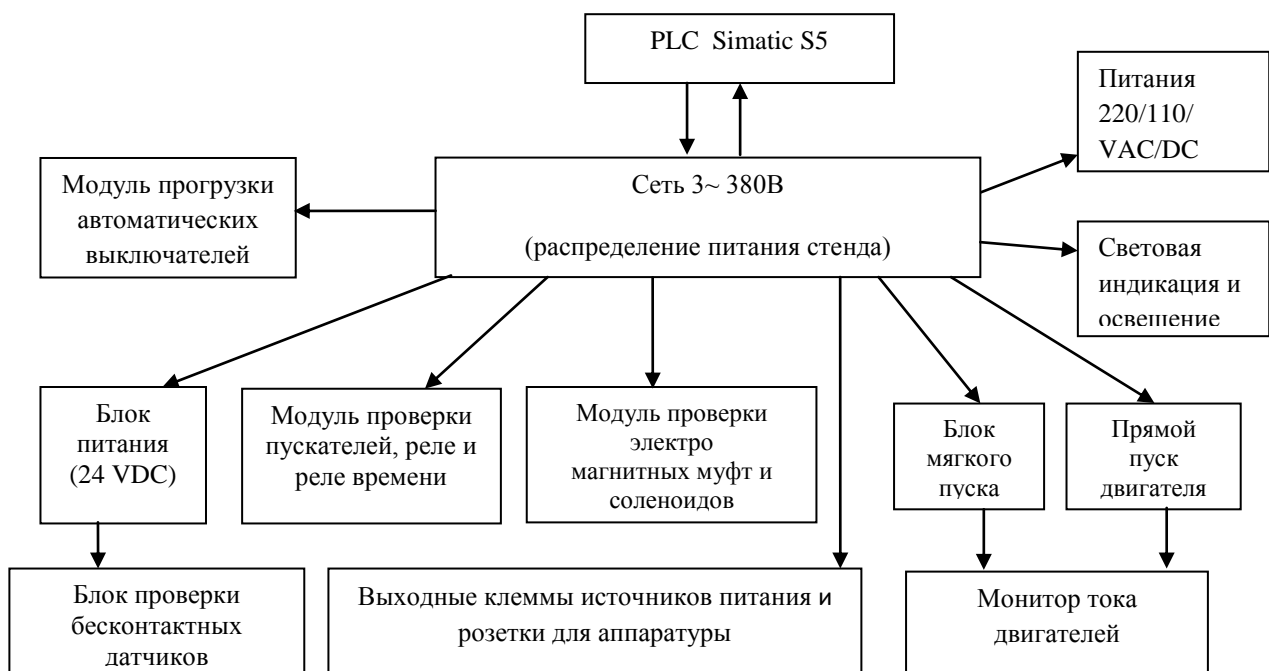


Рисунок 32 – Структурная схема испытательного стенда

#### Компоновка разрабатываемого стенда

PLC Simatic S5 и вся пускорегулирующая аппаратура будут располагаться в шкафу управления, который предлагается разместить сверху, над рабочей зоной стенда и разделить его на 2 части в одной из которых будет смонтирован контроллер и его обвязка по питанию, а во второй части будет смонтирована силовая схема.

На лицевой панели стенда предполагается вывести точки подключения аппаратов, кнопки включения напряжений и переключатели выбора рода тока. Трансформаторы и датчики тока предполагается разместить в нижней части шкафа управления. Над рабочей поверхностью необходимо предусмотреть светильники местного освещения.

В нижней части стенда справа предполагается разместить силовые розетки питания двигателей, а слева разместить ящики для хранения инструмента и набора проводов для подключения к стенду.

Предварительная компоновка и конструкция испытательного стенда представлена на рисунке 33.

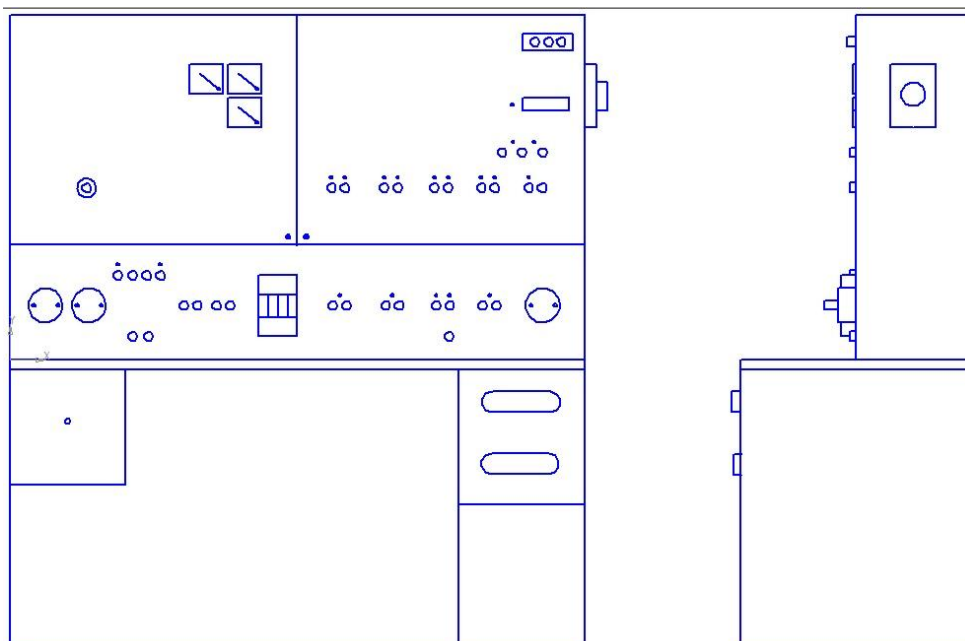


Рисунок 33 – Конструкция испытательного стенда

На основании разработанной структурной схемы испытательного стенда необходимо будет разработать электрическую схему стенда. Электрическую схему можно будет условно разделить на 2 части: силовую и управляющую.

Силовая часть должна будет формировать необходимый ряд напряжений, коммутировать подачу напряжения для проверки силовых исполнительных элементов, двигателей, обеспечивать безопасность работ и возможность полного отключения подачи питания при аварийных ситуациях, а также обеспечивать подачу питания на схему управления.

Силовая схема, разрабатываемого испытательного стенда.

Стенд будет запитан от промышленной сети предприятия, входное напряжение питания 380 VAC, частотой 50 Гц. Максимальная мощность, потребляемая

стендом, будет составлять 22 кВт.

Питание стенда будет подводиться с верха от системы корпусных шинопроводов. Вводной автоматический выключатель стенда должен обеспечить возможность ручного отключения общего питания стенда работающим на нем персоналом в аварийной ситуации. В шкафу управления стендом должна иметься индикация того, что напряжение на стенд подано.

Все силовые цепи трансформаторов, как первичных, так и вторичных обмоток должны быть защищены от короткого замыкания. Формирование ряда стандартных напряжений должно позволять получить с одной и той же обмотки трансформатора как постоянного так и переменного напряжения для проверки исполнительных устройств.

Питание вспомогательных устройств, например освещения и сервисной техники подключаемой к стенду (программатор) должно формироваться от тех же трансформаторов, от которых будут запитаны проверяемые устройства. Схема силовой части, проектируемого стенда изображена на листах 1 - 5 приложения 1.

На листе 1 приложения 1 вводной автомат QF1, оснащенный расцепителем, подает подводимое на него питание на диагностический стенд. Через закрытые контакты кнопки аварийного выключения SB0, с трансформатора T0 подается напряжение на катушку расцепителя K0 автомата QF1. Пока напряжение на катушку расцепителя не подано взвести вводной автомат не удастся. В случае нажатия на кнопку аварийного выключения SB0, происходит снятие питания с катушки расцепителя автомата QF1, в результате чего он отключается.

С автомата QF2 питание подается на трансформатора T1, а со вторичной обмотки данного трансформатора питание 220V(AC) уходит на блок питания U2 контроллера Simatic S5. С автомата QF3 запитан выпрямитель U1, реализованный по схеме моста Ларионова, который питает входные платы программируемого контроллера Simatic S5. Автомат QF4 подает питание на

трансформатор Т4, со вторичной обмотки данного трансформатора через защитный автомат SF3 питание 36V (AC) подается на внешнюю розетку ХА1, установленную на панели стенда.

На листе 2 приложения 1 автоматы QF5, QF6, QF7 питают трансформаторы Т4, Т5, Т6 соответственно. Трансформатор Т4 формирует напряжение 12V, которое используется для тестов проверяемого оборудования и устройств. Трансформатор Т5 формирует напряжения 24V и 110V, предназначенное для тестирования электротехнического оборудования, а со вторичной обмотки трансформатора Т6 в свою очередь снимается напряжение 220V. тоже предназначенное для тестирования проверяемого оборудования.

Промежуточные реле К1 и К2, К3 и К4, К5 и К6, К7 и К8 соответственно работают в парах. Каждая такая пара или подключает или отключает со вторичной обмотки соответствующего трансформатора диодный мост (VD1-VD4 и т.д.) с помощью которого формируется постоянное напряжение той же величины, что и переменное. Управление выбором рода тока (AC/DC), происходит с помощью селекторов на панели управления стенда.

Мощность трансформаторов выбираем исходя из того, что они должны позволить проверять устройства с рабочим током до 10 Ампер для напряжений 12/24/110 V как в цепи постоянного, так и переменного тока, а также до 6 ампер для напряжения 220 V.

Питание для розеток 220 VAC (ХА2 и ХА3) берется с автомата SF9, также с данного автомата, через конечный выключатель берется питание на светильники освещения рабочей зоны. Светильники будут установлены на откидной планке и включаться замыканием данной планкой конечного выключателя, установленного сбоку стенда.

На листе 3 приложения 1 пускатели КМ1 и КМ2 будут отвечать за выбор направления вращения двигателя (левое и правое), пускателем КМ3 будет собираться схема прямого запуска асинхронного двигателя, а пускатель КМ4 в свою очередь будет подключать испытуемый электродвигатель к блоку мягкого

пуска AS1, позволяющему плавно изменять обороты испытуемого двигателя [30].

Подключение испытуемого электродвигателя будет осуществляться к силовой розетка типа ШК25, установленной на панели в нижней части стенда. Данные разъемные соединения рассчитаны на номинальный ток 25 Ампер, что позволяет обкатывать на холостом ходу двигателя до 37 кВт. Для обеспечения безопасности при обкатке двигателей в целях защиты от возможного прикосновения с вращающимся валом необходимо будет изготовить защитное ограждение.

Измерительные трансформаторы ТА1, ТА2 и ТА3 будут регистрировать ток протекающий в любой момент времени в соответствующей фазе и предавать это значение на блок индикации (монитор) МТД- RS. Данный блок индикации отображает ток и напряжение в каждой фазе электродвигателя. Электросхема обвязки данного блока индикации (монитора) представлена на листах 3 и 17 приложения 1.

#### Схема управления проверочным стендом на базе PLC Simatic S5

Схема управления стендом и возможность моделирования нагрузки собрана на базе программируемого логического контроллера ф. Siemens серии Simatic S5. Данные контроллеры в большом количестве представлена на действующем оборудовании производства Двигателей, что дает также возможность тестировать на стенде и как платы периферии, так и CPU контроллера (плату процессора) и блок питания.

Контроллер будет располагаться в общем шкафу управления стенда. Контроллер серии Simatic S5 представляет собой набор модулей, состоящих из блока питания (PS) (110/220) /5В, блока центрального процессора (CP941-946), отличающихся производительностью, интерфейсных модулей, модулей цифровых/аналоговых входов и выходов (DI/DO, AI/AO) и набора

специализированных модулей. Все данные модули монтируются на специализированное шасси (корзину), на которой находятся разъемные соединения, формирующие внутренние связи (шина данных) между платами, находящимися на ней. Таких корзин может быть несколько и количество определяется тем, числом входных и выходных сигналов, которые необходимо обрабатывать.

Внешний вид корзины контроллера SimaticS5 и контроллер этой серии в сборе представлен на рисунке 34 (а), а контроллер в сборе на рисунке 34(б).



а)



б)

Рисунок 34 – а) Корзина контроллера SimaticS5 б) Контроллер SimaticS5

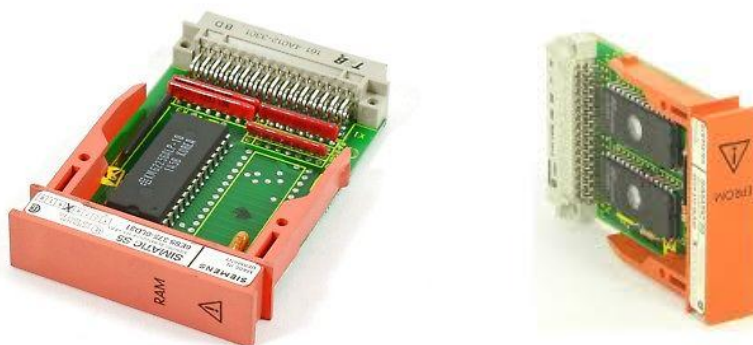
Память контроллера реализована двумя вариантами:

- 1) энергозависимая память (RAM), с наличием буферного источника питания (литиевой батареи)
- 2) энергонезависимая память по типу EPROM (электрическое программирование и УФ стирание)
- 3) энергонезависимая память EEPROM (электрическое программирование и электрическое стирание).

Программа контроллера находится в модуле памяти, который вставляется в блок центрального процессора (CPU). Внешний вид модуля памяти RAM представлен на рисунке 34 (а), а EPROM на рисунке 34(б).



Для программирования данных контроллеров фирмой Siemens была разработана и производится линейка специализированных программирующих устройств серии PG 6XX (635/675/685 и др.) и PG 7XX (720/740) с операционной системой Windows.



а)

б)

Рисунок 34 – а) модуль RAM б) модуль EPROM

Данные специализированные программаторы оснащены специализированным портом типа «токовая петля» (интерфейс 20мА, TTY) выполненные в форм-факторе разъема DSUB15F либо DSUB25M. Серия PG на данный момент снята с производства и морально устарела, но до сих пор используется в ремонтных подразделениях.

Первые программаторы данной серии PG 6xx (PG 631 675, 685) были громоздкими и работали на операционной системе собственной разработки (DR-DOS). Далее они были заменены программаторами формата Laptopсерии PG7xx (PG720, PG740) и компьютерами стационарного базирования со специализированными платами интерфейса.

Внешний вид программаторов серии PG6xx представлен на рисунке 35 (а), а PG 7xx на рисунке 35 (б).



а)



б)

Рисунок 35- а) Программатор серии PG 6xxб) программатор PG 7xx

На данный момент для программирования данных контроллеров используются программаторы серии Field PG, различной производительности, выполненные в форм-факторе ноутбука или промышленного компьютера, во влагозащищенном и противударном корпусе. Сейчас для программирования данных контроллеров используют специализированные переходники, в том числе внутреннего производства (УТОЭС ДОРТО).

Данные переходники используют для связи с контроллером COM порт ноутбука или компьютера. Но для серии контроллеров серии SIMATIC S5 требуется наличие физического эмулятора COM порта и кабель связи PC / TTY (DB15), применяемый для программирования ПЛК. Но многие современные ноутбуки уже не имеют физического COM - порта, по которому ранее можно было связаться с контроллером.

Для связи с контроллерами SIMATIC S5 существуют универсальные «активные» (с питанием от USB) USB - TTY устройства. Они позволяют связаться через порт USB связаться с любым PLC серии Simatic S5, вне зависимости от типа процессорного модуля. Внешний вид программаторов серии Field PG и USB адаптеров представлен на рисунке 36.



а)



б)

Рисунок 36 - а) программатор Field PG б) USB адаптер для Simatic S5

В качестве языка программирования для данной серии контроллеров применяется язык Simatic Step 5, который позволяет писать управляющие программы для PLC в трех вариантах редактора: KOP/ FUP/AWL.

Контактный план (KOP) по другому называют релейным планом (схемой), в нем изображаются графически функции управления при помощи привычной символики электросхем.

В функциональной схеме (FUP) элементы изображаются как элементы графически - логической компоновки при помощи символики.

Список операторов или мнемокод (AWL) изображает программу контроллера в виде последовательности определенных сокращённых команд.

KOP (от нем. Kontaktplan или англ. Ladder Diagram) — это вариант отображения релейных диаграмм. Редактор отображает программу в графическом представлении, как электрическую принципиальную схему. Этот вид отображения и построение программы позволяет программе имитировать протекание электрического сигнала от источника сигнала через ряд логических условий на входах, которые активизируют соответствующие необходимые условия на выходах. Главными элементами отображения в данном варианте являются закрытые и открытые контакты.

При этом соответственно, закрытые контакты позволяют сигналу протекать через них к следующему элементу, а нормально открытые контакты - соответственно препятствуют протеканию этого сигнала. Логика делится на специализированные блоки, а они соответственно подразделяются внутри их на сегменты. Программа в этом отображении исполняется соответственно слева направо и сверху вниз.

Особенностями редактора LAD является простота и наглядность в использовании. Каждый вид изображения обладает своими свойствами. Блок программы, который запрограммирован в мнемокоде, не может быть сразу выведен в функциональной или релейной схеме. Программы в функциональной или релейной схеме могут всегда транслироваться в мнемокод. Диаграмма множеств изображает это высказывание следующим образом:

FUP (от нем. Funktionsplan) - это функциональные блочные диаграммы. Данный редактор отображает программу в виде обычных логических схем. Контактных в ней нет, но есть эквивалентные функциональные блоки. В данном редакторе не используется понятие «поток сигнала», как в КОР, в нем вместо него существует аналогичное понятие потока управления через логические блоки. Поток сигнала называется пусть включенного состояния «1» через элементы. Логика программы вытекает из связей между функциональными блоками, обозначающими команды. Графическое представление функционального плана хорошо отражает процесс выполнения программы.

AWL (от нем. Anweisungslist) - это список инструкций или команд. Такой редактор дает возможность создавать программы, вводя мнемонические обозначения команд. В этом редакторе можно создавать программы, которые невозможно создать в редакторах КОР и FUP. Программирование в AWL отчасти похоже на программирование на языке типа Ассемблера.

В языке программирования STEP-5 существуют разные типы программных блоков.

Организационные блоки (OB) обрабатывают программу управления, программные блоки (PB) это блоки в которых находится программа управления, разделенная по функциональным и технологическим признакам.

Шаговые блоки (SB) являются специальными программными блоками для программирования последовательного управления(шагов), они обрабатываются так же как и программные блоки. Функциональные блоки (FB)являются специальными программными блоками, наиболее часто повторяющимися или особо сложные части программ (например, функции сообщений, вычисления) программируются в виде функциональных блоков.

Блоки данных (DB) хранят данные, которые необходимы при выполнении программы управления. Данными могут быть, например, заданные значения, граничные значения или тексты. С помощью вызовов блоков можно перейти в другой блок. Так можно делать вложения любых программных, функциональных и шаговых блоков.

Управляющая программа для стенда будет написана в варианте отображения КОР (Kontaktplan), так как этот вариант наиболее прост для восприятия, не требует значительных навыков в программировании логических контроллеров и в последствии может быть отредактирован действующим ремонтным персоналом в соответствии с вновь возникшими задачами.

#### Логика работы контроллера стенда

Электрическая обвязка входов/выходов контроллера представлена на листах 4 – 11 приложения 1.

Входные сигналы, формируемые на стенде приходят на плату цифровых входов контроллера (E1). Накаждой такой плате реализовано 16 цифровых входов с питанием 24 VDC, управление входами идет по + сигналу.

В первый байт на данную плату заводятся следующие 4 пары сигналов: 1) “Тестовое напряжение включить 12 VDC” 2) “Тестовое напряжение

включить 12 VAC” 3) “Тестовое напряжение включить 24 VDC” 4) “Тестовое напряжение включить 24 VAC” 5) “Тестовое напряжение включить 110 VAC” 6) “Тестовое напряжение включить 110 VAC” 7) “Тестовое напряжение включить 220 VAC” 8) “Тестовое напряжение включить 220 VAC”. Их включение происходит от соответствующих им кнопок управления SB1-SB8, установленных на пульте станда.

На второй байт платы входов заводятся сигналы с кнопок “Пуск” и “Стоп” для обкатываемых двигателей, два сигнала выбора направления вращения “Левое вращение”, “Правое вращение”, которые в свою очередь будут коммутировать включение соответствующих силовых пускателей (KM1 и KM2). Еще два сигнала будут формировать разрешение на выбор варианта обкатки двигателя: “Прямой пуск”, “Мягкий пуск”.

Еще один сигнал формирует разрешение на подключение через пускатель KM5 дополнительной силовой розетки 380 V для возможности одновременной обкатки или нескольких маломощных двигателей или проверки устройств с питанием на 380В AC.

Цифровые платы выходов также запитаны напряжением 24 VDC. Вся плата выходов A1 предназначена для визуализации работы. С данной платы включаются контрольные все лампы индикации выбора включения определенных уровней постоянного и переменного напряжения (HL2- HL9), лампы индикации работы двигателя при обкатке “Двигатель включен” (HL10) и выбора варианта обкатки “Прямой пуск” (HL11), “Мягкий пуск” (HL12), а также лампы “HL13-HL16”, индицирующие то, что выбранное напряжение непосредственно включено “Напряжение подано”.

С платы выходов A3 в свою очередь 1 байт будет коммутировать включение катушек промежуточных реле включения соответствующих поверочных напряжений станда от 12 до 220 V, как по переменному, так и по постоянному напряжению. Выходные сигналы со второго байта на плате выходов A3 будут коммутировать реле K9 - K10, которые будут включать

определенную программу тестирования для аппаратуры, запрограммированную в контроллере. Контакты данных реле будут подключены к быстрозажимным выводам на панели стенда для подключения проверяемых устройств и приборов.

Реле К11 задействовано в цепи включения освещения рабочего места электромонтера, при этом для удобства включения и отключения светильников они будут выполнены на откидной стойке, а непосредственное их включение после подачи напряжения будет происходить за счет включения конечного выключателя, в момент когда светильник будет находиться в рабочем положении над столом.

#### Компоновка шкафа управления стендом

Шкаф управления стендом будет находиться в верхней части и будет установлен непосредственно рядом с рабочей поверхностью. Он будет представлять собою сварную конструкцию с двумя дверями, в которых установлены замки, для предотвращения несанкционированного доступа внутрь стенда. Внутри шкафа управления будет установлена монтажная панель на которой будет закреплена вся электроаппаратура и элементы системы управления.

Шкаф управления будет состоять из двух частей. В левой будет находиться программируемый контроллер S5 (PLC) и промежуточные, коммутации напряжений(К1-К9), реле нагрузки для проверки датчиков (К17-К19) и планка клемных соединений (X1) для их подключения.

Общий чертеж компоновки шкафа управления представлен на листе 13 приложения 1. Внешний вид левой части шкафа управления стенда представлен на рисунке 37.

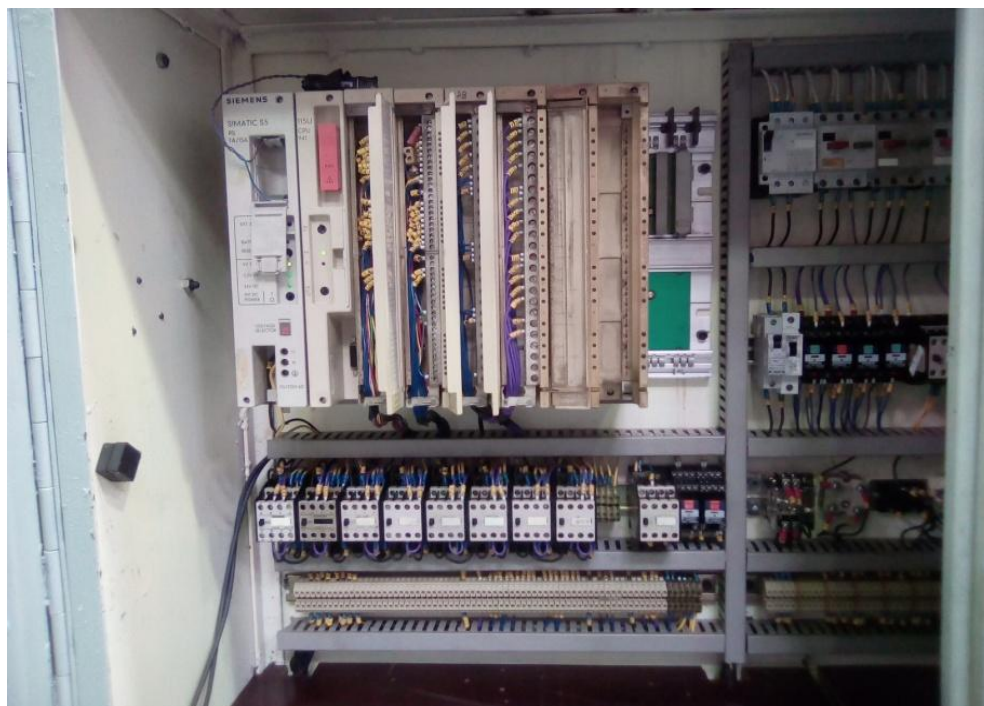


Рисунок 37 - Внешний вид левой части шкафа управления стенда

В правой части шкафа управления будет находиться вводной автомат, который будет подводиться питание стенда. Вводной автомат будет включаться с помощью поворотной рукоятки, установленной на боковой стенке шкафа, через систему механического привода. В этой же стороне будет расположен блок мягкого пуска и силовая аппаратура, предназначенная для проверки двигателей и подключения силовых розеток (KM1- KM5), диодные мосты, защитная аппаратура (автоматические выключатели и предохранитель), промежуточные реле выбора режима обкатки двигателей, дополнительные реле и клемные соединения, к которым подключаются провода. Все провода укладываются в кабельные каналы, которые также монтируются на панели шкафа управления. Внешний вид правой части стенда представлен на рисунке 38. Все трансформаторы, используемые на стенде, будут расположены на нижней монтажной панели электрошкафа.



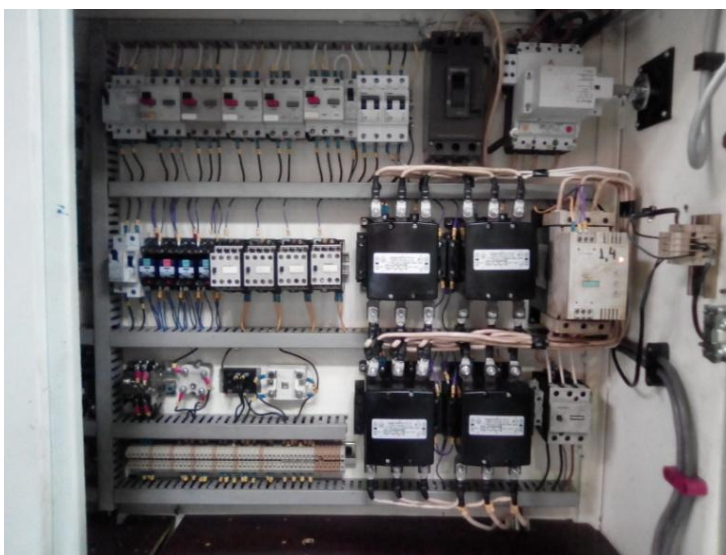


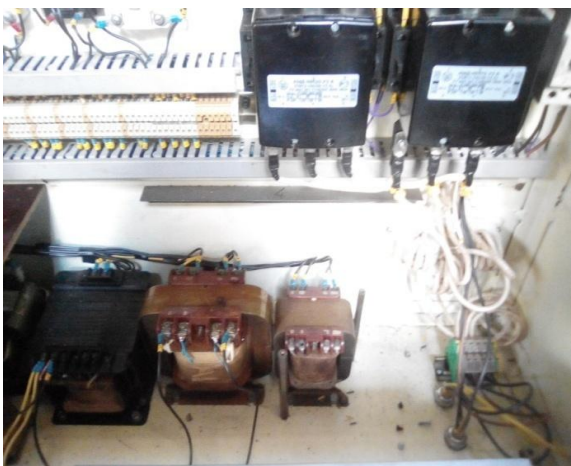
Рисунок 38 - Внешний вид правой части электрошкафа станда

Также в этой нише будут смонтированы и датчики тока (трансформаторы тока), используемые в цепи индикации тока, а от них через клемники установленные там же, будет сделан отвод проводов для подключения розетки для обкатки двигателей. Прокладка проводов до розетки через панель будет сделана через кабельные вводы.

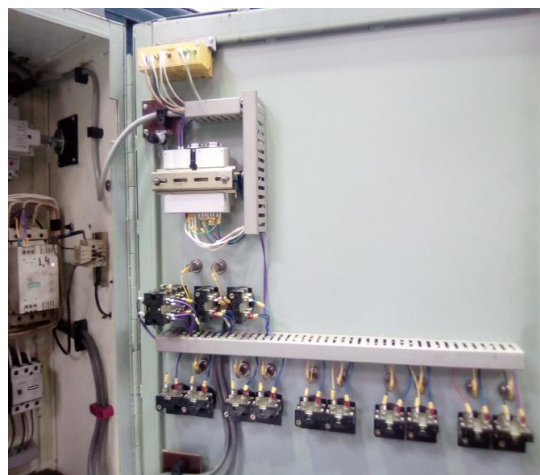
Для обеспечения безопасности ниша закрыта двумя защитными крышками, для каждой из половин шкафа. Крышки выполнены из диэлектрического материала типа гетинакс.

На дверях шкафа управления будут располагаться измерительные приборы (амперметры и вольтметры), кнопки управления и селекторы выбора, сигнальная светодиодная арматура, индицирующая состояние станда и монитор тока от блока мягкого пуска.

Также на дверях будут смонтированы системы безопасности: кнопка аварийного отключения и индикатор подачи силового наличия напряжения, указывающий, что вводной автомат станда включен и питание подано. Внешний вид смонтированных трансформаторов представлен на рисунке 39 (а), а монтаж кнопок, арматуры и селекторов управления на рис 39 (б).



а)



б)

Рисунок 39 – а) силовые трансформаторы стенда б) монтаж органов управления стенда

На нижней части шкафа управления стендом будет установлена монтажная панель, на которой будут выведены разъемы для подключения проверяемых устройств и розетки и 4 автоматические выключателя для подачи тестового напряжения (SF4-SF7). Компоновка этой панели представлена на листе 16 приложения 1. Внешнее расположение данных автоматов продиктовано тем, что данные выключатели в случае короткого замыкания в нагрузке будут отключать её и что бы постоянно не открывать шкаф управления для их включения они были вынесены на лицевую поверхность. Внешний вид лицевой панели (дверей) стенда представлен на рисунке 40.



Рисунок 40 – Внешний вид лицевой панели управления стенда

Компоновка панели управления представлена на листах 14 – 15 приложения 1.

На панели управления стендом, расположены колодки для подключения проверяемой аппаратуры и устройств. Данные колодки сделаны нажимными, для того что бы ускорить и упростить процесс подключения проводников питания электромеханических устройств и аппаратуры к стенду.

Колодки выполнены из электроизоляционного материала типа гетинакс, который имеет хорошие механические свойства и может быть обработан на токарном станке. В качестве пружинного элемента использована цилиндрическая пружина. Контактная группа для подключения выполнена из электротехнической меди и обработана на токарном станке. Данные колодки были изготовлены самостоятельно в ремонтном цехе ПД ПАО “АВТОВАЗ”. Внешний вид контактной колодки представлен на рисунке 41.



Рисунок 41 – Внешний вид контактной колодки стенда

Над верхней частью стенда установлены два закрытых светильника местного освещения рабочей зоны, установленные на откидном креплении, вращении происходит за счет двух подвижных втулок. Их включение, после подачи напряжения, будет происходить за счет нажатия крепления на конечный выключатель, установленный на правой боковой стенке в тот момент, когда

светильник будет находиться в рабочем положении над столом. Для ограничения хода светильника будут установлены 2 обрезиненных упора с левой и правой стороны электрошкафа. Внешний вид светильников местного освещения с креплением во включенной и в выключенном состоянии показан на рисунке 42.



а)



б)

Рисунок 42- а) нерабочее положение светильника б) рабочее положение

Подключение испытуемых электродвигателей будет производиться с помощью розеток типа ШК25. Розетки будут установлены в правой нижней части стенда. Таких розеток будет установлено 2 штуки, одна основная, а вторая дополнительная, включаемая через отдельный пускатель. Внешний вид розеток для подключения проверяемых двигателей представлен на рисунке 42.



Рисунок 42 – Блок силовых розеток для проверки двигателей

Для соблюдения мер безопасности при обкатке электродвигателей во избежание соприкосновения с вращающейся частью вала применено защитное сварное ограждение, из сетки, которое позволяет наблюдать за вращением двигателя, но не дает возможности непосредственного соприкосновения с ним [5]. Предлагается изготовить 2 типоразмера защитных ограждений в зависимости от высоты оси вращения двигателя. Внешний вид изготовленного защитного ограждения представлен на рисунке 43.



Рисунок 43 - Внешний вид защитного ограждения для обкатки двигателей

Схема подачи тестовых сигналов представлена на листах 2 и 4 приложения 1. Для подачи тестовых сигналов для проверки электротехнического оборудования необходимо включить один из селекторов SL4-SL8 в зависимости от выбираемого по величине напряжения и нажать кнопку выбора рода тока. Рассмотрим включение канала подачи тестового напряжения 12 V. При включении селектора SL6 его закрытый контакт (1-2), через который была замкнута цепь подачи тестового напряжения размыкается, а открытый контакт (3-4) замыкается, тем самым снова коммутируя включение этой цепи, второй же открытый контакт данного селектора заводится в качестве сигнала контроля включения на входную плату контроллера E2 на

вход E2.0 и в программе PLC собирается разрешение на подачу тестовой последовательности на данный силовой канал. В этот момент подача напряжения с помощью сигнала “Подача тестового напряжения” для выбранного канала блокируется в программе контроллера.

Стенд собран на базе стандартных элементов, имеющихся в достаточном количестве на складах ПАО “АВТОВАЗ”.

Спецификация стандартных элементов и устройств, применяемых в его конструкции представлена в приложении 1.



### 3. Разработка инструкции по эксплуатации стенда и методики проверки электроаппаратуры на стенде.

#### 3.1 Правила безопасности при работе со стендом

К самостоятельной работе со стендом допускаются работники имеющие группу допуска по электробезопасности не ниже 3 и прошедшие соответствующий инструктаж [24]. В случае аварийных ситуаций необходимо нажать на грибковую аварийную кнопку красного цвета, расположенную на левой створке стенда или выключить вводной автомат QF1.

#### 3.2 Включение стенда

Для того что бы начать работу со стендом необходимо подать питание на него. Это делается с помощью вводного автомата QF1, поворотом ручки на 90 градусов. При подаче питания на правой створке двери электрошкафа загорится индикатор наличия напряжения. Если какая-либо из трех ламп индикатора не будет светиться, то это означает, что или отсутствует соответствующая фаза, или неисправен индикатор.

#### Включение режима тестовых напряжений

Для включения напряжения 12/24/110/220V необходимо выбрать соответствующее напряжение, нажав кнопку на правой створке. Кнопки выбора постоянного и переменного типа напряжения отличаются по цвету (зеленый и желтый), под каждой кнопкой расположены таблички с указанием номинала напряжения, который она включает. Для выключения этого напряжения необходимо повторно нажать на эту же кнопку. В момент подачи напряжения происходит подача его на быстросъемные тестовые контакты. Выключение

соответствующего напряжения происходит путем повторного нажатия на соответствующую кнопку, что реализовано программно, за счет цепочек триггеров в программе PLC S5. В случае если выбран один тип напряжения, а требуется переключиться на другой (например с постоянного на переменное) необходимо нажать на соответствующую кнопку и тип напряжения будет переключен. Определить какое напряжение на данный момент активно можно по включению (моргающий режим) светодиодной индикации, расположенной над кнопками выбора тип напряжения.

### 3.3 Включение режима обкатки двигателей

Для обкатки двигателей необходимо включить стенд в соответствии с п. 2

Далее необходимо выбрать с помощью селектора SL1 направление вращения (левое/правое), с помощью селектора SL2 выбрать режим обкатки (прямой пуск или мягкий пуск), а далее нажать кнопку SB9 для включения вращения двигателя. Для остановки вращения двигателя необходимо нажать кнопку SB10. В случае работы двигателя при прямом пуске он будет останавливаться самовывбегом. В случае работы от блока мягкого пуска разгон и торможение будет происходить в соответствии с заданными блоком рампами. Регулировка ramпы разгона и торможения производится путем регулировки блока мягкого пуска ф. Siemens [30]. Индикация тока и напряжения выводится на монитор тока (MTD-RS), включения монитора тока производится путем включения тумблера питания SL4, находящегося у монитора, показанного на рисунке 43.

Подключение испытуемого двигателя осуществляется с помощью силовых гибких спиральных кабелей разного сечения ( $1,5/2,5/4,0 \text{ мм}^2$ ) в зависимости от тока двигателя, оборудованных вилкой типа ШК. Вилка подключается к силовой розетке (№1) 380V стенда находящейся в его нижней правой части.





Рисунок 43 – Внешний вид монитора тока двигателя

Подключение испытуемого двигателя осуществляется с помощью силовых гибких спиральных кабелей разного сечения (1,5/2,5/4,0 мм<sup>2</sup>) в зависимости от тока двигателя, оборудованных вилкой типа ШК. Вилка подключается к силовой розетке (№1) 380V стенда находящейся в его нижней правой части.

Подключение дополнительной розетки 380 VAC

Для включения дополнительной розетки 380 VAC необходимо включить стенд (п.2), а затем перевести селектор (SL3) в положение включить. На контактах розетки №2 появиться напряжение 380В.

### 3.4 Подключение и проверка блоков питания 24 VDC.

На стенде возможна проверка блоков питания 24VDC на их нагрузочную способность. Их подключают к разъемам XS18 и XS19, а ток и напряжение испытуемого блока питания можно снять на амперметре PA2 и вольтметре PV1.

### 3.5 Подключение и проверка рабочего тока электромагнитов.

Для проверки рабочего тока электромагнитов на стенде необходимо выбрать тестовое напряжение 24VDC, подключить испытуемый электромагнит к разъемам XS16 и XS17 и с помощью амперметра PA2 снимать показания рабочего тока электромагнитов.

### 3.6 Методика проверки электротехнических устройств на стенде.

#### Методика проверки асинхронных электродвигателей на стенде

Асинхронные двигатели после их получения со склада обязательно необходимо проверять и испытывать на стенде в следующем объеме приведенном ниже.

а) Провести визуальный осмотр электродвигателя на предмет отсутствия видимых повреждений корпуса двигателя, целостность крепежных лап, фланцев и рабочей части вала, наличие крыльчатки и отсутствие повреждений её защитного кожуха. Открыть клеммную коробку и осмотреть внешний вид изолирующей монтажной колодки подключения, проверить от руки качество обжима наконечников на проводах при их наличии. В случае необходимости переобжать их. В случае обнаружения внешних повреждений двигателя, ремонтный персонал вызывает инженера БТП для составления соответствующего акта.

б) Провести измерение сопротивления изоляции электродвигателей: обмотки статора асинхронного электродвигателя напряжением до 1000В мегомметром на напряжение 1000В. При этом сопротивление должно быть не менее 0,5 МОм. Измерения производить при температуре внешней среды от 10 до 30 °С. Измерение сопротивления термодатчиков (при их наличии) мегомметром производят на напряжении 250 В, при этом сопротивление изоляция уже не нормируется [4, 5, 26].

в) Проверить мультиметром или другим измерительным прибором сопротивление обмоток двигателя, электромагнитного тормоза и диодного моста (в случае их наличия). В случае отклонений и разброса сопротивления по фазам двигателя или тормоза более чем в 10% двигатель считается не исправным и подлежит сдаче в бригаду централизованного ремонта для сушки. В случае неисправности диодного моста заменить его на новый, соответствующий по номиналу тока.

г) Проверить LC метром сопротивление обмоток двигателя, провести не менее 6 измерений, при полном повороте вала двигателя в разных позициях. В случае разброса полученных показаний по разным фазам более чем в 15%, двигатель считается не исправным и подлежит сдаче на перемотку в Энергетическое производство.

д) Провести замер диаметра рабочего конца вала электродвигателя, Провести минимум 3 измерения на рабочей части вала по его длине: в конце вала, в середине рабочей поверхности вала, у упорного бурта рабочей части вала.

В случае отличия диаметра вала в конце рабочей поверхности, то есть наличии так называемого “грибка на валу”, необходимо во время обкатки двигателя на холостом режиме снять мелкозернистой наждачной бумагой металл в месте забоя до номинального значения. В случае “провала” в минус диаметра вала по длине провести минимум 2 измерения влево и вправо от точки “провала” размера, В случае отклонения диаметра от номинала более чем на 30% длины рабочей поверхности вала двигатель считается не исправным и подлежит повторной сдаче в бригаду централизованного ремонта для восстановления геометрии вала.

е) Провести проверку длины, ширины и глубины шпоночного паза в соответствии с параметрами, указанными в [26]. В случае отличия ширины и глубины паза от табличных двигатель устанавливать использовать запрещается. Запрещается использовать не стандартные и фигурные шпонки в двигателях. В случае отличия ширины шпоночного паза более чем на 15 % двигатель также признается не исправным и подлежит ремонту.

ж) Проводиться проверка отсутствия видимого и осязаемого (без инструментального контроля) люфта вала двигателя, как в радиальном, так и в осевом направлении и проводиться тактильное измерение вибрации подшипников электродвигателя.

и) Проверка работы асинхронного электродвигателя на холостом ходу или с ненагруженным механизмом.

Продолжительность проверки двигателя при обкатке на холостом ходу не менее 30 минут. В момент обкатки необходимо контролировать ток во всех фазах двигателя по монитору тока MTD-RS, установленному на стенде и сравнивать его с параметрами приведенными в рабочих таблицах, составленных инженером БТП ОЭТС и имеющихся на ремонтном участке. Ток холостого хода записывается в журнал обкатки двигателя. В случае отличий тока по любой из фаз на величину более 10% от указанного значения двигатель признается неисправным и подлежит сдаче в перемотку в Энергетическое производство.

В момент холостого хода двигателя также проверяются работа подшипниковых узлов и узла вентиляции на предмет посторонних шумов и избыточной вибрации [11]. В случае возникновения таких явлений двигатель осматривается ремонтным персоналом участка и в случае выявления причины она, по возможности устраняется на месте, без полной или частичной разборки корпуса двигателя и его магнитной системы. В противном случае двигатель также признается неисправным и подлежит сдаче в бригаду централизованного ремонта.

В случае успешной проверки электродвигателя он признается годным для установки на технологическое оборудование.

#### Методика проверки бесконтактных датчиков

При проверке бесконтактных датчиков, оснащенных светодиодным индикатором на корпусе необходимо сравнивать состояние этого индикатора с соответствующим индикатором на стенде.

Для проверки бесконтактных датчиков необходимо включить стенд, согласно п.2. Далее необходимо в зависимости от полярности проверяемого датчика (PNP, NPN) подключить соответствующие выводы питания датчика к клеммам (X11/X12), находящимся с левой стороны стенда, а выход датчика на

нагрузку к клеммам X10 или X13 соответственно. При подаче напряжения на датчик и его срабатывании (наличии выхода) будет соответственно светиться соответствующая индикация HL19, которая будут свидетельствовать о работоспособности выхода датчика.

Проверка типа выходного контакта в случае отсутствия маркировки на датчике или нестандартной маркировки проводов производится в начале для подключения питания типа PNP В случае отсутствия свечения светодиода HL19 при правильном подключении питания и не замкнутой рабочей поверхности датчика и срабатывании светодиода HL19 при замыкании датчика на рабочую металлическую поверхность означает, что выход имеет нормально открытый контакт (NO). В случае если светодиод горит сразу при подключении питания и отключается при срабатывании датчика, то тип выходного контакта данного датчика будет нормально закрытый (NC).

Проверка бесконтактных датчиков номинальным напряжением 110VAC осуществляется на правой части стенда при подключении их к колодкам тестового напряжения 110VAC (XS5 и XS6), а нагрузка к датчику будут присоединяться от клемме XS9, расположенной под ними. Включение контакта датчика будет индицироваться включением светодиода HL20.

#### Методика проверка плат входов и выходов

Для проверки плат цифровых входов и выходов необходимо навывключенном стенде смонтировать проверяемую плату на стенд в соответствующую ей позицию, вместо платы E3 для входных плат, и вместо платы A4 для проверки выходных плат. Далее при проверке входных плат необходимо выставить соответствующую ей кодировку (адресацию при помощи установленных на плате DIPпереключателей). Принцип установки кодировки см. в инструкции по эксплуатации PLC Simatic S5 [26,27].

Далее необходимо подключить к входной плате колодку с тестовыми кнопками. Затем необходимо подать питание на стенд (п.2) и проимитировать кнопками наличие соответствующих входных сигналов для платы и адекватность их отработки. При необходимости просмотра стека прерываний контроллера и возможных ошибок в случае их наличия необходимо подключить к PLC. Процесс подключения программатора и работы с ним описан в инструкции по программированию PLC Simatic S5 [26,27,28].

Для проверки плат выходов необходимо подключить проверяемую плату в позицию А4 и надеть на нее колодку, подключить к входной плате, установленной в позиции Е3 тестовую колодку для имитации подачи входов подать питание на стенд (п.2) и запустить тестовый программный блок в контроллере или же напрямую в режиме ONLINE с программатора проимитировать работу необходимых выходов на плате. В случае необходимости при наличии ошибок необходимо посмотреть ошибку в стеке прерываний программного пакета Simatic S5.

Методика проверки электротехнических устройств с помощью тестовых программ

Стенд позволяет сформировать практически любую последовательность импульсов с различными тактами включения и временем паузы путем написания соответствующего программного блока для контроллера стенда. Для проверки устройства, например пускателя или реле необходимо включить стенд в соответствии с п.2. Для включения режима тестовой программы необходимо повернуть селектор SL5- SL8, в зависимости от того какое тестовое напряжение нам необходимо. Далее необходимо подключить проверяемое устройство к соответствующим клеммам стенда и выбрать, какое напряжение нам требуется постоянное или переменное и в соответствии с п.3 инструкции по работе со стендом начать тестирование устройства. Выключение

тестирования путем отключения подачи тестового напряжения (см. п. 3) производится выключения соответствующего селектора выбора программы SL4 - SL8.

### Методика проверки силовых пускателей

Программа проверки пускателей формируется исходя из требований к данному типу аппаратуры и особенностей ее эксплуатации в конкретном производстве.

Предлагается проводить проверку пускателей, полученных со склада в следующем порядке:

1) проводится внешний осмотр на предмет повреждений и сколов на корпусе, а также наличия загрязнений.

Повреждения корпуса возникают не только вследствие ударов и падений, но и по причине длительного воздействия вибрационных факторов. Если повреждения корпуса критичны и не дают возможность его последующей эксплуатации то при наличии оборотного корпуса его заменяют [10]. Отдельное внимание следует уделить проверке полной комплектности пускателя, так как часто происходит потеря пружин дополнительных контактов, крепежных винтов на силовых контактах и т.д. в момент транспортировки;

2) Проводиться ревизия механической части пускателя.

Проверяется ход якоря пускателя относительно корпуса: необходимо, чтобы отсутствовали подклинивания и затруднения при движении. Проверку хода осуществляем замыканием контактов методом «от руки». При наличии критичных механических заклиниваний открыть пускатель и зашлифовать трущиеся части или смазать их. Также необходимо проверять механическую блокировку у реверсивных пускателей. Проверку механической блокировки производят не реже чем через 1 млн. включений, её регулировку необходимо проводить в соответствии с заводскими указаниями [10];

### 3) Поверяется катушка пускателя

В случае если она видна без вскрытия корпуса, то её подвергают осмотру на предмет наличия трещин и повреждений. Катушку с такими признаками заменяют при наличии оборотного фонда. Затем проверяют активное сопротивление катушки, оно должно находиться в пределах установленных изготовителем значений. В случае отличия катушку заменяют на новую. Межвитковое замыкание в катушке без использования LC метра можно вывить при работе пускателя по следующему признаку - повышенный шум при работе;

### 4) Проверка изоляции пускателя

Для всех пускателей в целом необходимо проверить отсутствие замыканий между отдельными силовыми полюсами. Для этого необходимо использовать мегомметр, сопротивление изоляции должно быть не менее 0,5 Мом. Если же у пускателя есть металлические корпусные детали, то необходимо убедиться в отсутствии пробоя между этими частями, подлежащими заземлению, и силовыми контактами [10];

### 5) Проверка силовых и сигнальных контактных групп идугогасительных камер.

Открыть защитную крышку пускателя, осмотреть состояние дугогасительных камер. При отклонении от нормы требуется заменить крышку в сборе.

Подключить пускатель к соответствующему тестовому напряжению и подать напряжение на его катушку. Если контактные группы открыты или пускатель может работать со снятой защитной крышкой, то необходимо осмотреть на предмет замыкания все контакты пускателя. Они должны прилегать друг другу плотно по всей поверхности, без смещений и наклонов, наличие которых говорит о необходимости регулировки механической части или замены контактных групп.



Внешний вид элементов пускателя отечественного производства серии ПМА, проверенного на стенде и у которого было выявлено повышенное сопротивление силовых контактных групп представлен на рисунке 44.

При включенном пускателе необходимо мультиметром или другим измерительным прибором замерить сопротивление контактных групп пускателя, оно не должно выходить за диапазон рекомендованный производителем.



Рисунок 44. Внешний вид элементов пускателя ПМА после ревизии

В случае разницы сопротивлений по фазам или сопротивлении любой фазы отличающихся от номинального более 10 % необходимо или зачистить контактные группы с восстановлением профиля контактной площадки или заменить его на новый. Высокопроводящий, а чаще всего это серебряный слой подвижных и неподвижных контактов пускателя относительно тонок, поэтому, воздействовать на него надфилем необходимо крайне аккуратно.

## Проверка пускателей и реле по тестовой программе

Подобной методике тестирования предлагается подвергать пускорегулирующую аппаратуру и реле, работающие в прерывистом режиме. Катушка пускателя должна быть подключена к контактам стенда в соответствии с ее номинальным напряжением. Селектор выбора тестовой программы для этого напряжения должен быть включен. Нажать на кнопку подачи соответствующего рода тока постоянного или переменного для данного напряжения. Далее в соответствии с написанной или уже имеющейся тестовой программой в PLC пускатель должен проработать 5 минут с разными по длительности тактами включения и выключения. При работе пускателя необходимо обращать внимание на повышенный шум, возможные вибрации.

Их наличие указывает на неисправности магнитной системы, не одновременное включение контактов, не четкое включение, повышенный нагрев катушки. В случае их наличия пускатель необходимо или проревизировать или сдать на склад на замену с указанием неисправности

Ремонт пускателей в условиях ремонтных бригад производится по результатам входного контроля на стенде и сводится обычно к замене деталей и узлов, не подлежащих восстановлению и регулировке. Таковыми являются: катушка, отдельные контакты и даже контактная группа в целом, детали корпуса, пружины, винты и зажимные пластины.

## Методика проверки промежуточных реле и малогабаритных пускателей

Рекомендуется следующий порядок проверки реле полученных со складов:

- а) производят внешний осмотр на наличие мех повреждений и целостность корпуса, защитных крышек, проверяют его комплектность,
- б) если позволяет конструкция реле проверяют легкость хода механизма реле,

отсутствие застреваний в любом положении, четкость возврата в исходное положение из любого промежуточного положения,

в) проверяют активное сопротивление катушки, оно должно находиться в пределах установленных изготовителем значений. В случае отличий от номинала катушку заменяют на новую, если это возможно сделать конструктивно.

При проверке на стенде электромагнитных реле необходимо подключить его катушку к соответствующему по номиналу и роду напряжению и включить их в соответствии с пунктом 2 инструкции по работе со стендом. Далее на включенном аппарате необходимо проверить электроизмерительным прибором сопротивление всех основных (силовых) контактов и всех вспомогательных контактов. Сопротивление контактов должно быть в диапазоне 0,1-1,1 Ом и разброс по фазам не должен отличаться друг от друга более чем на 10%, в противном случае аппаратура будет считаться неисправной. Реле, находящееся под напряжением не должно издавать высокочастотные звуки и вибрировать, в противном случае оно считается неисправным. В случае если сопротивление контактов отклоняются от нормальных значений, то их необходимо отрегулировать, зачистить или заменить, что возможно только для определенных моделей реле. Нагар с контактов при их подгорании удаляют надфилем с мелкой насечкой и протирают чистой салфеткой.

У реле типа РПЛ и промежуточных реле ф. Siemens (ЗТН, ЗТХ) и Schneider Electric возможно заменить силовые контакты, у других реле форму силовых контактов восстанавливают до заводской, а если это не возможно, то реле сдается на склад с указанием соответствующей неисправности на бирке.

Методика проверки электромагнитов и распределителей

Проверить на целостность обмотку электромагнита или распределителя на стенде, подключив его к клеммам XS16 и XS17. В случае необходимости

замерить электроизмерительным прибором сопротивление обмотки. Для проверки рабочего тока электромагнитов и распределителей на стенде необходимо выбрать тестовое напряжение 24VDC, подключить испытываемый электромагнит к разъемам XS16 и XS17 и с помощью амперметра PA2 снять показания рабочего тока электромагнитов. В случае отличия тока электромагнита более чем на 15% по сравнению с номинальным, обозначенным на бирке он признается неисправным. Для распределителей в этом случае необходимо демонтировать катушку распределителя и заменить ее на исправную, а для электромагнитов имеющих не съемную конструкцию катушки сдать его в перемотку в Энергетическое производство.

#### Выводы по главе

В главе были разработаны инструкции по эксплуатации для спроектированного стенда и разработаны методики проверки на данном стенде основных видов электротехнического оборудования, применяемого в Механосборочных производствах ПАО «АВТОВАЗ» с целью его тестирования на предмет выявления не качественно проведенного ремонта.

## Заключение

В работе проведен анализ существующих стендов для проверки как определенных видов электротехнических устройств систем автоматики, пускорегулирующей аппаратуры и электрических машин так и универсальных стендов в целом. Были проанализированы особенности компоновочных и схемных решений, как покупных так и собственного изготовления, используемых при производстве стендов.

Были сформулированы требования к разрабатываемому стенду по построению системы управления им и требуемые от него функциональные возможности.

В качестве системы управления стендом был выбран промышленный контроллерф. Siemens, серии Simatic S5 (CP 941), применяемый на оборудовании Механосборочных производств, так как данная система управления стендом имеет возможность гибкого программирования и дает возможность имитации работы пускорегулирующей аппаратуры и исполнительных элементов с различным времени и частотой их включения.

В работе приведено описание промышленного контроллера серии Simatic S5 и дано краткое описание языка его программирования STEP 5.

В главе 2 по требованиям к функциональным возможностям стенда была разработана его структурная схема. На основании структурной схемы разработана конструкция стенда.

Его силовая и управляющая часть электросхемы были выполнены в программе SplanV 7.0, а управляющая программа электроавтоматики разрабатываемого стенда написана на языке STEP 5, электросхема и компоновка его элементов в шкафу управления представлена в приложении 1.

С целью имитации работы устройств с различными тактами по времени был дополнительно написан программный блок, имитирующий включение пускорегулирующей аппаратуры и исполнительных элементов с заданными по

времени интервалами и частотой, с целью выявления неисправной аппаратуры и исполнительных механизмов и соответственно сокращения времени ремонта и наладочных работ.

В третьей главе была разработана инструкция по безопасной работе на стенде, также разработаны методики проверки и испытания основного объема запасных частей, получаемых со склада для ремонта технологического оборудования, основных видов электротехнического оборудования, применяемого в Механосборочных производствах ПАО «АВТОВАЗ» с целью его тестирования на предмет выявления не качественно проведенного ремонта, что бы уменьшить затраты из-за возможного простоя оборудования.

Методики проверки были апробированы в условиях ремонтных подразделений Производства Двигателей ПАО «АВТОВАЗ».

## Список используемых источников

1. Гольдберг, О.Д. Инженерное проектирование электрических машин. Учебник для вузов (для бакалавров и магистров) / О.Д. Гольдберг, Л. Н. Макаров, С. П. Хелемская. – М.: ООО ИД БАСТЕТ, 2016. – 528 с.
2. Гольдберг, О.Д. Проектирование электрических машин. / О. Д. Гольдберг, Я. С. Гурин, И. С. Свириденко. – М.: Высшая школа, 2014. – 430 с.
3. Лисицкий, Е.Л. Судовые электрические машины. Проектирование трехфазного асинхронного двигателя: Задания и методические указания к выполнению курсового проекта по дисциплине Судовые электрические машины / Е.Л. Лисицкий, М.И. Благодичнов. – Н. Новгород: Издательство ФГОУ ВПО ВГАВТ, 2014. – 60 с.
4. Кацман, М.М. Лабораторные работы по электрическим машинам и электрическому проводу. Учебное пособие / М.М. Кацман М.: Издательский центр «Академия», 2014 г. – 256 с.
5. Тимофеев, И.А. Основы электротехники, электроники и автоматики. Лабораторный практикум. / И.А. Тимофеев. – СПб. : Лань, 2016. – 196 с.
6. Черепяхин, А.А. Электротехническое и конструкционное материаловедение. / А.А. Черепяхин, Т.И. Балькова, А.А. Смолькин. – М.: Феникс, 2017. – 349 с.
7. Покотило, С.А. Электротехника и электроника. / С.А. Покотило, В.И. Панкратов. – М.: Феникс, 2017. – 283 с.
8. Гольдберг, О.Д. Надежность электрических машин / Гольдберг О.Д., С.П. Хелемская. – М.: Академия, 2010. – 288с.
9. Рачков, М.Ю. Технические средства автоматизации. Учебник. / М.Ю. Рачков. – М.: Юрайт, 2017. – 180 с.
10. Курбатов, П.А. Электрические аппараты. Учебник и практикум. / П.А. Курбатов. – М.: Юрайт, 2017. – 250 с.
11. Чекалин, В.Г. Диагностика и наладка электроприводов: учебное пособие /

- В.Г. Чекалин. – Душанбе: ДГУ, 2010. – 57с.
- 12.Лыкин, А.В. Электроэнергетические системы и сети. Учебник для вузов. / А.В. Лыкин. – М.: Юрайт, 2017. – 360 с.
- 13.Данилов, И.А. Общая электроника. Часть 1./И.А. Данилов. - 2-е издание. - М.: Юрайт, 2017. – 426 с.
- 14.Жаднов, В.В. Расчет надежности электронных модулей. / В.В. Жаднов. – М.: Юрайт, 2016. – 232 с.
- 15.Алиев, И.И. Электротехника и электрооборудование. В трех частях. Часть 1. Учебное пособие для СПО / И.И. Алиев. – М.: Юрайт, 2017. – 374 с.
- 16.Беляков, Г.И. Электробезопасность. Учебное пособие для академического бакалавриата. / Г.И. Беляков. – М.: Юрайт, 2017. – 125 с.
- 17.Федотов А.В. Теория и расчет индуктивных датчиков перемещений для систем автоматического контроля: монография - Омск: Издательство ОмГТУ, 2014. – 176с.
- 18.Осипов, О.И. Техническое диагностирование асинхронного двигателя / О.И. Осипов, А.Н. Агафонов // Труды Моск. энерг. ин-та. Электропривод и системы управления. – 2000. – Вып. 676. – С. 22-29.
- 19.Ромасюков В.В., Демьяненко А.В., Стенд диагностики электротехнического оборудования для промышленного предприятия. Сборник статей Международной научно – практической конференции “Современные условия взаимодействия науки и техники”: Челябинск 29 марта 2018 г: - Уфа: ОМЕГА САЙНС, 2018. – 227с.
- 20.Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей: Приказ Министерства энергетики РФ от 13 января 2013 г. N 6 (Зарегистрировано в Минюсте России 22.01.2013 N 4145).
- 21.Ромасюков В.В., Рузанов А.Н., Северин А.А., Испытательный стенд для электрических машин и электроаппаратуры: V Всероссийская научно-техническая конференция (к 50-летию юбилею кафедры «Электроснабжение и электротехника» института энергетики и



- электротехники) Проблемы электротехники, электроэнергетики и электротехнологии: Тольятти, 1-2 ноября 2017 года: сборник трудов Тольятти: Изд-во ТГУ, 2017. – С 414-419
22. Рузанов А.Н., Ромасюков В.В., Контрольный стенд для электроаппаратуры  
Материалы Всероссийской научно-технической конференции Наука. Технология. Производство 2016. Современные методы средства диагностики электроэнергетического и электротехнического оборудования, средств и систем автоматизации: Уфа, 2016г: – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2016. – С 225-228.
23. Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок: Приказ Минтруда России от 24.07.2013 N 328н (ред. от 19.02.2016) (Зарегистрировано в Минюсте России 12.12.2013 N 30593).
24. Ткаченко, Н.И. Надежность технических систем и техногенный риск: учебное пособие/ Н.И.Ткаченко, С.Е.Башняк. - пос. Персиановский: Донской ГАУ, 2015. – 60 с.
25. Технический каталог электродвигателей - Владимирский электромашиностроительный завод [электронный ресурс]. – URL: [http://www.vemp.ru/pdf/Katalog\\_VEMZ\\_2008.pdf](http://www.vemp.ru/pdf/Katalog_VEMZ_2008.pdf) – (Дата обращения: 23.05.2018).
26. SIMATIC S5 S5-115U Программируемый контроллер, инструкция по программированию Siemens Aktiengesellschaft C79000-G8500-C820-01 [электронный ресурс]. – URL: <http://www.elinc.ru/Downloads/Simatic/S5/S5-115U.pdf> – (Дата обращения: 23.05.2018).
27. SIEMENS SIMATIC STEP 5/ST Ver.7.1, Siemens Aktiengesellschaft C79000-G8556-C920 [электронный ресурс]. – URL: [http://plc4good.org.ua/files/03\\_downloads/s5\\_manuals/step5\\_ver7.1\\_r.pdf](http://plc4good.org.ua/files/03_downloads/s5_manuals/step5_ver7.1_r.pdf) – (Дата обращения: 23.05.2018).
28. SIEMENS SIMATICS5 S5-115U CPU 941/942/943/944 Siemens Aktiengesellschaft GWA 4NEB 811 6000-01a [электронный ресурс]. – URL:

- [https://cache.industry.siemens.com/dl/files/937/1085937/att\\_910/v1/S5-115U\\_ru.pdf](https://cache.industry.siemens.com/dl/files/937/1085937/att_910/v1/S5-115U_ru.pdf) (Дата обращения: 23.05.2018).
29. Siemens Sirius 3RW40 [электронный ресурс]. – URL: <https://www.industry.usa.siemens.com/automation/us/en/industrial-controls/products/solid-state-control/soft-starters/Documents/White%20Paper%20of%203RW40.pdf> (Дата обращения: 23.05.2018).
30. Stan Gibilisco. Beginner's Guide to Reading Schematics. / Stan Gibilisco. – Third Edition - New York, N.Y.: McGraw-Hill Education, 2014.
31. Rania F. Ahmed. Testing Methods For Fault Detection In Electronic Circuits. / Rania F. Ahmed, Ahmed M. Soliman, Ahmed G. Radwan. - Saarbrucken, Germany: LAP Lambert Academic Publishing, 2014.
32. Michael Geier. How to Diagnose and Fix Everything Electronic. / Michael Jay Geier. – Second Edition – New York, N.Y.: McGraw-Hill Education, 2016.
33. Matthew Scarpino. Motors for Makers: A Guide to Steppers, Servos, and Other Electrical Machines. / Matthew Scarpino. – 1st Edition - USA: Pearson Education, 2016.
34. Md. Ruhul Amin. Electrical Power System Analysis. / Md. Ruhul Amin, Rajib Baran Roy. - Saarbrucken, Germany: LAP Lambert Academic Publishing, 2015 – 136 p.
35. Nyse David S. Linear position sensors: theory and application. A John Wiley & SONS, Inc., Publication , 2014