

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 контрольного стенда для оценки технического состояния датчиков, элементов электроприводов и шкафов управления технологических линий ПАО "АВТОВАЗ"»

Студент

Р.Ш. Каримов

(И.О. Фамилия)

\_\_\_\_\_  
(личная подпись)

Научный  
руководитель

В.В. Ермаков

(И.О. Фамилия)

\_\_\_\_\_  
(личная подпись)

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

В магистерской диссертации разработана конструкция контрольного стенда для оценки технического состояния датчиков, элементов электроприводов и шкафов управления. Внедрение стенда в ремонтное производство позволяет оценить техническое состояние замещенного при ремонте электротехнического оборудования и вернуть его в оборотный ремонтный фонд.

В работе разработаны следующие вопросы:

- выполнен краткий обзор ремонтного производства цеха;
- проведен анализ номенклатуры обслуживаемых электротехнических изделий;
- разработана конструкция стенда (электрические схемы, компоновка, монтаж, инструкция по эксплуатации);
- разработаны методики проверки оборудования;
- составлены инструкции по ремонту электрических машин и аппаратов.

Работа содержит 88 страниц машинописного текста, 44 рисунка, 15 таблиц. Для написания использован 31 источник информации.

## Оглавление

Введение.....	4
1 Краткий обзор ремонтного производства цеха.....	9
1.1 Краткие сведения о системе технического обслуживания и ремонта технологического оборудования.....	9
1.1 Анализ номенклатуры обслуживаемых электротехнических изделий.....	13
1.2 Типовые неисправности обслуживаемых электротехнических изделий...	32
1.3 Обзор стендов, методов и способов оценки технического состояния обслуживаемых электротехнических изделий.....	37
1.4 Выводы по главе 1.....	42
2 Разработка конструкции стенда.....	44
2.1 Разработка структурных, электрических принципиальных схем стенда и его компонентов.....	44
2.2 Расчет и выбор электрооборудования стенда.....	49
2.3 Сборка и монтаж стенда.....	50
2.4 Разработка инструкции по эксплуатации стенда.....	52
2.5 Выводы по главе 2.....	61
3 Методика проверки электрооборудования на стенде.....	63
3.1 Методика проверки асинхронных электродвигателей.....	64
3.2 Методика проверки индуктивного датчика.....	64
3.3 Методика проверки контактора.....	66
3.4 Разработка инструкции «Ремонт электрических машин и аппаратов».....	68
3.5 Разработка инструкции «Порядок учета, хранения и ремонта узлов, бывших в употреблении, для технологического оборудования ПАО «АВТОВАЗ».....	75
3.6 Выводы по главе 3.....	81
Заключение.....	83
Список используемых источников.....	85

## Введение

Основным технологическим оборудованием машиностроительного производства являются разнообразные конвейеры, автоматизированные линии, многообразный станочный парк и другое оборудование. Основным силовым электрооборудованием является разнообразные приводы, центральным узлом которых являются электродвигатели различных типов и разнообразной конструкции [1]. Для распределения электрической энергии по потребителям, для их включения или выключения, контроля, управления используются многообразные реле, коммутаторы, контроллеры и другие приборы [2]. Таким образом, можно сказать, что определяющим фактором в общей надёжности технологического оборудования является надёжность именно его электрооборудования. Под надёжностью понимается безотказность работы оборудования, его ресурс, наработка на отказ.

Определяющим фактором бесперебойной работы технологического оборудования машиностроительного производства является проведение своевременного обслуживания и ремонта электрооборудования технологического оборудования.

На машиностроительных производствах для этого создаются специализированные ремонтно-механические цеха или, по-современному, ремонтные службы. Ремонтные службы обычно выполняют три задачи:

- своевременный текущий ремонт оборудования, в том числе и планово-предупредительный;
- техническое обслуживание и надзор за технологическим оборудованием, с целью выявления незначительных неисправностей, продления срока эксплуатации;
- модернизация технологического оборудования.

Сфера деятельности ремонтных служб распространяется на всё технологическое оборудование предприятия, как на основное, так и на

вспомогательное. Если промышленное предприятие не очень большое, то и ремонтная служба обычно единая на все предприятие и входит в службу главного механика. На крупных предприятиях организовываются ремонтные отделения на базе производственных цехов. При этом ремонт электрооборудования занимается отдельно выделенное подразделение. Обычно это электроремонтный цех или электротехническое ремонтное отделение.

Основой ремонтного производства является планово-предупредительная система организации производства. Основная цель системы – продлить срок службы технологического оборудования, за счет исключения возникновения его критических поломок, из-за которых оборудование выходит из строя. Профилактические работы (например, замена смазочных материалов, устранение люфтов и т.п.) уменьшают износ, удешевляют ремонт, продлевают общий срок службы оборудования.

На предприятиях единичного и мелкосерийного производства применяется централизованная форма организации ремонтного производства, при которой все работы выполняются централизованно, одним ремонтным подразделением. На более крупных предприятиях ремонтные работы, включая капитальный ремонт, выполняются структурными подразделениями под контролем главного механика цеха.

При планировании ремонтных работ составляются графики очередных осмотров оборудования, очередных плановых ремонтов и график проведения капитальных ремонтов. У разного технологического оборудования межремонтные сроки могут значительно отличаться друг от друга. Например, у легких и средних металлорежущих станков, при двусменной работе, временные интервалы составляют:

- между профилактическими осмотрами: 3,5-4 месяца эксплуатации;
- между плановыми текущими ремонтами: 7-8 месяцев;
- между капитальным ремонтом: 5-6 лет.

На ПАО «АВТОВАЗ» появление ремонтного производства совпадает со стартом монтажа оборудования ВАЗа. Сформированный в сентябре 1968 года

коллектив ремонтного цеха СКП (№ 48) сразу не включился в создание мощностей для выпуска самого первого автомобиля «ВАЗ». Основываясь на приобретаемом с годами опыте, ремонтники постепенно расширяли границы своей деятельности. Цех со временем был преобразован в службу по ремонту и обслуживанию оборудования, которая, помимо прочего, стала играть одну из ключевых ролей и в деле подготовки производства новых автомобилей. [3]

В настоящее время около 1200 специалистов службы обеспечивают стабильность работы почти 4,5 тысячи единиц очень разнопланового оборудования СКП. Наравне с производственниками они несут ответственность за выполнение программы по выпуску автомобилей и за их соответствие требованиям качества.

Помимо своих прямых обязанностей, ремонтное производство АвтоВАЗа предлагает услуги по промышленному сервису [4]:

- разработка проектов и выполнение работ по модернизации систем управления технологического оборудования;
- изготовление датчиков средств активного контроля технологического оборудования;
- запуск и пуска - наладка электронных систем управления на территории заказчика;
- комплексное техническое обслуживание электронных систем управления, выполнение различных видов ремонта (капитальный, экстренный, текущий) с применением собственной сервисной аппаратуры и инструмента.

Актуальность работы.

После проведения ремонта основного технологического оборудования большая часть (более 90%) снятого при ремонте электротехнического оборудования сдавалось на металлолом (утилизировалось), ввиду невозможность быстро и качественно оценить его техническое состояние. Разрабатываемый стенд позволяет оценить пригодность к дальнейшему использованию датчиков, реле, элементов электроприводов и шкафов управления.

Повышение эффективности ремонтного производства и снижение эксплуатационных затрат является актуальной задачей.

Цель работы.

Целью данной работы является снижение эксплуатационных затрат основного технологического оборудования.

Задачи исследования:

- разработать конструкцию контрольного стенда для оценки технического состояния датчиков, элементов электроприводов и шкафов управления;
- разработать методики проверки технического состояния испытуемого электротехнического оборудования.

Практическая значимость.

Разработанный стенд позволяет оценить техническое состояние замещенного при ремонте электротехнического оборудования и вернуть его в оборотный ремонтный фонд.

Основные положения, выносимые на защиту.

1. Конструкция контрольного стенда, отличающаяся от известных более точной оценкой определенной номенклатуры изделий и сокращением времени проведения испытаний, за счет применения разработанных методик проведения испытаний (или за счет разработанных инструкций).

Новизна магистерской диссертации

1. Новизна работы заключается в конструкции контрольного стенда и разработанных методик проведения испытаний (или за счет разработанных инструкций).

Основные материалы диссертации докладывались на Всероссийской научно-технической конференции (к 50-летию юбилею кафедры «Электроснабжение и электротехника» института энергетики и электротехники), Тольятти, 1–2 ноября 2017 года.

По теме диссертации опубликовано 3 научные статьи [18, 19, 20].

1. Каримов Р.Ш., Северин А.А. Контрольный стенд для диагностики электротехнического оборудования. Труды V Всероссийская научно-техническая конференция (к 50-летнему юбилею кафедры «Электроснабжение и электротехника» института энергетики и электротехники) Проблемы электротехники, электроэнергетики и электротехнологии: Тольятти, 1–2 ноября 2017 года : сборник трудов / отв. за вып. В.В. Вахнина, В.А. Шаповалов. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2017. –1 оптический диск.

2. Каримов Р.Ш. Испытательный стенд для электрических машин и электроаппаратуры. Сборник статей Международной научно-практической конференции Инновационные процессы в научной среде: Пермь, 25 апреля 2017 года : сборник статей в 3 частях. Ч.3/ - Уфа: Аэтерна, 2017 г. – 187 с

3. Каримов Р.Ш., Вопросы эксплуатации и диагностики электротехнического оборудования. Сборник статей Международной научно-практической конференции Проблемы современных интеграционных процессов и пути их решения: Волгоград, 5 апреля 2018 года : сборник статей в 2 частях. Часть 2/ - Уфа: Аэтерна, 2017 г. – 190 с

Структура и объём работы.

Структура: введение, 3 раздела, заключение, список использованной литературы, включающий 31 наименований.

Объем: 88 страниц машинописного текста.

## 1 Краткий обзор ремонтного производства цеха

### 1.1 Краткие сведения о системе технического обслуживания и ремонта технологического оборудования

Основной системы технического обслуживания и ремонта является нормирование норматива простоя оборудования в ремонте - минимально необходимое время простоя оборудования в ремонте и техническом обслуживании (далее - в ремонт обслуживании), за которое обеспечивается поддержание оборудования в исправном состоянии.

Норматив времени простоя оборудования в ремонте является основанием для организации ремонт обслуживании технологического оборудования, а также основным показателем оценки деятельности ремонтной службы подразделения,

Норматив времени простоя оборудования в ремонте и обслуживании зависит от степени загрузки оборудования по выполнению программы производства деталей и узлов, организации его эксплуатации[5].

Норматив времени простоя оборудования в ремонте устанавливается для каждой единицы технологического оборудования в станок часах (ст./час) и определяется как процент от номинального фонда времени работы оборудования.

Норматив простоя в ремонте может быть рассчитан на (сутки, месяц, год) в зависимости от необходимости определения лимита простоев на конкретную единицу технологического оборудования (цепочку, комплекс).

Норматив времени простоя на комплекс оборудования (технологические цепочки) устанавливается по единице технологического оборудования, входящей в комплекс, имеющей минимальный норматив простоя и максимальный коэффициент загрузки.

Для технологического оборудования, не имеющего возможности создания объема задела деталей более чем на одну (две) рабочие смены, устанавливается сменный (суточный) норматив времени простоя.

Время простоя оборудования в ремонте - время простоя (в станок часах), в течение которого производилось техническое обслуживание или ремонт оборудования. Простой в ремонте считается только в режимное время работы оборудования. Время простоя оборудования в ремонте считается от начала остановки в ремонт до сдачи его в эксплуатацию после ремонта.

За начало простоя принимают:

а) при экстренном ремонте - время поступления заявки на ремонт в диспетчерский пункт ремонта (время ввода заявки на ремонт с терминала заказчика ремонта);

б) при текущем, капитальном (среднем) ремонтах и планово-предупредительном обслуживании - фактическое время остановки оборудования и начала ремонта.

За окончание простоя в каждом виде ремонта принимается время сдачи оборудования из ремонта после опробования и готовности оборудования к выпуску продукции, подтверждённое подписью руководителя производственного участка (цеха) в нарядах на ремонт и актах приемки-сдачи отремонтированных объектов.

Время простоя оборудования в ожидании опробования оборудования после выполнения ремонта не считается временем простоя оборудования в ремонте.

Учёт простоев оборудования в ремонте ведётся:

а) при выполнении планово-предупредительного обслуживания (ППО) - по нарядам на планово-предупредительное обслуживание по форме 4002 в соответствии с руководством пользователя 61.10704.020;

б) при выполнении экстренного, текущего ремонтов и межремонтного обслуживания - по нарядам на ремонт по форме 4012 в соответствии с руководством пользователя 61.10712.038;

в) при выполнении капитального (среднего) ремонта - по актам приемки-сдачи отремонтированных, реконструированных, модернизированных объектов по форме 6176-А в соответствии с СТП 37.101.9765.

Распределение времени работы технологического оборудования, учитывающей его загрузку и потери времени:

а) номинальный (режимный) фонд времени работы оборудования ( $T_n$ )- время, в течение которого может работать оборудование при заданных режимах без учета неизбежных плановых потерь (обеденные перерывы, не рабочие смены, сокращенные рабочие дни, выходные и праздничные дни);

б) действительный (расчетный) фонд времени работы оборудования ( $T_d$ ) - время, в течение которого может работать оборудование при заданных режимах без учета потерь на ремонт обслуживание оборудования и оснастки, потерь от брака, отсутствия заготовок, наладки, переналадки и др.

Эксплуатационные характеристики технологического оборудования:

а) коэффициент использования ( $K_{и}$ ) характеризует техническую возможность использования оборудования по времени при заданных режимах работы;

б) коэффициент загрузки ( $K_з$ ) характеризует степень загруженности оборудования. Определяется отношением трудоемкости в станок часах, необходимой для изготовления продукции на данном оборудовании по принятой программе производства, к действительному фонду времени работы оборудования при двухсменном режиме работы.

Рассмотрим порядок расчета норматива времени простоя технологического оборудования в ремонте.

Ремонтные подразделения производств выдают в производственно-диспетчерский отдел (ПДО):

а) проектный (расчетный) коэффициент использования ( $K_{и}$ ) по каждой единице, цепочке, комплексу технологического оборудования, исходя из времени цикла и пропускной способности оборудования;

б) при необходимости, по требованию ПДО - коэффициенты использования по группе, обрабатывающей определенную деталь.

ПДО рассчитывает допустимое время простоя технологического оборудования во всех видах ремонта ( $T_{рем}$ ) без учета потерь времени на проведение ремонтов оснастки ( $T_{осн}$ ), потерь от брака, отсутствия заготовок, наладок, переналадок и др. ( $T_{п}$ ) по формуле (1)

$$T_{рем} = (T_{н} - T_{д} - T_{осн} - T_{п}) \cdot K_{см}, \quad (1)$$

где  $T_{н}$  - номинальный фонд времени работы оборудования в смену (8 ст/час);

$T_{осн}$  - допустимое время простоя технологического оборудования во всех видах ремонта оснастки (например,  $T_{осн} = 0,1$  ст/час в смену);

$T_{п}$  - потери времени от брака, отсутствия заготовок и других простоев, не связанных с ремонт обслуживанием технологического оборудования и оснастки (например,  $T_{п} = 0,1$  ст/час в смену);

$K_{см}$  - коэффициент сменности, устанавливается в зависимости от режима работы оборудования в 1, 2 или 3 смены (например,  $K_{см} = 2$ );

$T_{д}$  - действительный (расчётный) фонд времени работы оборудования (2)

$$T_{д} = T_{н} \cdot K_{и} = 8 \cdot 0,85 = 6,8 \text{ ст/час в смену}, \quad (2)$$

где  $K_{и}$  - коэффициент использования технологического оборудования (например,  $K_{и} = 0,85$ ).

$$T_{рем} = (8 - 6,8 - 0,1 - 0,1) \cdot 2 = 2 \text{ ст/час в сутки}$$

В случаях, когда ремонт оснастки осуществляется силами ремонтно-механического цеха, допустимое время простоя технологического оборудования в ремонте увеличивается на время, необходимое на ремонт оснастки (3)

$$T_{рем} + T_{осн} = (T_{н} - T_{д} - T_{п}) \cdot K_{см} \quad (3)$$

где  $T_{осн}$  - время ремонта оснастки.

Для распределения норматива простоя по видам ремонта, при необходимости, отдел анализа ремонтов определяет процент соотношения часов простоя оборудования в каждом виде ремонта к общему простоя, на

основании опытно-статистических данных по простоям технологического оборудования в ремонте и обслуживании согласно циклов планово-предупредительного обслуживания, планов капитального ремонта на год и табуляграмм, получаемых с главного диспетчерского узла:

- а) табуляграмма "Сводная ведомость трудозатрат и часов простоя в ремонте" (форма 4107А) в соответствии с 61.10704.028;
- б) табуляграмма "Статистика ремонтов оборудования" (форма 4014) в соответствии с 61.10704.032 6А.

Данные по часам простоя оборудования в ремонте можно получить также из отчетов АСУР - "Статистика ремонтов".

Норматив времени простоя оборудования в капитальном ремонте устанавливает по принятым нормам времени простоя в ремонте оборудования согласно «Единой системы планово-предупредительного ремонта и рациональной эксплуатации технологического оборудования машиностроительных предприятий»[6].

Планируемые длительные простои технологического оборудования в ремонте, в согласованные сроки обеспечиваются необходимыми заделами выпускаемой продукции или обходными технологическими процессами.

### 1.1 Анализ номенклатуры обслуживаемых электротехнических изделий

Оборудованием, с наибольшим током потреблением являются разнообразные электродвигатели, мотор редукторы и мотор шпиндели, производства России (электродвигатели серии 4А, 5А, АИР и др), ф. Siemens(серии 1LA7, 1LE1, 1LG4, 1PH8) мощностью от 0,15 до 10 кВт.

Наиболее распространенными двигателями, применяющимися в технологическом оборудовании являются трехфазные асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором. Из-за их большой распространенности, они же часто выходят из строя. Технические характеристики наиболее распространенных электродвигателей показаны в таблице 1.

Таблица 1- Технические характеристики наиболее распространенных электродвигателей

Характеристика	Модель двигателей		
	4AM100L2	100L2 (AIP)	1LA7130-4AA60
Производитель	ПО «Электромотор», РФ	«Электромашина», РФ	ф. Siemens, Германия
Тип	АД с КЗ ротором	АД с КЗ ротором	АД с КЗ ротором
Номинальное напряжение, В / частота, Гц	380/50	380/50	380/50(60)
Мощность, кВт	5.5	5,5	5,5
Количество фаз	3	3	3
Частота вращения, об/мин	3000	2900	3000
КПД, %	87.5	85,7	88
cosφ	0.91	0,88	0,92
Номинальный ток, А	10,0	11,1	10,4
Отношение пускового тока к номинальному	7,5	7,5	6,0
Отношение пускового момента к номинальному	2,0	2,0	2,2
Масса, кг	26	28	25
Цена, руб	9000	9200	18752

Из таблицы 1 видно, что у современных отечественных и зарубежных двигателей технические характеристики отличаются не сильно, в отличие от их цены[7]. В этом контексте особое значение приобретает ремонт импортных электродвигателей.

На рисунке 2 показан мотор шпиндель итальянского производства фирмы Капеллини, двухвыводной, мощностью 3 кВт, высокоскоростной 8000-24000 об/мин, мощность водного охлаждения 2000-3000 л/час. Он используется на шлифовальных станках фирмы Fortuna.



Рисунок 2- Мотор-шпиндель

Также в ремонт периодически поступают в ремонт устаревшие мотор редукторы, которые постепенно вытесняются современными приводами (см. рисунок 3)

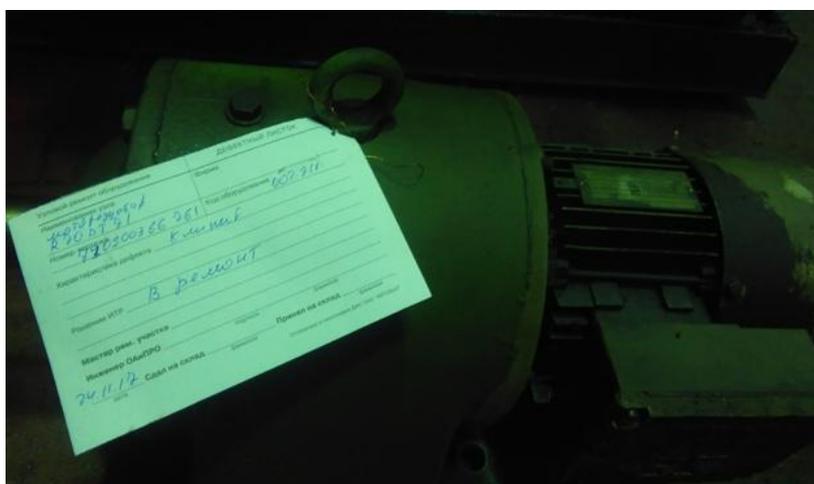


Рисунок 3- Мотор редуктор

Следующую большую группу электротехнических приборов, ремонтируемых в моём подразделении составляют разнообразные контакторы, магнитные пускатели, реле. Для примера рассмотрим технические характеристики магнитных пускателей серии Telemecanique от немецкой фирмы Schneider Electric, применяемых для пуска асинхронных электродвигателей приводов станков и технологического оборудования, в частности на токарно-винторезных станках. На рисунке 4 показано её использование совместно с отечественной контактной приставкой ПКЛ-22 УХЛ4. Технические характеристики показаны в таблице 2.



Рисунок 4- Магнитный пускатель серии Telemecanique

Таблица 2- Технические характеристики магнитных пускателей серии Telemecanique

Характеристика	Величина
1	2
Тип пускателя	Пускатели прямого включения с автоматическим отключением (со встроенной защитой от перегрузки, нереверсивный)
Исполнение	Тип 1

Продолжение таблицы 2

1	2
Мощность электродвигателей при 400 В	До 5,5 кВт
Номинальный ток	12,5...14 А
Габариты, В x Ш x Г, мм	152x45x87
Отключающая способность $I_q$ , кА	В соответствии с IEC 60947-4-1 на частоте переменного тока 50/60 Гц, напряжении 400/415 В составляет 50 кА
Ток срабатывания короткого замыкания	81 А
Номинальное напряжение управляющих цепей	24 В постоянного тока
Гарантийный срок эксплуатации	18 месяцев

На рисунке 5 показан контактор типа 3 RT1034-3 AF04 от компании SIEMENS. Его технические характеристики в таблице 3.



Рисунок 5- Контактор типа 3 RT1034-3 AF04 от компании SIEMENS

Таблица 3- Технические характеристики контактора типа 3 RT1034-3 AF04 от компании SIEMENS

Характеристика	Величина
1	2
Мощность электродвигателей при 400 В	22 кВт
Число фаз (полюсов)	3
Номинальное напряжение	400 В
Типоразмер (габаритные размеры)	S0
Срок службы контактной группы	10 млн. циклов
Рабочая температура	от -25 до +60 °С
Рабочий ток через главные контакты	55А
Номинальное напряжение управляющих цепей	110В переменного тока частотой 50/60 Гц
Мощность потерь для расчетного рабочего тока на проводник	0,9 Вт при 400 В
Крепление	На шину 35 мм поDINEN 50022
Габариты, В x Ш x Г, мм	85x45x91

Контактор типа 3 RT1034-3 AF04 применяется в металлообрабатывающих станках и линиях для пуска электродвигателей.

Большинство автоматических выключателей тоже импортного производства. Наиболее распространены из них выключатели серий 5SX, 5SY (см. рисунок 6), 5SPи 5SL от компании SIEMENS (см. таблицу 4)[30]. Как и автоматы других производителей, они имеют встроенные тепловые перегрузки о биметаллического типа и электромагнитные тока короткого замыкания, но отличаются высокой отключающей способностью до 15 кА по МЭК/EN60898, высокой селективностью.

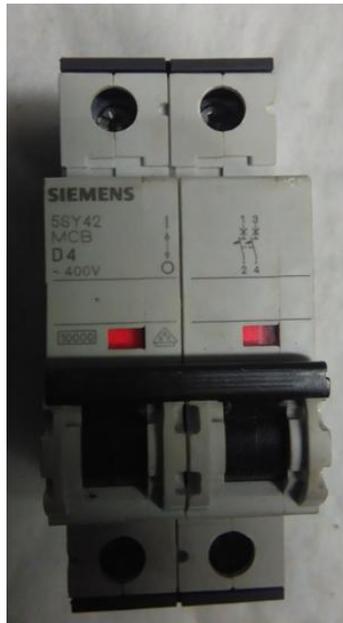


Рисунок 6- Автоматический выключатель серии 5SY ф. SIEMENS

Таблица 4- Основные характеристики автоматических выключателей ф. SIEMENS

Модель автоматического выключателя	Применяемость	Габаритная глубина, мм	Тип мгновенного расцепителя	Рабочий ток, А	Расчетная отключающая способность, А	Класс ограничения энергии
1	2	3	4	5	6	7
5SY6	Общего назначения	70	B	6...63	6000	3
			C	0,3...63		
			D	0,3...63		
5SY8	На большую мощность	70	C	0,3...63	25000	3
			D	0,3...63		
5SX5	На «-» и «~» ток	55	B	6...32	10000	3
			C	0,5...50		

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7
5SP4	На боль- шие токи	70	B	80...125	10000	3
			C	80...125		
			D	80...100		

Следующая группа электротехнических изделий, поступающих в ремонт составляют различные датчики, концевые выключатели, переключатели, кнопочные контакты и т.п.

Данные механического переключателя положения BNS 819-100-O-10 типоразмера BNS005A (см. рисунок 7) (концевой выключатель) сведены в таблицу 5.

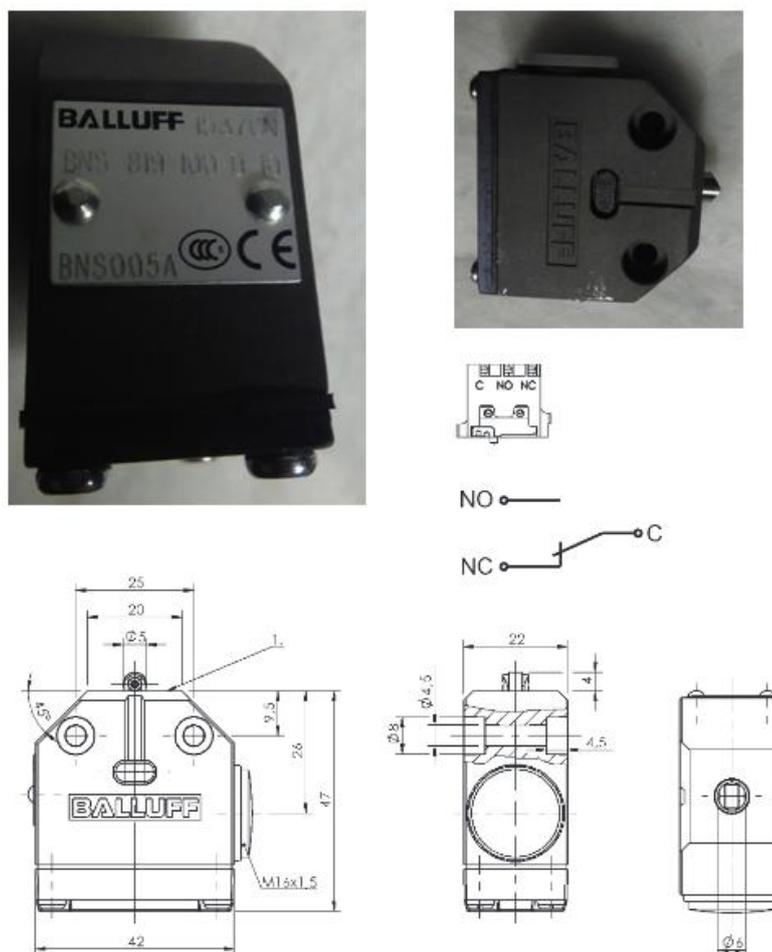


Рисунок 7- Механический переключатель положения BNS 819-100-O-10 типоразмера BNS005A (концевой выключатель)

Таблица 5- Параметры механического переключателя положения BNS 819-100-  
O-10 типоразмера BNS005A (концевой выключатель)

Характеристика	Показатель
Общие характеристики	
Базовый стандарт	IEC 60947-5-1
Переключатель DIN	нет
Тип корпуса по IEC 60529	IP67
Индикатор функции	1-я позиция: нет
Электрические характеристики	
Непрерывный ток	1-я позиция: 5 А
Эффективное рабочее напряжение $U_e$	1-я позиция: 250 В переменного тока
Функция переключения	Mech, однополюсное переключение
Механические характеристики	
Температура окружающей среды $T_{a \text{ макс.}}$	85 °С
Подход	В любой оси до mtg. поверхность
Температура окружающей среды $T_{a \text{ мин.}}$	-5 °С
Способ соединения	Винтовая клемма
Контактный материал	1-я позиция: серебро
Скорость приближения	1-я позиция: 60 м / мин
Dist. кулачок, чтобы сослаться на край	1-я позиция: 2,8 - 0,5 мм
Материал корпуса	алюминий
Диаметр плунжера	6,0 мм
Механическая продолжительность жизни	10 млн. операции
Количество позиций переключателя	1 ST
Мех. состояние установки	Любые
Сила переключения	1-я позиция: мин. 8 N
Скорость переключения	1-я позиция: макс. 200 об / мин
Размеры: глубина, высота	47,0 мм; 22,0 мм

Следующую группу представляют разнообразные выключатели и датчики. Для примера, наиболее массово применяемый на АвтоВАЗе индуктивный бесконтактный датчик ВБИ-М18-76К-1123-3 (см. таблицу 6, рисунок 8).

Таблица 6- Индуктивный бесконтактный датчик ВБИ-М18-76К-1123-3

Характеристика	Показатель
1	2
Тип датчика	ВБИ-М18-76К-1123-3
Номинальный ток	200 мА
Гарантированный интервал срабатывания	0-4,1 мм
Диапазон рабочих напряжений	10-30 В DC
Модификация	Типовое исполнение
$S_n$ - номинальное расстояние срабатывания	5 мм
Установка в металл	Встраиваемый
Функция выхода	НО и НЗ
Схема выхода	NPN общий плюс
Частота переключения	600 Гц
Падение напряжения	не более 2 В
Индикация срабатывания	есть
Категория применения коммутационного элемента	DC13
Защита коммутационного элемента	Есть бистабильная
Габариты корпуса (ЧЭ x длина)	М18x97
Остаточный ток	менее 0,01 мА
Степень защиты корпуса	IP67
Материал корпуса	Латунь никелированная
Температура окружающей среды	-45...+80°C
Материал чувствительного элемента	Армамид
Максимальная масса изделия	0,103 кг



Рисунок 8- Индуктивный бесконтактный датчик ВБИ-М18-76К-1123-3

Твердотельное реле серии RS-SERIES, от фирмы Weidmuller (см. рисунок 9, таблицу 7).

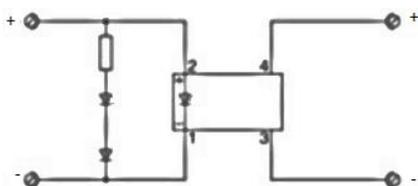


Рисунок 9- Optoelectronic sensor серии RS-SERIES

Таблица 7- Параметры Optoelectronic sensor серии RS-SERIES

Характеристика	Показатель
Тип	RSO 30 / DV 5-24V CC / SC

Фарм-бокс	№ 9443100000
Версия	Твердотельное реле RS-SERIES
Используемый элемент в качестве ключа	Биполярный транзистор
Управляющее номинальное напряжение	24 В постоянного тока
Номинальный ток	3 А
Номинальное напряжение переключения	60В постоянного тока
Способ подключения	Винтовое соединение

Индуктивный датчик приближения Balluff Inductive Proximity Sensor BES 516-161-10-L стоимостью 160\$ (см. рисунок10).

Основные параметры:

- габаритные размеры 60.5×74×28 (длина x высота x ширина);
- род тока постоянный;
- заглушка 7 мм;
- подключение проводов – винтовые клеммы;
- дополнительный выход переключения – PNP.



Рисунок 10- Индуктивный датчик приближения Balluff BES 516-161-10-L

На рисунке 11 показан индуктивный датчик Balluff BES 517-132-M3-H исполнение BES0201 серии Unisensor. Характеристики в таблице 8. Применяется для измерения частоты вращения валов и механизмов.

Таблица 8- Индуктивный датчик Balluff BES 517-132-M3-H

Характеристика	Показатель
1	2
Количество выводов	два: PNP NO + PNP NC
Частота переключений	100 Гц
Расстояние срабатывания	15 мм.
Напряжение питания, В	10...55 В постоянного тока
Температурный диапазон эксплуатации	-25...+70 °С
Размеры корпуса: длина, ширина, высота	120x40x40 мм



Рисунок 11- Индуктивный датчик приближения Balluff BES 517-132-M3-H

Следующую группу электротехнических изделий составляют предохранители защиты полупроводников SITOR серии 3NE (см. рисунок 12, таблицу9)



Рисунок 12- Предохранитель защиты полупроводников SITOR серии 3NE

Таблица 9- Предохранители защиты полупроводников SITOR серии 3NE

Характеристика	Показатель
Ток нагрузки допустимый, А	16, 20, 25, 35, 40, 50, 63, 80
Сечение медного провода, мм <sup>2</sup>	1,5; 2,5; 4, 6, 10, 10, 16, 25
Ток номинальный, А	16, 20, 25, 35, 40, 50, 63, 80
Напряжение номинальное, В	690
Масса, кг	0,127...0,129

Следующая группа состоит из коммутационных аппаратов. Например, пакетный автоматический выключатель типа ПВ 2 16, ПП-10\СП 44 МЗБ и ПВ 3 25 (см. рисунок 13, таблица 10)



Рисунок 13- Пакетный автоматический выключатель типа ПВ 2 16, ПП-10\СП 44 МЗБ

Таблица 10- Пакетный автоматический выключатель типа ПВ 2 16, ПП-10\СП 44 МЗБ

Характеристика	Показатель
Номинальный рабочий ток, $I_n$	16А (220В АС/DC), 10А (380В АС)
Номинальное рабочее напряжение, $U_e$	380В АС, 220В DC
Способ крепления	Основанием корпуса винтами
Степень защиты	IP56
Материал корпуса (оболочки)	Удар прочный негорючий пластик
Климатическое исполнение и категория размещения	М1
Условия использования	на открытом воздухе
Установочные размеры, мм	80x60
Артикул производителя:	ET002562

Электромагниты ЭМ 25 IP54 УХЛ4 (см. рисунок 14) предназначены для дистанционного управления механизмами различного промышленного назначения. Стоимость 2500 руб. Изготовитель ООО «Спец электромагнит», РФ. Основные характеристики:

- расстояние перемещения якоря: 3,5 мм.;
- степень защиты: IP 54;
- усилие, развиваемое на якоре: 90 Н.;
- номинальная частота включений в час: 15000;
- режим работы (продолжительность включения) ПВ: 100 %;
- время обратного хода: 0,07 с.;
- время срабатывания: 0,094 с.;
- мощность номинальная: 42 Вт.;
- масса: 1,5 кг.



Рисунок 14- Электромагниты ЭМ 25 IP54 УХЛ4

Следующая группа состоит из электромеханических предохранительных выключателей без предохранительной блокировки. Например, модели Euchner NZIVZ-518 B4 VSM 04 L220 (см. рисунок 15, таблицу 11).

Таблица 11- Механический переключатель Euchner NZIVZ-518 B4VSM 04 L220

Характеристика	Показатель
1	2
Степень защиты	IP67
Количество срабатываний	2 x 10 <sup>6</sup> раз
Материал контактной группы	Серебряный сплав
Принцип коммутации	Медленный способ переключения
Количество позиционных контактов с позицией на двери	2
Диапазон рабочих температур	-25 ... 80 °С

Продолжение таблицы 11

1	2
Масса	0,3 кг
Максимальная скорость приближения	20 м / мин
Приводная сила	35 Н
Сила извлечения	35 Н
Удерживающая сила	8 Н
Глубина установки	52 мм
Частота срабатывания	1200 раз / ч
Номинальный тепловой ток $I_{th}$	4 А
Категория использования в соответствии с EN 60947-5-1	4A 230V (AC-15), 4A 24V (DC-13)
Защита от короткого замыкания в соответствии с IEC 60269-1	Предохранитель 4А gG
Напряжение испытания изоляции $U_i$	250 В
Номинальное импульсное выдерживаемое напряжение $U_{imp}$	2,5 кВ
Напряжение переключения	минимум 12В при 10 мА
Ток переключения	Минимум 1 мА при 24 В



Рисунок 15- Электромеханический предохранительный выключатель Euchner NZIVZ-518 B4 VSM 04 L220

Siemens 3TH4244-0A (см. рисунок 16, таблицу 12) представляет собой трехфазное промежуточное реле, используемое в цепях управления электрическими моторами. Реле рассчитано на 5 л.с. при 230 В и 10 л.с. при 460 В. Контактор поставляется с дополнительными контактами 2NO, 2NC и 22E. Соответствует IEC 60946.

Таблица 12- Параметры промежуточного реле Siemens 3TH4244-0A

Раз- мер	Токи через контакты			Трехфаз- ные токи управления		Напряжение катушки		№ в каталоге
	UL/ CSA	AC3	AC1	230В	460В	50Гц	60Гц	
S1	30	16	-	5	10	24V	24V	3TF4222-0AC2
						110V	120V	3TF4222-0AK6
						220V	240V	3TF4222-0AP6



Рисунок 16-Промежуточное реле Siemens 3TH4244-0A

Еще одну группу составляют различное оборудование для распределения гидравлических жидкостей. Например, распределитель (гидра распределитель) Rexroth 4 WE 6 с электромагнитным управлением, серия 6X (60-69) (см. рисунок 17, таблицу 13)



Рисунок 17- Распределитель (гидра распределитель) Rexroth 4 WE 6

Гидра распределители типа WE являются золотниковыми гидра распределителями с электромагнитным управлением.

Таблица 13- Характеристики гидра распределителя Rexroth 4 WE 6

Характеристика	Показатель		
1	2		
Максимальное рабочее давление:		Пост. ток	Перем. ток
Отверстия :P-A-B	бар	350	350
Отверстие: T	бар	210	160
Максимальный расход	л/мин	80	60
Рабочая жидкость	Рабочая жидкость на минеральной основе (HL, HLP) согласно DIN 51524; биологически быстро разлагаемая рабочая жидкость согласно VDMA 24568;		

Продолжение таблицы 13

1	2	
	НЕТГ (рапсовое масло); НЕРГ ; НЕЕС (синтетические эфиры)	
Диапазон температур рабочей жидкости	°С	-30 ... +80
Температура окружающей среды	°С	до +50
Диапазон вязкостей жидкости	с Ст	25 ... 2320
Допустимая степень загрязнения жидкости	класс 20/18/15 по ISO 4406:1999	
Время выдерживания в переключенном состоянии	длительное	
Масса с одним электромагнитом	кг	1,45
Масса с двумя электромагнитами	кг	1,95

## 1.2 Типовые неисправности обслуживаемых электротехнических изделий

Общие причины, вызывающие поломки электромотора.

Существует шесть основных причин выхода электромотора из строя [8]:

- чрезмерные тока;
- низкое сопротивление изоляции;
- перегрев;
- попадание грязи;
- повышенная влажность;
- повышенная вибрация.

Эти причины кратко поясняются ниже.

Перегрузка по току (электрическая перегрузка). В разных условиях эксплуатации электрические устройства иногда начинают потреблять больше тока, чем их номинальное значение. Это непредсказуемое событие часто

происходит внезапно и сильно влияет на двигатель. Чтобы избежать перегрузки по току, необходимо установить защитные устройства, которые могут защитить его [9].

Низкое сопротивление изоляции. Большинство отказов двигателя происходит из-за низкого сопротивления изоляции [10]. Вопросы изменения сопротивления изоляции считаются самыми трудными для решения. В начале работы двигателя сопротивление его изоляции составляет более тысячи мегомов. Через некоторое время состояние изоляции начинает ухудшаться, сопротивление начинает постепенно падать. Для исключения этого, применяются автоматические устройства, которые время от времени проверяют сопротивление изоляции и защищают вращающееся оборудование, для исключения простоя технологического оборудования. Важно проверку изоляции проводить регулярно, через определенные промежутки времени.

Перегрев. Чрезмерное тепло в двигателях может вызвать ряд проблем в работе. Перегрев приводит к быстрому износу изоляции обмотки двигателя. При каждом повышении температуры в десять градусов, срок службы изоляции сокращается наполовину. Статистика показывает, что более 55% утечек тока обусловлено перегревом. Перегрев происходит из-за ряда факторов. Каждый электродвигатель имеет расчетную температуру [11]. Если двигатель запускается с повышенным значением тока, он начинает работать в гораздо более теплом состоянии, чем расчетная температура. Очень важно, чтобы двигатели соответствовали их номинальным значениям тока.

Попадание грязи. Грязь также является одним из основных источников, которые вызывают повреждение электродвигателей. Грязь может повредить двигатель, заблокировав охлаждающий вентилятор. Грязь также может влиять на показатели изоляционной стойкости обмоток, если она оседает на обмотках двигателя. Необходимо предпринять надлежащие шаги для предотвращения загрязнения электромоторов.

Повышенная влажность. Влажность также влияет на работу электродвигателей. Это в значительной степени способствует коррозии валов

двигателя, подшипников и роторов. Это может также привести к разрушению изоляции [12].

Повышенная вибрация: существует ряд возможных причин вибрации, таких как рассогласование двигателя. Коррозия деталей также может привести к вибрации двигателя. Чтобы устранить эту проблему, необходимо проверить балансировку двигателя.

Типовые неисправности мотор шпинделя [13].

В плане ремонта мотор шпинделей можно сказать, что он не сильно отличается от ремонта каких-либо других шпинделей (станочных приспособлений). Возможные поломки те же, это подшипники, резьба, конус, вал и прочее. Но надо отметить, как показывает наша статистика ремонтов шпинделей, во всех одна проблема - это выходят из строя подшипники в силу износа во времени. Это говорит о том, что шпиндель сделан достаточно качественно, вал имеет качественную термообработку, а конструкция и сборка исполнена на должном уровне.

Неисправности контакторов, пускателей. Общий анализ отказов.

Наибольшее количество отказов приходится на обмотку катушки, сжигаемой по многим причинам, например, повышение напряжение питания обмотки на 110% от номинального напряжения[14]. С другой стороны, снижение напряжения питания менее 85% от номинала также может повредить катушку контактора. Это связано с тем, что обмотка контактора намотана на якоре и имеет большие значения реактивного сопротивления. Кроме того, частота питания, не соответствующая номиналу, влияет на магнитную систему, может вызвать перегрев. На работоспособность коммутационных аппаратов также могут влиять факторы окружающей среды, такие как слабая вентиляция, чрезмерная влажность, слишком высокая температура окружающей среды. Неисправность линии разрыва катушки часто вызвана перегревом обмотки катушки, также могут быть повреждения, вызванные внешними силами.

В контакторах переменного тока контактное давление пружины, перекокс контактной группы может быть вызван слишком большим электромагнитным

шумом. Причина создания большого электромагнитного шума заключается в том, что катушка питается переменным током, притяжение колеблется. Для снижения шума используют короткозамкнутое кольцо. К повышению шума также приводит низкое напряжение источника питания, чем требуемое[15].

Выходу контактора из строя также способствует не одновременное замыкание контактов в трехфазном контакторе. Особенно это проявляется при пуске трехфазных двигателей. В данном случае пусковые токи двигателя повышают скорость износов контактной поверхности.

На срок службы контактов также оказывает влияние контактное давление. Слишком низкое контактное давление приводит к увеличению сопротивления контактному контакту, вызывает сильную вибрацию контакта. Доступный метод проверки контактного давления заключается в том, чтобы разместить лист бумаги между контактами. Если бумажная полоска легко извлекается - контактное давление отсутствует; если полоска рвётся - давление слишком велико. На контактах могут возникать механические и электрохимические повреждения: появление окисной пленки, загрязнений, нагар, эрозия. В этом случае проводится механическая обработка контактов (шлифование).

При работе концевых выключателей возникают следующие неисправности[16]:

- неправильная форма штока или кулачка, приводящая к неправильному контакту с контрольной поверхностью;
- ненадежный механический контакт с контролируемой поверхностью (привод не должен отскакивать, при контакте чрезмерный удар). К этому приводит, например, слишком высокая скорость работы;
- каучук или смазка может затвердеть из-за низкой температуры;
- растворение, расширение или набухание резины части приводного механизма;
- повреждение и износ внутренней подвижной пружины;
- ослабление крепежных винтов, вызывающее неустойчивое положение

корпуса;

- электрические неисправности обмоток: пробой изоляции, обрыв провода, межвитковое замыкание, замыкание на корпус[17].

Типовые неисправности индуктивных датчиков сведены в таблицу 14.

Таблица 14- Типовые неисправности индуктивных датчиков

Внешнее проявление	Возможная причина	Корректирующее действие
Ошибки позиционирования или тайм-аут. Диагностический сигнал колеблется, пока контролируемые компоненты не работают.	Шум или электрические помехи от кабелей большой мощности.	Расположить кабель далеко от источников питания.
	Существует плохое соединение или помехи от загрязнения.	Очистите, замените разъемы и устраните причину загрязнения.
Диагностический сигнал не изменяет состояние.	Существует плохое соединение или помехи от загрязнения.	Очистите, замените разъемы и устраните причину загрязнения.
	Флаг отключения или датчик повреждены или неправильно расположены.	Совместите флаг отключения или датчик.
	Неисправны кабели или плата ввода-вывода.	Устранение неполадок кабелей или платы ввода-вывода.
	Неисправность датчика приближения.	Проверьте связь между датчиком и элементом управления.

### 1.3 Обзор стендов, методов и способов оценки технического состояния обслуживаемых электротехнических изделий

Обзор стендов для проверки промышленного электрооборудования рассмотрен в [18, 19, 20].

Первая группа стендов – учебная. В сфере своей специфики, а именно не оценивать состояние того или иного изделия, а изучать его характеристики или принцип действия, для использования в промышленности не подходят. Для примера можно рассмотреть учебный стенд «Релейная защита и автоматика в системах», модель UTS-RZ-ASE компании «Учтех-Профи» (рисунок 18)[21]

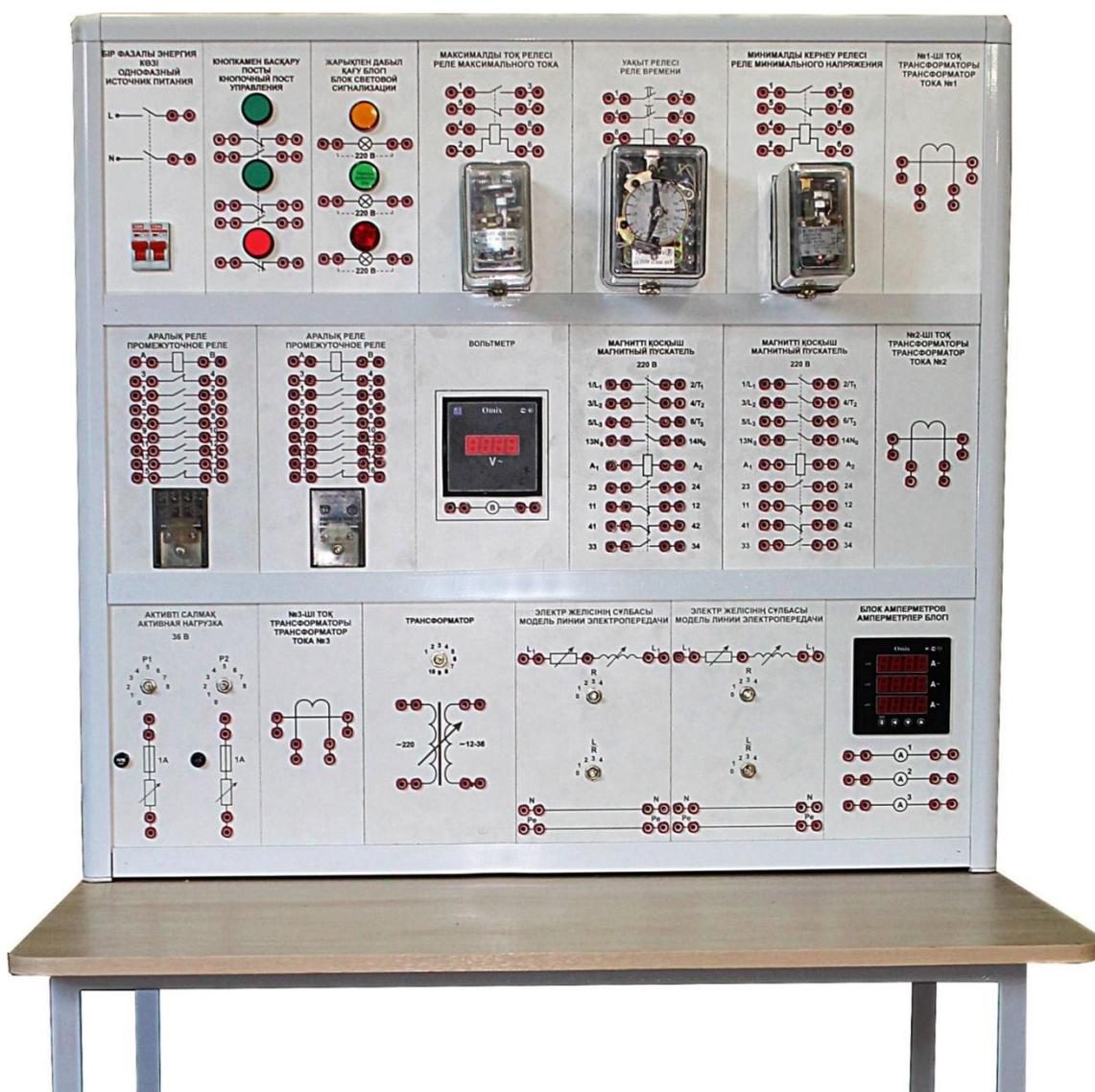


Рисунок 18- Учебный стенд «Релейная защита и автоматика в системах», модель UTS-RZ-ASE компании «Учтех-Профи»

Стенд позволяет провести 7 экспериментов с различными видами реле – токовым, времени, промежуточным и т.д.

Ведущим производителем оборудования для проверки технического состояния электротехнического оборудования является ОАО «Севкаремонт»[22]. Данная компания выпускает следующее проверочное оборудование: высоковольтная испытательная установка до 35 кВ для мобильного и стационарного использования РИФЖ 441329.020 (см. рисунок 19), гидра стенд РИФЖ 440114.002 (см. рисунок 20), многоярусная установка для о прессовки и испытаний секций якорных катушек тяговых электродвигателей РИФЖ 043261.002 (см. рисунок 21), станция испытательная электромашин переменного тока мощностью от 100 до 1000 кВт РИФЖ 441323.001 (см. рисунок 22).



Рисунок 19- Высоковольтная испытательная установка до 35 кВ для мобильного и стационарного использования РИФЖ 441329.020



Рисунок 20- Гидра стенд РИФЖ 440114.002



Рисунок 21- Многоярусная установка для о прессовки и испытаний секций якорных катушек тяговых электродвигателей РИФЖ 043261.002



Рисунок 22- Станция испытательная электромашин переменного тока мощностью от 100 до 1000 кВт РИФЖ 441323.001



Рисунок 23- Стенд для испытания асинхронных электродвигателей мощностью до 100 кВт РИФЖ 441249.002

Стенд (см. рисунок 23, таблица 15) предназначен для проверки ЭД переменного тока асинхронного типа частотой 50 Гц напряжением от 220 до 660 В, с фазным и КЗ роторами, мощностью до 100 кВт после капитального ремонта.

Стенд позволяет проверить:

- сопротивление изоляции;
- сопротивление обмоток в холодном состоянии;
- коэффициент трансформации двигателей с фазными роторами;
- электрическая прочность межвитковой изоляции;
- электрическая прочность корпусной изоляции;
- контроль токов и напряжений;
- определение потерь холостого хода и короткого замыкания;
- обкатка.

Дополнительно, после определенных подготовительных работ:

- проверка правильности намотки обмоток;
- опыт КЗ;
- снятие характеристик под нагрузкой;
- контроль в трёх измерениях;
- контроль температуры подшипников;
- измерение частоты вращения.

Таблица 15- Стенд для испытания асинхронных электродвигателей мощностью до 100 кВт

Показатель	Величина
Номинальное напряжение	380 В
Частота сети	50 Гц
Вторичное напряжение при испытании повышенным напряжением промышленной частоты (испытание корпусной изоляции)	0...3 кВ
Вторичное напряжение на нагрузке	0...500 В
Ток (max)	200 А
Количество одновременно проверяемых электромашин	1 шт

Кроме перечисленных, данная компания производит стенд для испытания секций электродвигателей, стенд для испытания статоров электрических

машин, предварительно снятых с электродвигателя, установка для испытаний активной стали статора АС-1 и АС-2.

Отличительной особенностью данного оборудования является высокая мощность проверяемого оборудования.

Большое количество переносного, мобильного проверочного оборудования выпускается научно-производственным объединением (комплексом) «Крона», г. Пенза[23]. Компания выпускает большое количество систем и приборов для диагностики и контроля разнообразного, простого и очень сложного, электротехнического технологического оборудования. Для примера рассмотрим стенд контроля электромеханических реле «Крона-606.01» (см. рисунок 24).



Рисунок 24- Стенд контроля электромеханических реле «Крона-606.01»

Прибор переносной, со встроенной ЭВМ, служит для контроля и измерения параметров коммутационных аппаратов (реле, пускатели, электромагнитные выключатели). В памяти ЭВМ хранится база данных по большому количеству моделей зарубежного и отечественного производства (РП21, РП23, РП25, РП256, МКУ48, ПМА3102, ПМЛ110004 и др.), что значительно повышает точность проверки. Кроме стандартных проверок, прибор контролирует время срабатывания и отпускания в диапазоне от 0,01 с до 100 с, контроль переходного сопротивления контактов реле в диапазоне от 0,01 Ом до 3 Ом. Результаты проверок выводятся на встроенный ЖК-дисплей (см. рисунок 25). Масса прибора 10 кг.

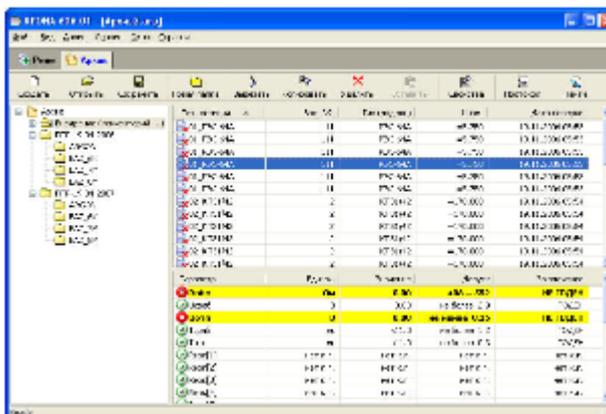


Рисунок 25- Интерфейс прибора «Крона-606.01»

## 1.4 Выводы по главе 1

Основной системой технического обслуживания и ремонта является нормирование норматива простоя оборудования в ремонте - минимально необходимое время простоя оборудования в ремонте и техническом обслуживании, за которое обеспечивается поддержание оборудования в исправном состоянии. Расчетное время простоя составило 2 ст/час в сутки.

Анализ номенклатуры обслуживаемых электротехнических изделий показал, что основными электротехническими изделиями являются:

- электродвигатели, мотор редукторы и мотор шпиндели;
- контакторы, магнитные пускатели, реле;
- датчики, концевые выключатели, переключатели, кнопочные контакты и т.п.;
- выключатели и индуктивные датчики;
- предохранители защиты полупроводников;
- коммутационные аппараты;
- электромагниты;
- электромеханические предохранительные выключатели без предохранительной блокировки;
- оборудование для распределения гидравлических жидкостей.

Электротехническое оборудование, применяемое в технологическом оборудовании ПАО АвтоВАЗ, импортного производства, таких как Сименс, Шнайдер Электрик, Дженерал Электрик и некоторые другие, стоят довольно дорого, к тому же при их замене проходит длительное время между заказом и поставкой. В этой ситуации по возможности использовать оборотный фонд является актуальной задачей.

Известное диагностическое или проверочное оборудование и стенды в основном имеют высокую стоимость, узкую специализацию, поэтому создание универсального стенда, предназначенного для оценки широкого спектра электротехнического оборудования, также является актуальной задачей.

## 2 Разработка конструкции стенда

### 2.1 Разработка структурных, электрических принципиальных схем стенда и его КОМПОНЕНТОВ

При разработке электрических схем стенда в первую очередь учитывалась номенклатура испытуемого электротехнического оборудования, рекомендуемые способы проверки, объём проводимых испытаний (см. рисунок 26).

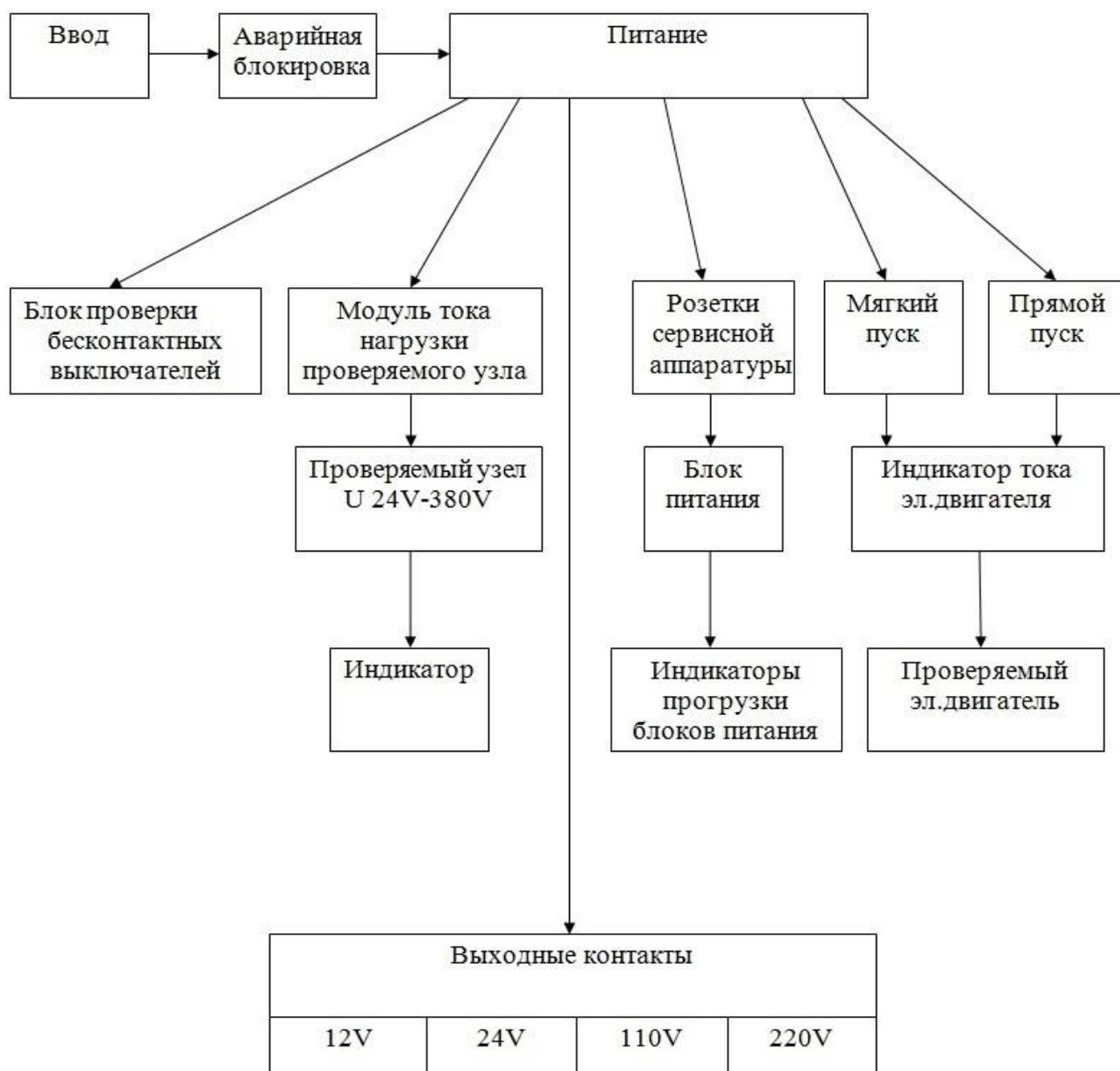


Рисунок 26- Структурная схема стенда

Принцип действия стенда состоит в воспроизведении условий эксплуатации для проверяемого электрооборудования и замерах его выходных параметров, на основании которых делается вывод о пригодности к дальнейшей эксплуатации. Стенд построен по модульному принципу. Каждый модуль предназначен для проверок близких по характеристикам приборов. Это модули проверки электродвигателей (мощностью до 30 кВт) и бесконтактных конечных выключателей (см. рисунок 27), катушек на 24В и 110В постоянного тока, входящих в гидра распределители (см. рисунок 28), маломощных электродвигателей на 220В как переменного, так и постоянного тока и реле времени (см. рисунок 29), модуль блоков питания (см. рисунок 30).

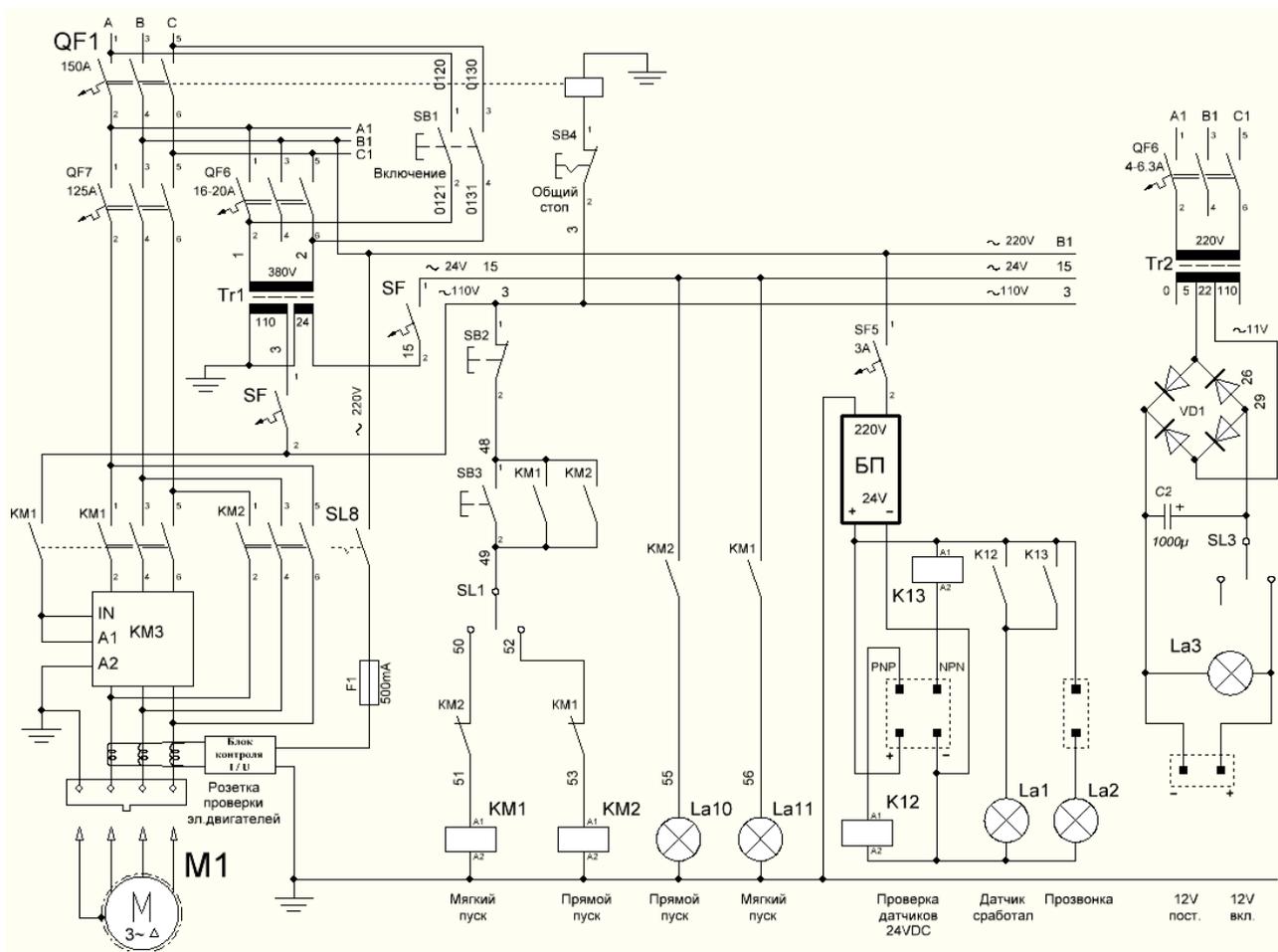


Рисунок 27- Электрическая принципиальная схема модуля проверки электродвигателей и модуля проверки конечных выключателей

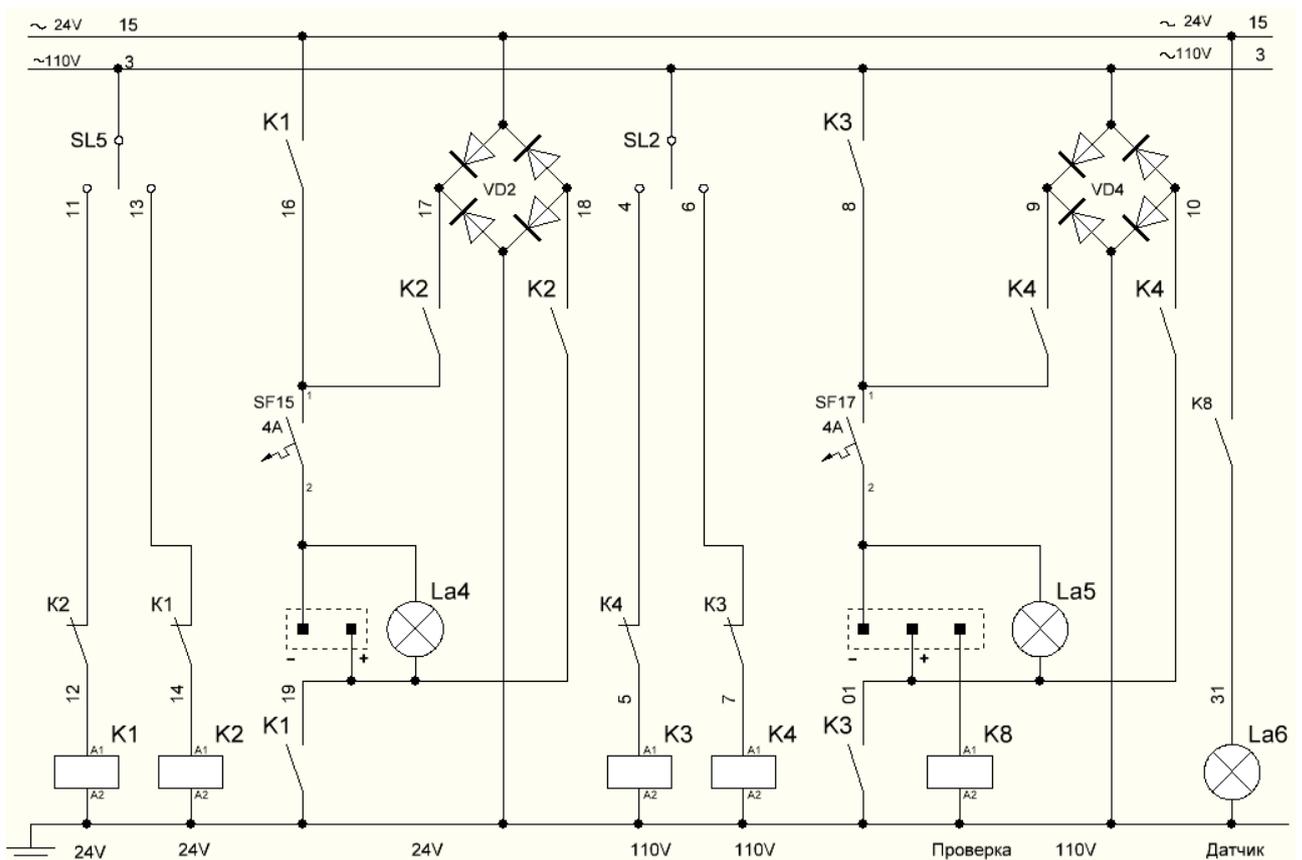


Рисунок 28- Электрическая принципиальная схема модуля проверки катушек на 24В и 110В постоянного тока

Прямой пуск проверяемых электродвигателей осуществляется через контакты КМ2, мягкий пуск – через контакты КМ1. Выбор способа пуска двигателя осуществляется двухпозиционным переключателем SL1. Независимо от способа пуска, пуск двигателя осуществляется кнопкой SB3, останов – кнопкой SB2. Для плавного пуска используется реле плавного пуска КМ3. Для сигнализации режимов пуска используются сигнальные лампы La10 и La11. В качестве реле плавного пуска было выбрано реле фирмы Siemens модели 3RW30371BB14 (63А, 30кВт/400V, 40 град., диапазон рабочего напряжения 200-480V AC, напряжение питания цепи управления номинальное 110-230V AC/DC). При испытании электродвигателя необходимо измерять токи (холостого хода и под нагрузкой), напряжения, возможный перекос фаз. С учетом этого выбрал специализированный блок, монитор тока двигателя МТД-RS производства компании «Энергис». Прибор рассчитан на рабочие токи

нагрузки от 1 до 250 А, и позволяет собирать данные по току, напряжению, частоте, состоянию нагрузки (см. рисунок31). Питание блока осуществляется переменным напряжением 220В через предохранитель F1 номиналом 500 mA. Согласно Data sheet на МТД-RS рекомендуется в качестве датчиков тока использовать датчики серии Д.100/01 (до 2014 года – обозначение Д.005.007-01), рассчитанные на ток 5-100А (см. рисунок 32). Для повышения чувствительности датчика, вокруг трансформатора тока (чувствительный элемент датчика) намотаны 4 оборота фазного провода (см. рисунок 32).

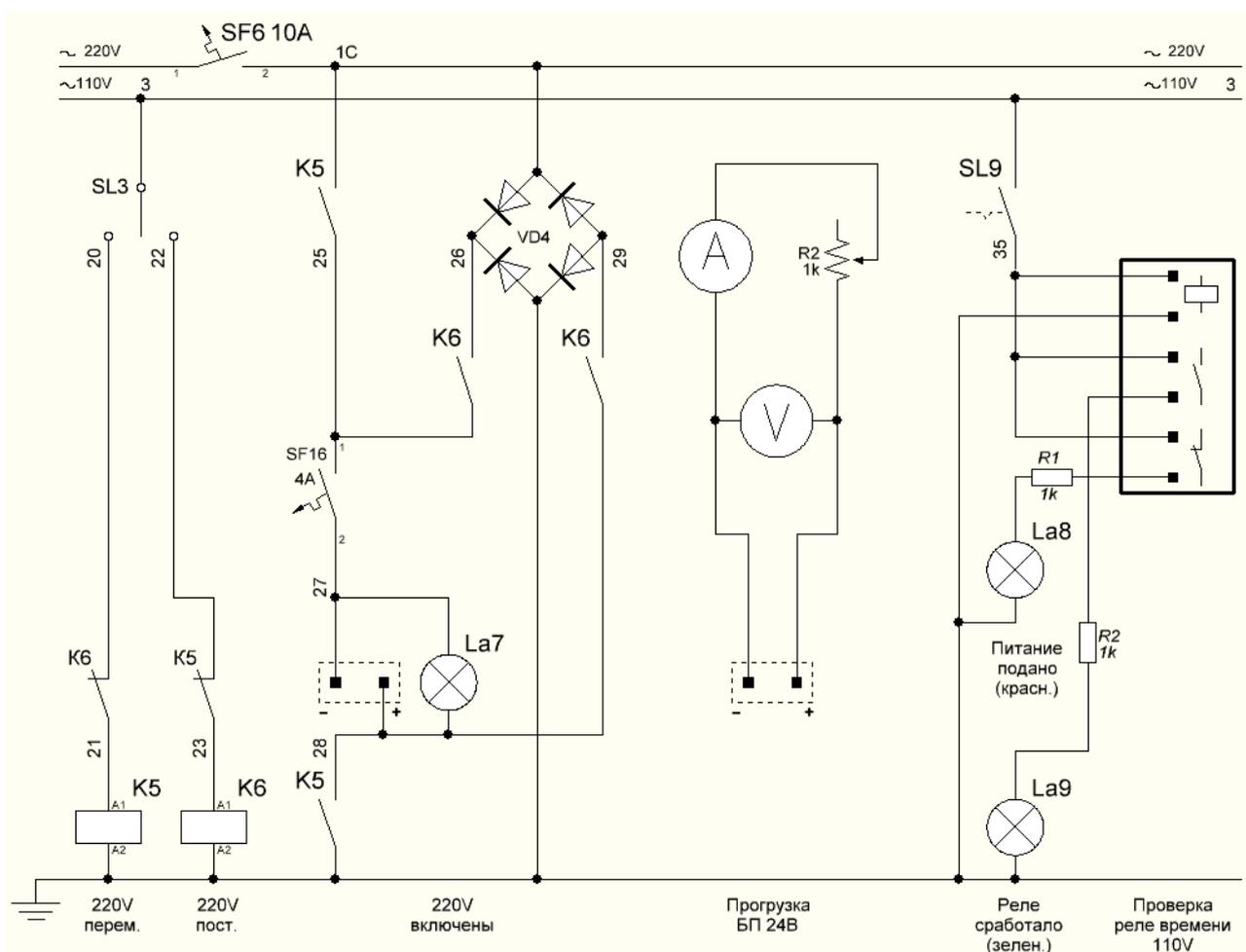


Рисунок 29- Электрическая принципиальная схема модуля проверки маломощных электродвигателей и реле времени

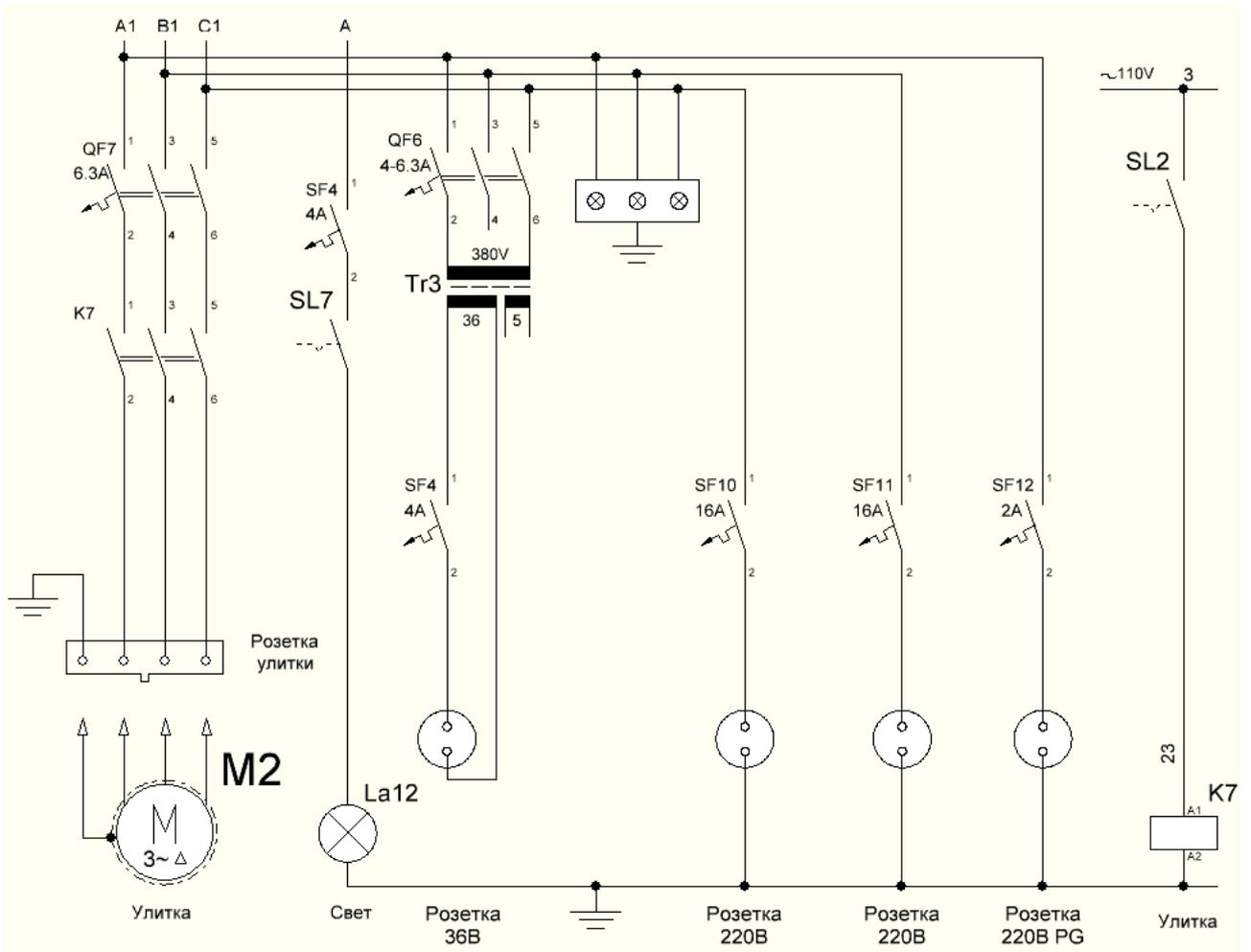


Рисунок 30- Электрическая принципиальная схема модуля формирования блоков питания



Рисунок 31- Монитор тока двигателя МТД-RS производства компании

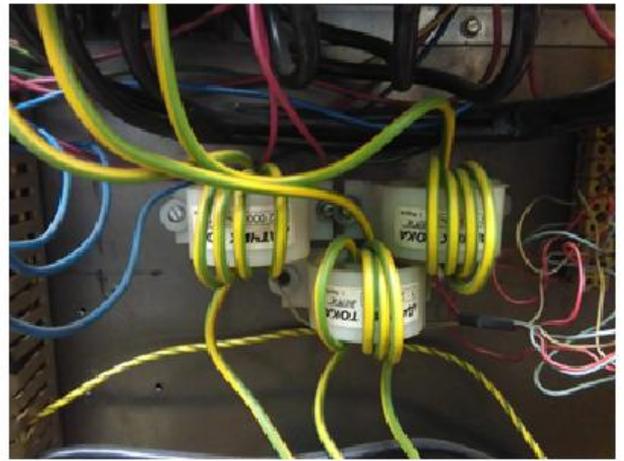


Рисунок 32- Датчики тока

## 2.2 Расчет и выбор электрооборудования стенда

Для расширения функциональных возможностей стенда, было подобрано дополнительное поверочное оборудование[24]:

- динамометр образцовый ДОСМ-3-1 ГОСТ 9500-84;
- динамометр образцовый ДОСМ-3-2 ГОСТ 9500-84;
- источник питания постоянного тока Б5-48, 50 В; 2 А 3.233.220 ТО;
- вольтамперметр М2017 кл. 0,2ТУ25-04-3109-78;
- магазин сопротивлений МСР-63, кл. 0,05 ТУ 25-04.3919-80;
- частотомер 43-54 ЕЯ2.721.039 ТО;
- шунт ШС 75-5-0,5 ГОСТ 8042-93;
- шунт ШС 75-50-0,5 ГОСТ 8042-93;
- шунт ШС 75-150-0,5 ГОСТ 8042-93;
- шунт ШС 75-500-0,5 ГОСТ 8042-93;
- шунт ШС 75-1000-0,5ГОСТ 8042-93.

Большое внимание уделено защите компонентов стенда от повреждений, к которым могут привести аварийные режимы работы испытуемого оборудования (в первую очередь режимы короткого замыкания). На рисунке33 собрана защитная аппаратура, примененная на данном стенде.

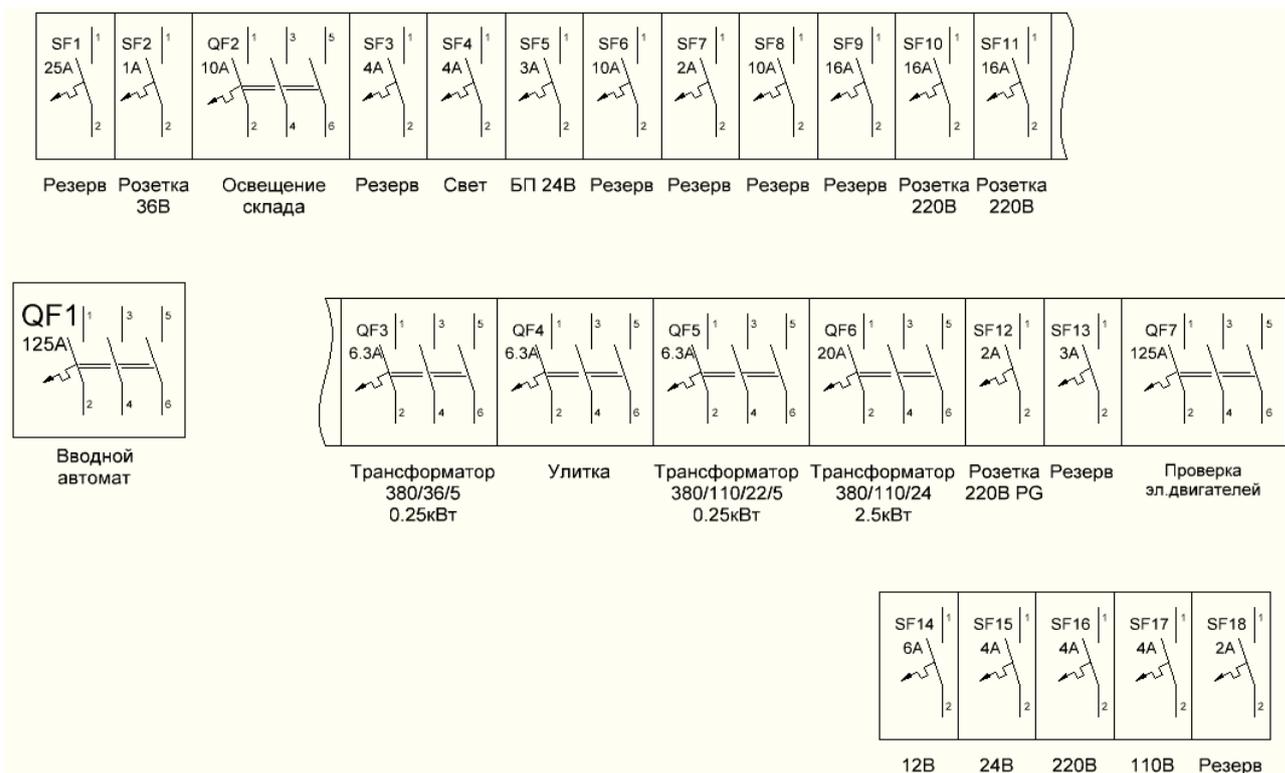


Рисунок 33- Коммутационные защитные аппараты стенда

Автоматическими воздушными выключателями соответствующей мощности и тока срабатывания защищены цепи розеток на 220В и 380В, для подключения дополнительного контрольного оборудования и проверяемого электрооборудования; цепи источников питания на 12В, 24В, 110В; цепь проверки электродвигателей. На входе стенда установлен вводной автомат на 125А. В конструкции стенда предусмотрены дополнительные резервные цепи питания, предназначенные для расширения функциональных возможностей стенда за счет их использования для новой номенклатуры проверяемых изделий.

### 2.3 Сборка и монтаж стенда

Стенд смонтирован на специальной столешнице. Внешний вид стенда показан на рисунке 34, компоновка стенда – на рисунке 35.

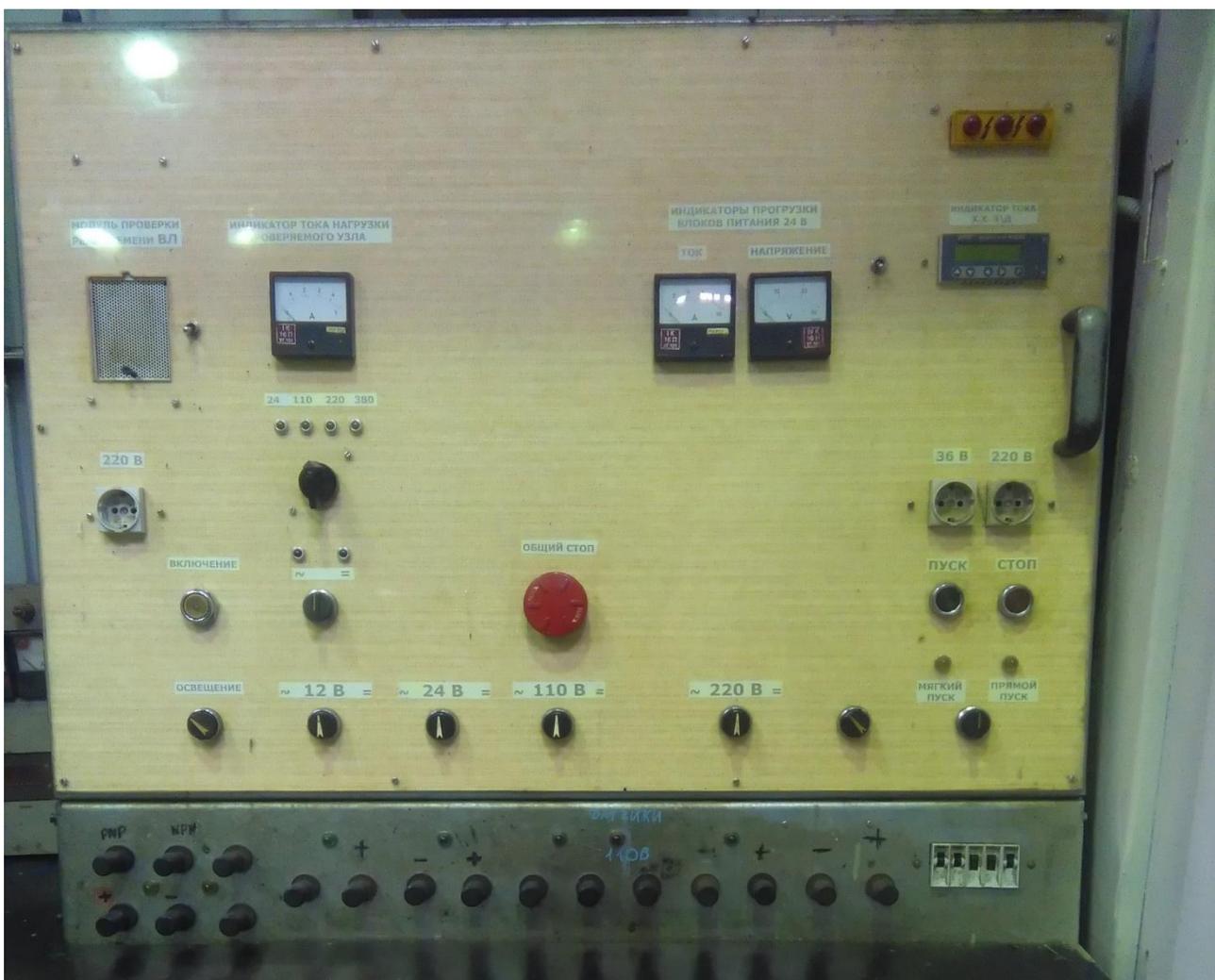


Рисунок 34- Внешний вид стенда

Стенд имеет рабочую зону в виде стола, где размещены устройства крепления испытуемых приборов. Над рабочей зоной расположена панель приборов; органы управления режимами проверки располагаются как на панели приборов, так и на нижней панели управления. Внутри тумбы размещены блоки питания и управления.

Оборудование в исполнении крепления на DIN-рейку закрепляется на задней поверхности корпуса стенда на DIN-рейку. Трансформаторы закреплены на раме в нижней части стенда. Коммутация приборов между собой выполнено с помощью контактных соединений (колодок многополюсных, изолированных зажимов, клемм Wago и др). Сечение и марка проводов подобраны в зависимости от токовой нагрузки. Все контакты для подключения

проверяемого электрооборудования выведены в нижнюю часть стенда на отдельную панель. Переключатели, регулировочные элементы, показывающие приборы, розетки выведены в верхнюю часть стенда. На каждый элемент, вынесенный на панель приборов нанесена соответствующая маркировка. Силовой нагрузочный резистор закреплен в верхней части корпуса стенда. Над ним выполнено большое вентиляционное отверстие прямоугольной формы для облегчения отвода тепла от резистора.

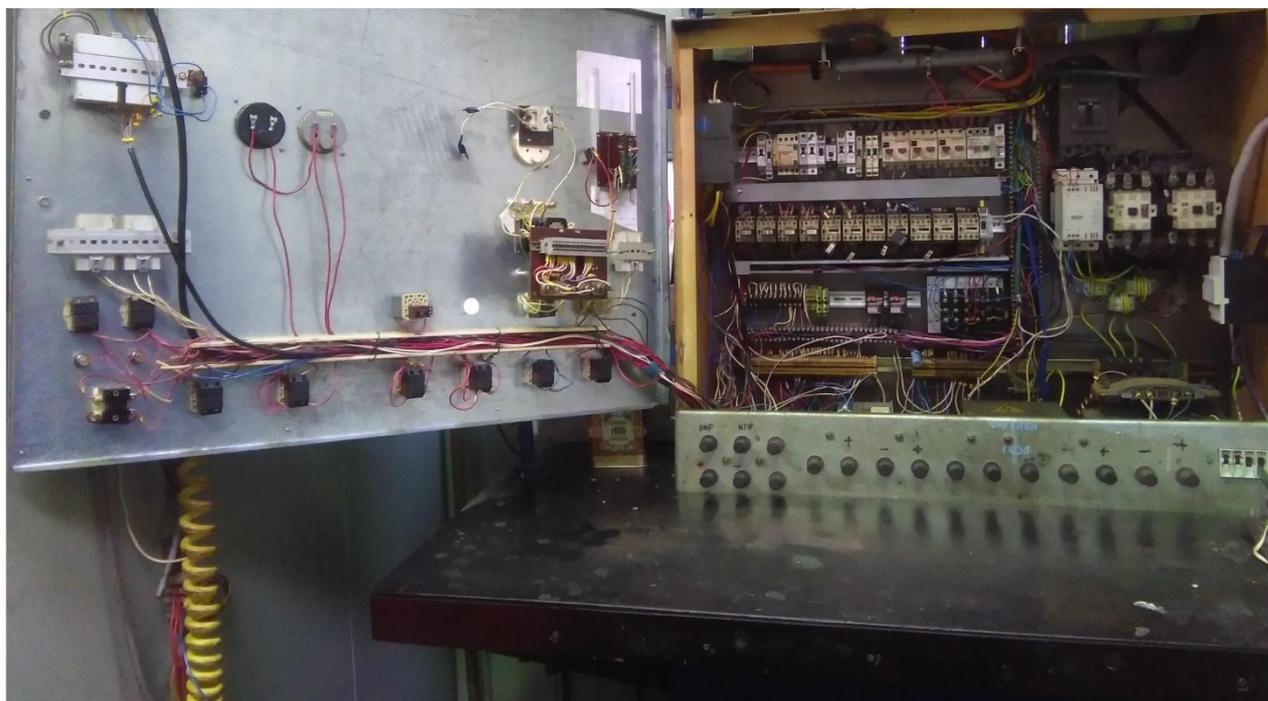


Рисунок 35- Компонировка стенда

#### 2.4 Разработка инструкции по эксплуатации стенда

Общие меры безопасности.

Инструкция предназначена для персонала (электромеханики, слесаря по ремонту электрооборудования, инженерно-технические работники) занимающегося ремонтом электрооборудования на участке, где расположен испытательный стенд, и выполняющего проверочные работы на самом стенде электромеханика по средствам.

К самостоятельной работе на участке в качестве ремонтного персонала допускаются лица:

- не моложе 18 лет;
- прошедшие обязательные, предварительные и периодические медицинские осмотры работников, занятых на тяжелых работах и на работах с вредными и (или) опасными условиями труда;
- прошедшие вводный инструктаж;
- прошедшие обучение по охране труда при подготовке данной профессии;
- прошедшие обучение и проверку знаний по охране труда по работам действующих электроустановках;
- имеющие III группу по электробезопасности;
- имеющие удостоверение установленной формы;
- прошедшие первичный инструктаж на рабочем месте с применением безопасных методов и приемов выполнения работ с последующей стажировкой на рабочем месте.

При производстве работ на работника обслуживающего испытательный стенд могут воздействовать следующие опасные и вредные производственные факторы:

- движущиеся части электрических машин и аппаратов;
- повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека;
- повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны;
- повышенный уровень шума на рабочем месте;
- недостаточная освещенность рабочей зоны;
- острые кромки, заусеницы и шероховатость на поверхностях инструментов и оборудования;
- легковоспламеняющиеся жидкости, растворители, химически активные вещества.

Работник, обслуживающий испытательный стенд обеспечивается специальной одеждой, специальной обувью и другими средствами индивидуальной защиты (СИЗ):

- костюм для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий или халат;
- перчатки комбинированные или перчатки с полимерным покрытием;
- перчатки кругловязанные х/б или перчатки трикотажные с точечным полимерным покрытием;
- очки защитные или щиток защитный;
- каска защитная;
- подшлемник под каску;
- наушники или вкладыши ;
- перчатки диэлектрические;
- галоши диэлектрические;
- полуботинки кожаные с защитным носком;
- сапоги резиновые с защитным носком;
- сорочка (футболка);
- берет;
- ботинки кожаные утепленные с защитным носком;
- куртка на утепляющей прокладке;
- перчатки диагоналевые;
- жилет сигнальный.

Работник, обслуживающий испытательный стенд обязан:

- уметь применять средства коллективной и индивидуальной защиты;
- знать сроки испытания средств защиты и приспособлений, а также правила эксплуатации, ухода и пользования ими;
- бережно относиться к выданным в пользование СИЗ.

В корпусах и на территории ПАО «АВТОВАЗ» выполнять требования инструкции И 37.101.7207 «По безопасному движению работников».

Пройти обучение оказанию первой помощи пострадавшему при несчастном случае. Знать местонахождение средств оказания первой помощи(медицинской аптечки).

Немедленно известить своего непосредственного или вышестоящего руководителя о любой ситуации, угрожающей жизни и здоровью людей, о каждом несчастном случае, происшедшем на производстве, или об ухудшении состояния своего здоровья, в том числе о проявлении признаков острого профессионального заболевания (отравления).

Соблюдать правила внутреннего трудового распорядка.

Лица, нарушившие требования настоящей инструкции, привлекаются к ответственности согласно правилам внутреннего трудового распорядка ПАО «АВТОВАЗ» и трудовому кодексу РФ.

Требования охраны труда перед началом работы.

Перед началом производства работ в действующих электроустановках по наряду-допуску или распоряжению получить целевой инструктаж на рабочем месте, поставить подпись в соответствующей графе бланка наряда-допуска или журнала учета работ по нарядам и распоряжениям.

Подробно ознакомиться с условиями производства работ (пожаро- и взрывоопасные зоны, запыленные условия, оборудование с технической жидкостью и т.п.).

Надеть положенную по нормам спецодежду, привести ее в порядок: застегнуться, заправить одежду так, чтобы не было развевающихся концов. Надеть плотно облегающий головной убор и подобрать под него волосы.

Проверить исправность и дату испытания (проверки) приборов, инструмента, СИЗ, необходимых для выполнения работы.

Ознакомиться со схемами, чертежами и другой документацией.

Работу в действующих электроустановках выполнять при наличии схем.

Работа без схем (по памяти) запрещена.

Подготовить рабочее место к безопасной работе (не допускать загромождения проходов).

Убедиться в достаточном освещении рабочего места для безопасного проведения работ.

На электрических розетках проверить наличие надписей с указанием номинального напряжения. При их отсутствии подписать.

При возникновении сомнений в правильности подготовки рабочего места для производства ремонтных работ доложить об этом работнику, выдавшему наряд или отдавшего распоряжение на производство работ и до его указания к работе не приступать.

Перед проведением работ в электроустановках напряжением до 1000 В со снятием напряжения выполнить следующие организационные и технические мероприятия:

- произвести необходимые отключения и принять меры, препятствующие подаче напряжения на место работы вследствие ошибочного или самопроизвольного включения коммуникационной аппаратуры;

- на приводах ручного и на ключах дистанционного управления коммуникационной аппаратуры, а также на автоматах и на основаниях предохранителей, с помощью которых может быть подано напряжение к месту работ, вывесить запрещающие плакаты «Не включать! Работают люди»;

- проверить отсутствие напряжения на токоведущих частях указателем напряжения;

- выполнить заземление отключенных токоведущих частей;

- вывесить указательные плакаты «Заземлено», оградить при необходимости рабочие места и оставшиеся под напряжением токоведущие части, вывесить предупреждающие и предписывающие плакаты.

При обнаружении неисправности оборудования, инструмента, приспособлений, средств коллективной или индивидуальной защиты,

сообщить об этом руководителю работ и до устранения неисправностей к работе не приступать.

Требования охраны труда во время работы.

Соблюдать инструкции по эксплуатации оборудования, рабочие (производственные) инструкции.

Выполнять работу, которая определена трудовым договором и разрешена администрацией.

Быть внимательным и осторожным, не отвлекаться самим, не отвлекать других от работы.

Запрещается использовать мобильный телефон и другие коммуникационные и информационные устройства (в частности осуществлять звонки, набирать и посылать сообщения, читать выводимый на отображающее устройство текст, просматривать видеозаписи, играть, обмениваться информацией, производить фото и видеосъемку, слушать радио и аудиозаписи через наушники).

Для питания переносных (ручных) электрических светильников в помещениях с повышенной опасностью и в особо опасных помещениях применять напряжение не выше 50 В, а при работах в особо неблагоприятных условиях и наружных установках - не выше 12 В.

Вилки приборов на напряжение 12 - 50 В не включать в розетки с более высоким номинальным напряжением.

Использование автотрансформаторов для питания светильников сети 12 - 50 В запрещается. Применение для переносного освещения люминесцентных ламп, не укрепленных на жестких опорах, запрещается.

Ремонтные работы по обслуживанию и замене оборудования при подъеме на высоту менее 1,8 м производить в порядке текущей эксплуатации, более 1,8 м по наряду-допуску на работы повышенной опасности.

Работы на высоте производить в соответствии с инструкцией И 37.101.7654 «По охране труда при выполнении верхолазных работ и работ на высоте».

Все работы, связанные с блочной или модульной заменой средств автоматизации, производить на отключенном оборудовании, выполни в мероприятия согласно настоящей инструкции.

При выполнении ремонтных и монтажных работ:

- пайку производить паяльниками напряжением не более 42 В ,запрещается ставить ванночку и класть паяльник на предметы, которые подвержены загоранию;

- запрещается производить нанесение флюса и припоя на амортизирующие детали во избежание разбрызгивания расплавленного припоя;

- заземлить корпуса всех подключенных измерительных приборов и оборудования с питанием от сети 220 В.

При выполнении регулировочных работ и замене расходных материалов руководствоваться инструкциями по эксплуатации производителя оборудования.

Измерение электрических параметров выполнять проверенными измерительными приборами со стандартными щупами с изолирующими наконечниками.

Применять средства защиты, используемые в электроустановках (указатель напряжения, электроизмерительные клещи, диэлектрические перчатки, инструмент с изолирующими рукоятками, диэлектрические коврики, переносные плакаты и знаки безопасности).

Запрещается касаться токоведущих частей, находящихся под напряжением, а также металлических частей токо проводов, корпусов электрооборудования, не убедившись в отсутствии на них напряжения.

При работе в электроустановках напряжением до 1000 В без снятия напряжения на токоведущих частях и вблизи них:

- оградить расположенные вблизи рабочего места другие токоведущие части, находящиеся под напряжением, к которым возможно случайное прикосновение;

- работать в диэлектрических галошах или стоя на изолирующей подставке либо резиновом диэлектрическом коврик;

- применять инструмент с изолирующими рукоятками (отвертки с изолированным стержнем), пользоваться диэлектрическими перчатками.

Запрещается при работе около не огражденных токоведущих частей располагаться так, чтобы эти части находились сзади или с двух боков и сторон.

Запрещается работать в одежде с короткими или подвернутыми рукавами, а также использовать ножовки, напильники, металлические метры тому подобное.

При проведении ремонтных и наладочных работ на технологическом оборудовании:

- вывесить плакат «Не включать! Работают люди»;

- запрещается исключать блокирующие устройства и устройства аварийной остановки;

- запрещается производить работы около не огражденных, работающих передач (шестеренчатых, цепных, ременных), а так же движущихся деталей и механизмов.

Для перемещения грузов применять исправные приспособления, транспортные средства и транспортирующие устройства. Переноску крупногабаритных устройств производить не менее чем двумя работающим и с использованием транспортных средств.

Рабочее место содержать в чистоте и порядке, не допускать загромождения рабочего места, проходов и проездов, при совместной работе согласовывать свои действия с другими членами бригады.

Требования охраны труда в аварийных ситуациях

При возникновении аварий и ситуаций, которые могут привести к травмам и несчастным случаям, прекратить выполнение работ и сообщить об этом своему непосредственному руководителю.

При несчастном случае сообщить о травме своему непосредственному или вышестоящему руководителю, одновременно принять меры по оказанию первой помощи пострадавшему и вызвать скорую медицинскую помощь по телефону 11-03.

При возникновении пожара или загорания сообщить об этом в пожарную охрану по телефону 11-01, с сотового телефона 112 или путем нажатия кнопки ручного пожарного выключателя. Приступить к тушению загорания имеющимися средствами пожаротушения, если ликвидировать очаг загорания своими силами не представляется возможным, покинуть помещение, закрыв за собой дверь, не запирая на замок.

При возникновении пожара или загорания в помещении с испытательным стендом сообщить об этом в пожарную охрану по телефону 11-01, обесточить оборудование, закрыть двери и привести в действие полуавтоматическую систему пожаротушения.

При возникновении угрозы жизни и здоровью — покинуть опасную зону

Требования охраны труда по окончании работы

По окончании ремонтных или профилактических работ привести оборудование в исправное состояние.

Привести в порядок рабочее место, убрать мусор и остатки материалов, образовавшиеся отходы собрать в идентифицированную тару.

Собрать и уложить инструмент.

Доложить о выполнении работ и обо всех замеченных отклонениях непосредственному руководителю.

После окончания работы вымыть руки с мылом.

Регламентное обслуживание стенда.

Стенд периодически, но не менее чем раз в квартал должен подвергаться техническому обслуживанию. При техническом обслуживании стенда производится проверка технического состояния его составных частей.

Наиболее часто возникающей «неисправностью» стенда является загрязнение в первую очередь рабочей поверхности, на которую устанавливается проверяемое электрооборудование. Для удаления загрязнений рекомендуется использовать ветошь совместно с синтетическим стиральным порошком (ССП). Если ССП не удалит загрязнение, то можно воспользоваться растворителем, например спиритом, после чего вновь протереть очищаемую поверхность ССП. После этого вытереть поверхность насухо чистой ветошью. При техническом обслуживании, желательно раз в месяц, удалять пылевые отложения на аппаратуре внутри стенда. Проверять и при необходимости подтянуть все контактные соединения. Особое внимание следует уделять сильноточным цепям.

## 2.5 Выводы по главе 2

При разработке конструкции стенда учитывались рекомендуемые способы проверки, объём проводимых испытаний, номенклатура испытываемого электротехнического оборудования. Работа стенда построена на воспроизведении условий работы проверяемого электрооборудования, измерении технических параметров, на основании которых делается вывод о возможности дальнейшей эксплуатации электрооборудования. Стенд построен по модульному принципу. Каждый модуль предназначен для проверок близких по характеристикам приборов. Для расширения функциональных возможностей стенда, было подобрано дополнительное поверочное оборудование. Большое внимание уделено защите компонентов стенда от повреждений, к которым могут привести аварийные режимы работы испытываемого оборудования (в первую очередь режимы короткого замыкания). Разработанная инструкция по

эксплуатации стенда содержит информацию о безопасной эксплуатации стенда и выполнения ремонтных работ в зоне стенда.

Разработан перечень и периодичность работ по техническому обслуживанию стенда. К первоочередным работам относятся удаление загрязнений с рабочих поверхностей, удаление пыли с аппаратуры внутри стенда, подтяжка всех контактных соединений, особенно расположенным в сильноточных цепях.

### 3Методика проверки электрооборудования на стенде

Как уже было сказано, на данном стенде проверяется большое количество разнообразного электрооборудования. Например, на рисунке 36 показана проверка блока питания от контроллера С310 220 VAC/24 VDC, номинальным током 10А.

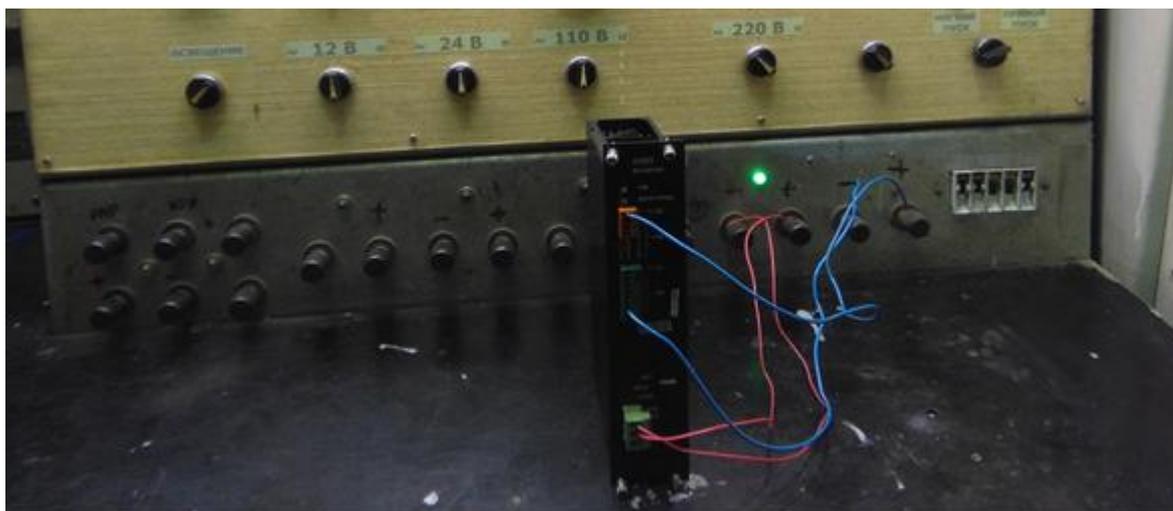


Рисунок 36- Схема проверка блока питания от контроллера

Для выполнения проверок были разработаны схемы проверок двух видов[25]:

- схемы присоединения проверяемого электрооборудования к стенду;
- схемы присоединения, дополненные информацией для понимания принципа действия.

Это позволяет не только проверять электрооборудование, но и параллельно изучать его устройство и принцип действия. Схемы оформлены в общий альбом проверок, в котором кроме схем собрана и основная техническая информация по проверяемым объектам. На данный момент альбом, также как и оборотный фонд находится в стадии становления.

Для примера рассмотрим несколько проверок электрооборудования (см. п.п 3.1, 3.2, 3.3)

### 3.1 Методика проверки асинхронных электродвигателей

При оценке технического состояния электродвигателя он подключается к розетке для подключения проверяемого двигателя (см. рисунок 37). Выбирается соответствующий режим пуска двигателя: прямой пуск или мягкий пуск, в зависимости от мощности испытуемого двигателя. При помощи монитора тока двигателя МТД-RS регистрируется токи и напряжения. Сравнение измеренных данных с паспортными значениями позволяет судить об исправности электродвигателя.

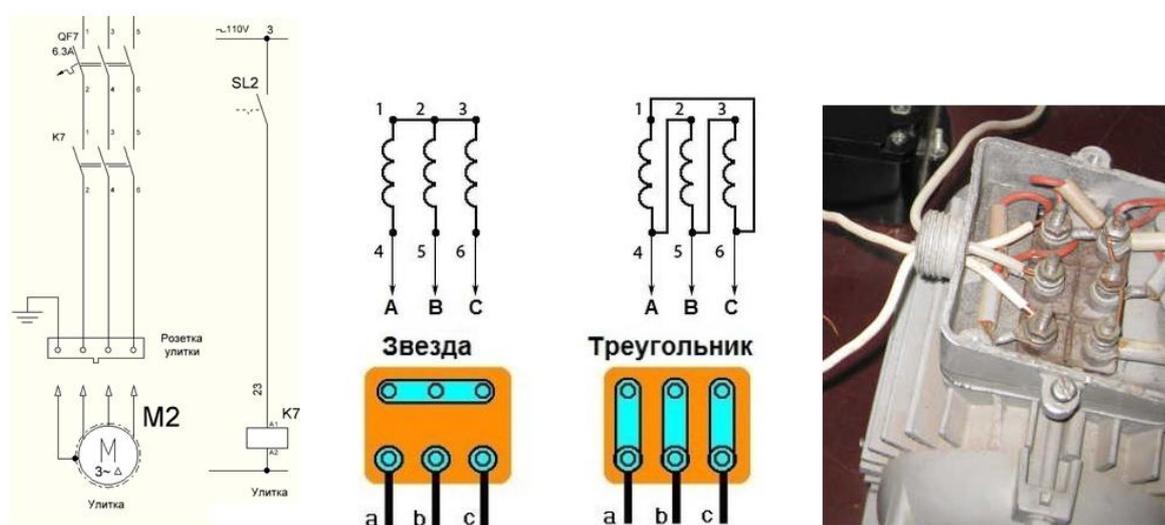


Рисунок 37 – Проверка асинхронного электродвигателя

### 3.2 Методика проверка индуктивного датчика

Выполним проверку индуктивный бесконтактный датчик ВБИ-М18-76К-1123-3 (см. рисунок 8)[26]. Датчик работает в качестве концевого выключателя. Его задача – разомкнуть электрическую цепь при приближении на 3-5 мм металлической массы. Проверка заключается в имитации условий эксплуатации датчика на технологическом оборудовании. Схемы проверок показаны на рисунках 38 и 39.

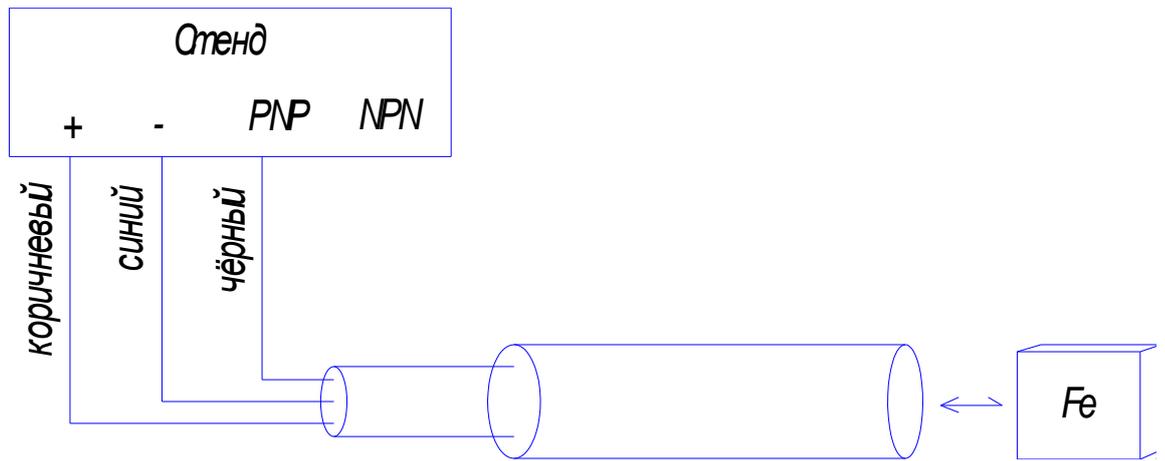


Рисунок 38 – Схема подключения индуктивного бесконтактного датчика ВБИ-М18-76К-1123-3 к стенду

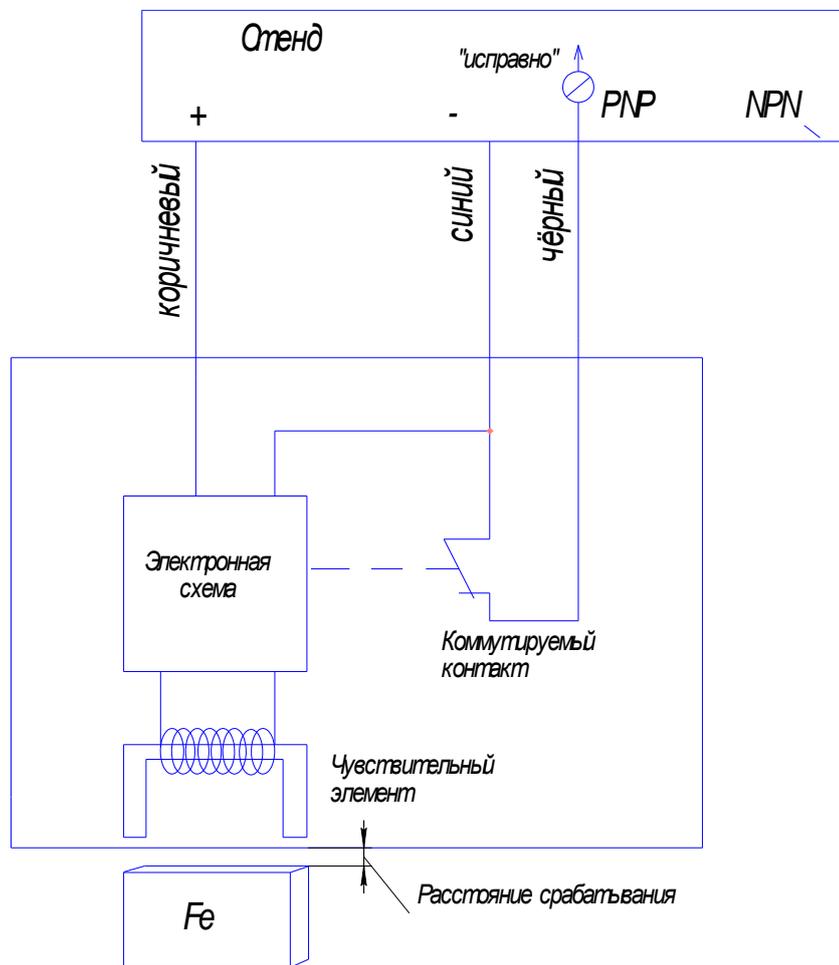


Рисунок 39 – Подробная (для изучения принципа действия) схема подключения индуктивный бесконтактный датчик ВБИ-М18-76К-1123-3 к стенду

Для имитации металлической массы рекомендуется металлическая пластина толщиной 1 мм из низкоуглеродистой стали, например, марки Ст.3. Размер пластины может быть любым, но рекомендуется сторону квадрата принимать равным трём диаметрам чувствительного элемента. Минимальное расстояние срабатывания ( $2\pm 1$ ) мм. Контакт “PNP” имитирует электрическую нагрузку датчика. При срабатывании датчика загорается сигнальная лампа на панели приборов стенда (датчик исправен). Проверка датчика показана на рисунке 40.

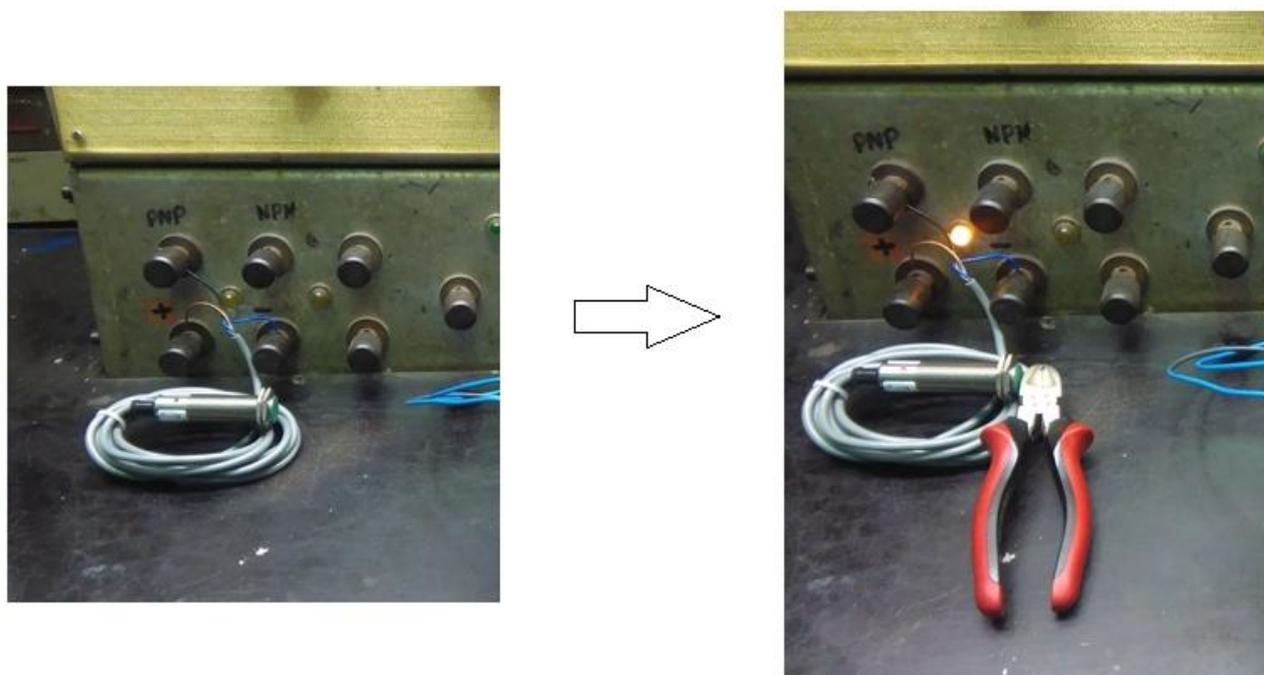


Рисунок 40 – Проверка индуктивного датчика

### 3.3 Методика проверки контактора

Схемы проверки контактора типа 3 RT1034-3 AF04 от компании SIEMENS на стенде, показаны на рисунках 41 и 42. В обмотку контактора подается постоянное напряжение 110В. Если обмотка исправна, на панели стенда загорается сигнальная лампочка (см. рисунок 43). Срабатывание контактора оценивается визуально, по звуку от соприкосновения контактов, и после замыкания контактов с помощью тестера в режиме измерения

сопротивления. Можно измерить как просто наличие замыкания контактов, так и измерить их переходное сопротивление.

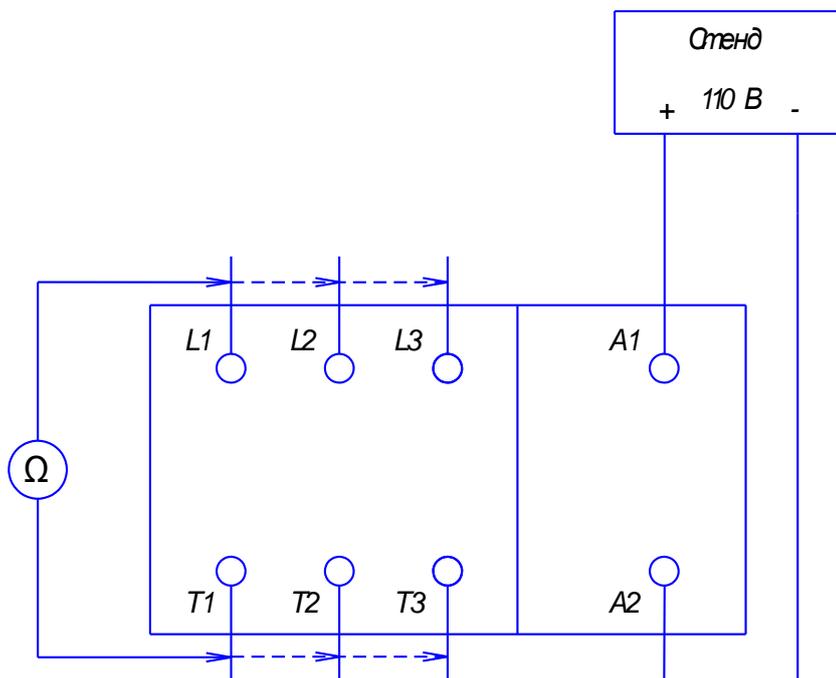


Рисунок 41 – Схема подключения контактора типа 3 RT1034-3 AF04 к стенду

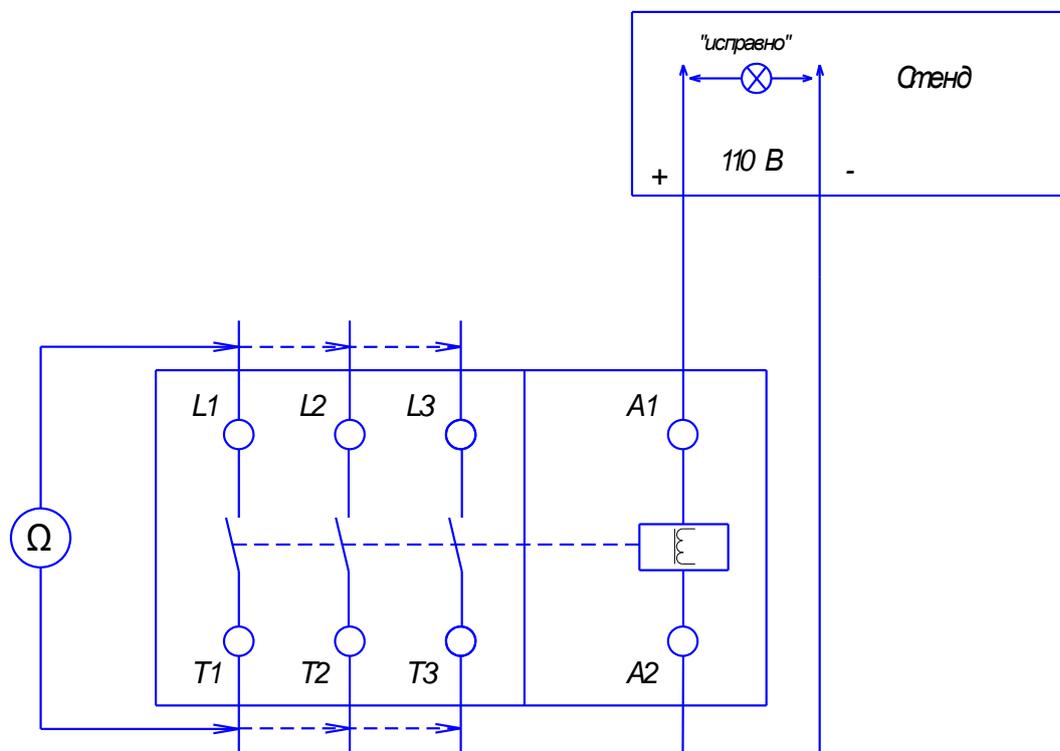


Рисунок 42 – Подробная (для изучения принципа действия) схема подключения контактора типа 3 RT1034-3 AF04 к стенду

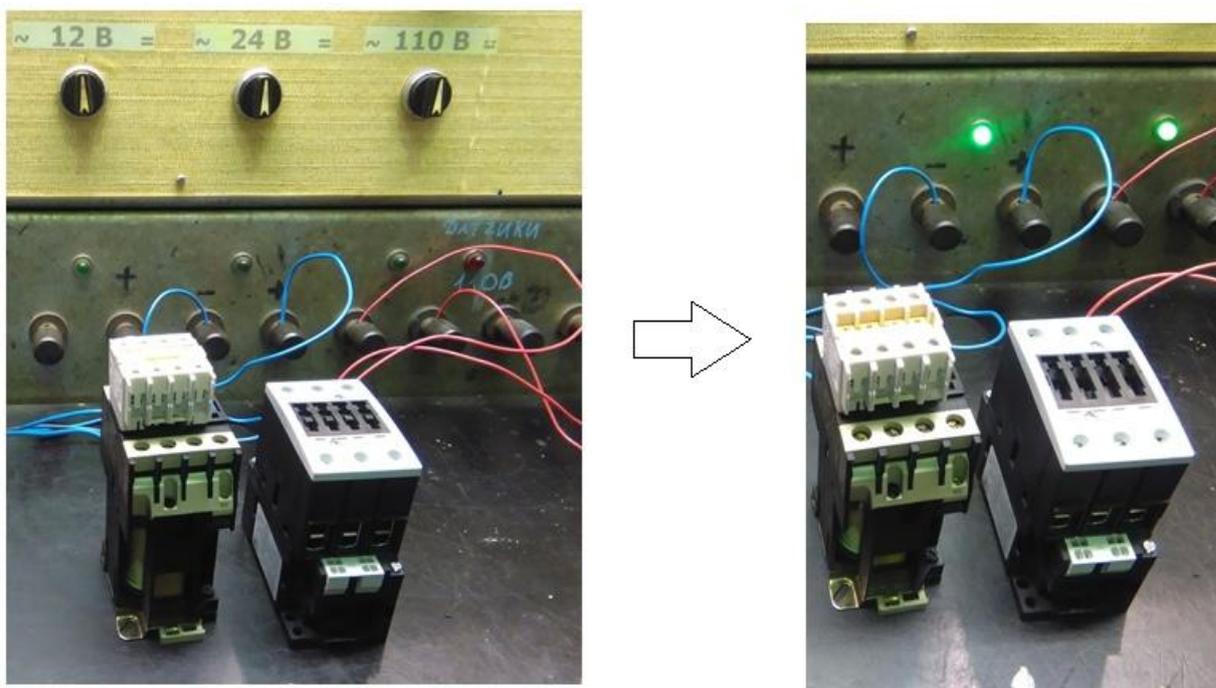


Рисунок 43 – Проверка контактора типа 3 RT1034-3 AF04

### 3.4 Разработка инструкции «Ремонт электрических машин и аппаратов»

Разрабатываемая инструкция устанавливает порядок организации ремонта электрических машин и аппаратов в ремонтное производство АВТОВАЗ. Её рекомендуется ввести взамен И.37.101.5511-2008 г. Актуальность этого определяется развитием ремонтного производства АВТОВАЗ, новых экономических реалий.

В разрабатываемой инструкции использованы ссылки на следующие нормативные документы:

- СТП 37.101.9646-2013 Система технического обслуживания и ремонта технологического оборудования. Порядок заказа покупных запасных частей для ремонта, их учет и хранение;

- СТП 37.101.9672-2013 Система технического обслуживания и ремонта технологического оборудования. Порядок учета, хранения и ремонта узлов,

бывших в употреблении, для технологического оборудования ПАО «АВТОВАЗ»;

- И 37.101.1443-2005 Экологические требования по обращению с отходами производства и потребления;

- И 37.101.8537-2009 Сбор, хранение переработка и отгрузка металлолома и металло отходов в ПАО «АВТОВАЗ».

Как говорилось ранее, основой ремонтного производства является планово-предупредительная система организации производства. Поэтому первым пунктом инструкции выбираем планирование ремонта.

#### 1. Планирование ремонта

Основанием для организации ремонта электрических машин и аппаратов (далее - электромашин) является годовой план отгрузки продукции и услуг, утвержденный в установленном порядке.

За шесть месяцев до начала планируемого года ОАПР подразделений-заказчиков ПАО АВТОВАЗ направляют в ОЗЧ УГМ анализ по ремонту электромашин и предложения по объемам ремонта и освоению ремонта новой номенклатуры.

За пять месяцев до начала планируемого года, на основании анализа выхода из строя электромашин в предыдущем году, ОЗЧ УГМ для всех подразделений-заказчиков ПАО АВТОВАЗ (кроме ЭП) формирует и направляет в ЭП предложения в годовой план ремонта электромашин.

ОАПР ЭП на основании предложений УГМ и анализа выхода из строя электромашин подразделений-заказчиков ЭП формирует годовой план ремонта электромашин для всех подразделений-заказчиков.

Годовой план ремонта электромашин в ЭМЦ ЭП согласовывает начальник УГМ и утверждает директор ЭП.

Бюро по обеспечению материалами и запасными частями ЭП на основании заявки ОАПР ЭП рассчитывает необходимый бюджет на материальное обеспечение ремонта электромашин.

УГМ согласовывает с ДЭП выделение для ЭП целевого бюджета на обеспечение ремонта электромашин.

ООТиЗ ЭП ДРП УРПОП анализирует трудоемкость выполнения годового плана ремонта электромашин и при отклонениях от 100% загруженности персонала ЭМЦ ЭП предлагает мероприятия для выполнения плана.

За три месяца до начала планируемого года УГМ, на основании утвержденного годового плана по ремонту электромашин, согласовывает план по производству продукции, работ и услуг ЭП (по месяцам и подразделениям-заказчикам) для всех подразделений ПАО АВТОВАЗ в ДЭП (лимиты) и выдает в ЭП.

За три месяца до начала планируемого года ОАПР ЭП совместно с ОЗЧ УГМ согласно утвержденного годового плана ремонта электромашин устанавливают план по номенклатуре с разбивкой по кварталам и месяцам в штуках.

Заказ на ремонт электромашин оформляет специалист БЗЧ подразделения-заказчика за месяц до планируемого года и направляет в УГМ, бухгалтерию ЭП и ОАПР ЭП в соответствии с СТП 37.101.9672.

Специалисты БЗЧ подразделений-заказчиков формируют и направляют в УГМ и ОАПР ЭП заявки на ремонт за 35 дней до планируемого месяца.

УГМ до первого числа месяца, предшествующего планируемому, на основании заявок на ремонт электромашин на месяц от подразделений-заказчиков и согласно годовых лимитов формирует, утверждает начальником УГМ и направляет в ОАПР ЭП номенклатурный план на месяц.

ООТиЗ ЭП ДРП УРПОП до первого числа месяца, предшествующего планируемому, выдает в ОАПР ЭП проект производственного задания ЭМЦ ЭП на планируемый месяц. Окончательное производственное задание выдается в ОАПР ЭП до 15 числа.

На основании номенклатурного плана УГМ на месяц, с учетом заявок от подразделений-заказчиков и подготовки производства, ОАПР ЭП до 10 числа

месяца, предшествующего планируемому, готовит проект бирочного плана ремонта электромашин по бригадам.

Ускоренные и аварийные (внеплановые) электромашины ремонтируются за счёт лимитов заказчика и включаются в бирочный план.

Экономист по планированию ОАПР ЭП корректирует бирочный план ремонта электромашин в течении месяца в АСУ РЭМ в случае:

- невозможности дополнительного обеспечения запасными частями и материалами в течении планового месяца;
- списания плановой электромашины;
- ускоренного и аварийного (внепланового) ремонта.

ОАПР ЭП не позднее 3 числа, по актам выполненных работ и на основании отчета ЭМЦ ЭП формирует и направляет в ОЗЧ УГМ отчеты о выполнении плана прошедшего месяца:

- по номенклатуре и подразделениям-заказчикам;
- сводный отчет.

План ремонта электромашин считается выполненным при выполнении:

- объёма ремонта в рублях на 100%;
- ремонта по количеству по всей номенклатуре на 90%.

## 2. Подготовка производства

Ответственность за наличие и обеспечение для формирования плана ремонта электромашин несет подразделение-заказчик и бюро по обеспечению материалами и запасными частями ЭП.

УГМ выделяет фонды для ЭП на изготовление запасных частей (механическая обработка, изготовление сложных узлов машин, литье, поковки, штамповка и т.п.)

При поступлении в ремонт новой номенклатуры электромашин, для ремонта которой требуется новое оборудование, оснастка, приспособления и внедрение новой технологии, ОАПР ЭП готовит программу с указанием сроков выполнения, исполнителя, утверждает у директора ДИТО ПАО АВТОВАЗ и организует выполнение ремонта.

### 3. Материально-техническое обеспечение ремонта.

Обеспечение запасными частями и материалами для проведения ремонта электромашин осуществляется в соответствии с требованиями СТП 37.101.9646.

ЭП определяет необходимость и обеспечивает:

- всеми видами обмоточных и установочных проводов, изоляционными материалами, металлом;

- всеми видами специальных запасных частей (покупные и собственного изготовления) отечественного производства, такими как секции, щеткодержатели, коллекторы, тормоза и другие комплектующие;

- всеми видами оснастки, приспособлениями, необходимыми для выполнения ремонта и испытания готовой продукции.

ОАПР подразделения-заказчика:

- разрабатывает и комплектует техническую документацию, необходимую для изготовления или закупки запасных частей на наиболее сложные электромашин;

- участвует в освоении ремонта новой номенклатуры в части проектирования и изготовления деталей к сложным приводам, сложной оснастки и приспособлений для освоения ремонта новой номенклатуры электромашин.

- УГМ обеспечивает:

- всеми нормализованными запасными частями, согласно разделительной ведомости;

- импортными специальными запасными частями, не имеющими аналогов по заявкам ОАПР производств-заказчиков и ЭП, в пределах выделенного УГМ бюджета плановых закупок на текущий год.

ОАПР ЭП, за четыре месяца до планируемого года, на основании годового плана и анализа статистики расхода, выдает в бюро по обеспечению материалами и запасными частями ЭП годовую заявку на материалы и запасные части.

Бюро по обеспечению материалами и запасными частями ЭП осуществляет обеспечение ЭМЦ материалами, запасными частями и комплектующими на основании годовой заявки равномерно по месяцам. Обеспечение дорогостоящими материалами, редко применяемыми, с ограниченным сроком годности - осуществляется дополнительно по заявкам ОАПР ЭП.

При необходимости изготовления (восстановления) запасных частей для электромашин, мастер ЭМЦ ЭП подает заявку в ОАПР ЭП. Технолог ОАПР ЭП определяет необходимость изготовления запчастей, срочность и размещает заказ на изготовление в установленном порядке. Контроль за выполнением заказа осуществляет технолог ОАПР и мастер ЭМЦ ЭП.

ОАПР ЭП до 20-го числа предшествующего планируемому месяцу выдает в бюро по обеспечению материалами и запасными частями ЭП уточненную месячную потребность в материалах и запасных частях.

Бюро по обеспечению материалами и запасными частями ЭП обеспечивает завоз материалов и запчастей в ЭМЦ ЭП по уточненной заявке ОАПР ЭП в объемах:

- до 25 числа месяца, предшествующего планируемому, 60% от уточненной заявки ОАПР ЭП;
- до 5 числа планируемого месяца - 100%.

На складе ЭП постоянно должен быть запас ТМЦ для выполнения ремонта электромашин не менее двухмесячного объема.

#### 4. Производство и сроки ремонта

ЭМЦ ЭП производит ремонт электромашин с восстановлением исходных технических параметров (напряжение, обороты и т.д.).

ЭМЦ ЭП при ремонте:

- восстанавливает (реставрирует) или заменяет поврежденные обмотки электромашин, все токоведущие части, коробки, шпоночные пазы, валы, крышки, щиты, посадочные места корпусов и т.д.;
- выполняет балансировку роторов и изготавливает паспортную табличку.

Ремонт осуществляется по действующим технологиям.

При наличии всей необходимой материальной подготовки сроки по экстренному ремонту не должны превышать:

а) для асинхронных электродвигателей до 10 кВт - 5 суток;

б) для катушек и электромагнитных муфт - 3 суток;

в) для микромашин:

- тахогенераторы - 7 суток

- серводвигатели - 10 суток

- якоря микромашин - 4 суток.

При невозможности выполнения ремонта в указанные сроки, ОАПР ЭП должен уведомить заказчика о новых сроках ремонта и причинах задержки ремонта.

Отремонтированные электромашины ЭМЦ ЭП в течение всего планового месяца, но не позднее 25 числа, равномерно сдает на склад ЭП, где они реализуются заказчику в соответствии с СТП37.101.9672 и ИИ1000.37.101.0288.

#### 5. Качество ремонта

Электромашины, при ремонте в ЭМЦ, проходят типовые испытания, балансировку, регулировку встроенных устройств, и должны соответствовать паспортным данным. Испытания производит ДпК с отметкой результатов в обмоточно-расчетной карте. При необходимости, или невозможности испытаний по техническим условиям в ЭМЦ ЭП, ОАПР ЭП организует испытания электромашин на оборудовании заказчика. Электромашины взрывозащищенного исполнения в соответствии с РД 16.407 проходят испытание на герметичность конструкции.

ОАПР ЭП осуществляет контроль над соблюдением ЭМЦ действующих технологий. При выявлении отклонений технолог ОАПР совместно с начальником ЭМЦ ЭП проводят корректирующие действия.

Ответственность за необоснованный брак при ремонте электромашин несет производственный персонал ЭМЦ ЭП, согласно утвержденным функциональным обязанностям.

При установлении неисправности электромашины в период гарантийного срока, подразделение-заказчик обязан вызвать специалистов ОАПР ЭП и ЭМЦ ЭП для выявления дефектов и их устранения. При невозможности устранения дефектов на месте электромашина возвращается на повторный ремонт в ЭМЦ ЭП для окончательного выяснения причин неисправности и ремонта.

#### 6. Списание электромашин

При выявлении у электромашины неисправностей, устранение которых в условиях ЭМЦ ЭП невозможны или нецелесообразны, технолог ОАПР ЭП делает заключение о неисправности в обмоточной расчетной карте и в течении 20 дней после выявления неисправностей совместно с ЭМЦ ЭП представляет электромашину комиссии для принятия решения о списании.

Состав комиссии:

- инженер БЗЧ ОАПР подразделения-заказчика;
- технолог ОАПР ЭП;
- старший мастер ремонтного участка ЭМЦ ЭП;
- инженер ОЗЧ УГМ.

Члены комиссии назначаются распоряжением, списки членов комиссии передают в ОЗЧ УГМ и ОАПР ЭП.

Утвержденные акты на списание являются основанием для утилизации электрической машины и основанием на восполнение оборотного фонда.

Утилизация списанных электрических машин и неремонтопригодных деталей электрических машин производится в соответствии с И37.101.1443 и И37.101.8537.

3.5 Разработка инструкции «Порядок учета, хранения и ремонта узлов, бывших в употреблении, для технологического оборудования ПАО

«АВТОВАЗ»

Настоящий стандарт устанавливает основные положения по учёту, планированию и организации ремонта узлов, бывших в употреблении, для

технологического оборудования, а также списание неремонтопригодных узлов и порядок восполнения оборотного фонда.

Стандарт распространяется на деятельность всех подразделений ПАО «АВТОВАЗ», занимающихся учетом, планированием и выполнением ремонта узлов для технологического оборудования.

В настоящем стандарте использованы ссылки на следующие нормативные документы:

СТП 37.101.9646-2013 Система технического обслуживания и ремонта технологического оборудования. Порядок заказа покупных запасных частей для ремонта, их учет и хранение

СТП 37. 101.9777-2004 Система технического обслуживания и ремонта технологического оборудования. Организация обслуживания и ремонта электронных устройств технологического оборудования

И 37.101.5511-2008 Порядок производства ремонта электрических машин и аппаратов

И 37.101.5541-2004 Организация хранения запасных частей для технологического оборудования

И 37.101.8510-2012 Организация ремонта гидро-пнеumo-смазочной аппаратуры в ПАО «АВТОВАЗ»

РД 37.101.6414-2005 Система технического обслуживания и ремонта технологического оборудования. Термины и определения

ТУ 3800-300.1-00232934-2011 Оборудование, поставляемое в ПАО «АВТОВАЗ». Общие положения. Технические условия.

ТУ 5050-300.13-00232934-2011 Оборудование, поставляемое в ПАО «АВТОВАЗ». Системы управления. Технические условия.

#### 1 Общие положения

В ПАО «АВТОВАЗ» все пригодные детали технологического оборудования (механические узлы, узлы электроники, электрические машины, трансформаторы и другие агрегаты) являются запасными частями и подлежат учету - как нормализованные и специальные запасные части.

Ремонтопригодность узлов определяют специалисты ОАиПРО, ОЭ, ОЭТС, ООАСУ подразделений организации ремонта оборудования (далее - ОАиПРО).

Признак ремонтпригодности специалисты ОАиПРО вводят в АСУ «Ремонт». По нормализованным запчастям при формировании «Извещения на кодирование» в маске «Извещение на кодирование НЗЧ» поле «пригодна». По специальным запчастям при кодировании в маске «Классификатор специальных запчастей» в поле «Зона поставки» - четырнадцатым знаком кода запчасти, ставится цифра 5 (узел, подлежащий ремонту).

Оборотный фонд - это суммарное количество подлежащих ремонту и отремонтированных узлов, имеющих в наличии на складах ремонтных служб. Количество узлов оборотного фонда, имеющих в наличии на складах, должно обеспечивать возможность проведения ремонта оборудования вне зависимости от длительности проведения ремонта узла.

2. Организация хранения и учета, подлежащих ремонту и отремонтированных узлов

Хранение узлов оборотного фонда, подлежащих ремонту и отремонтированных, осуществляется в соответствии с инструкцией

И 37.101. 5541.

Учет подлежащих ремонту и отремонтированных узлов ведется на складах ОАиПРО в АСУ «Ремонт» без указания их стоимости в соответствии с инструкцией И 13000.101.0294.

3. Планирование ремонта

Лимиты мощностей (плановые объёмы) по ремонту узлов в подразделениях централизованного ремонта по заказчикам распределяют специалисты ОЗЧ УГМ на основании анализа статистики ремонта узлов за предыдущие годы, с учётом обоснованных предложений от производств заказчиков и направляются на согласование в ОАиПРО.

При необходимости корректировки лимитов по заказчикам в течение года решение принимает начальник УГМ по предложению начальника ОЗЧ УГМ.

После согласования лимитов формируются и утверждаются планы ремонта на планируемый год в каждом конкретном подразделении централизованного ремонта ПАО «АВТОВАЗ» в соответствии с нормативными документами по организации ремонта в данном подразделении. Годовой план является основанием для подготовки ежемесячных заявок ОАиПРО на ремонт узлов и формирования номенклатурных планов подразделений централизованного ремонта на планируемый месяц, планирования обеспечения запчастями и материалами.

По подразделениям централизованного ремонта РМЦ производств годовой план составляют специалисты ОАиПРО. План утверждают главные инженеры производств.

До 1 декабря года, предшествующего планируемому, специалисты БЗЧ ОАиПРО в каждом подразделении централизованного ремонта оформляют заказ на ремонт узлов.

Номенклатурный план ремонта по типам узлов на месяц разрабатывается подразделением централизованного ремонта на основании заявок БЗЧ ОАиПРО, анализа наличия запчастей для ремонта узлов, экономической целесообразности ремонта конкретных узлов, производственной ситуации и с учётом особенностей ремонта изложенных в нормативных документах по организации ремонта в данном подразделении. План составляется по каждому заказчику в соответствии с установленным лимитом и согласовывается с ОЗЧ УГМ.

Корректировка номенклатурного плана месяца возможна по объективным причинам до 10-го числа планируемого месяца на основании обоснованного предложения от руководителя подразделения централизованного ремонта или подразделения заказчика ремонта. Решение о корректировке плана принимает начальник УГМ.

Ответственность за обеспечение плана месяца ремонтным фондом несет ОАиПРО.

Экстренный ремонт узлов выполняется по производственной необходимости, при условии её подтверждения ОЗЧ УГМ. Заявку на экстренный ремонт с обоснованием, предоставляют специалисты подразделения-заказчика. Ремонт выполняется вместо плановых заказов данного заказчика на эквивалентную стоимость (трудоемкость).

#### 4 Подготовка ремонта узлов

Обеспечение запчастями (комплектующими) для выполнения ремонта осуществляется в соответствии с требованиями СТП 37.101.9646.

Специалисты подразделений централизованного ремонта разрабатывают методику ремонта узлов, поступивших в ремонт, конструкторско-технологическую документацию (для изготовления деталей необходимых для ремонта узлов), методику испытания отремонтированных узлов. Ведут архив технической документации по ремонту узлов (в соответствии с закрепленной номенклатурой).

Ответственность за обеспечение технической документацией для ремонта электронных плат и блоков, электрических машин и других сложных узлов несет ОАиПРО заказчика. Предоставление технической документации исполнителю ремонта производится в соответствии с главой 4 ТУ 3800-300.1 - 00232934 и ТУ 5050-300.13-00232934.

#### 5 Освоение ремонта новой номенклатуры узлов.

Для освоения ремонта сложных узлов (поступивших в ремонт впервые), по которым необходима разработка технологии ремонта, целевая закупка запчастей и материалов для проведения ремонта, изготовление или закупка сложной оснастки, приспособлений и приборов - специалист подразделения централизованного ремонта разрабатывает план освоения ремонта с указанием перечня работ, сроков и ответственных лиц за их выполнение. План согласовывается с начальником ОЗЧ УГМ, руководителем ОАиПРО заказчика и утверждается руководителем подразделения централизованного ремонта.

Ремонт считается освоенным после отработки технологии ремонта, дающей стабильные результаты по восстановлению требуемых технических

параметров узла. Окончание освоения ремонта узла оформляется актом. Акт утверждается руководителем подразделения централизованного ремонта.

#### 6 Испытания отремонтированных узлов, гарантии качества ремонта

Узлы, после ремонта, должны быть работоспособными. Отклонения технических параметров от паспортных данных согласовываются с заказчиком.

Для подтверждения годности отремонтированных узлов к эксплуатации проводятся испытания с использованием соответствующего оборудования, средств измерений и методик установленных нормативными документами по организации ремонта в подразделении централизованного ремонта.

Срок гарантии на отремонтированный узел 3 месяца со дня установки на оборудование, но не более срока гарантии предприятия изготовителя и не более 12 месяцев со дня выдачи заказчику.

В случае выхода из строя отремонтированного узла в период гарантийного срока, специалистом ОАиПРО оформляется претензия по качеству ремонта. Неисправный узел вместе с оформленной претензией возвращается в подразделение централизованного ремонта. Подразделение централизованного ремонта проводит расследование и устанавливает причины выхода из строя узла, заполняет вторую часть претензии по качеству ремонта.

#### 7 Списание ремонтного фонда и восполнение оборотного фонда узлов

Списание ремонтного фонда узлов производится:

- при определении не ремонтно пригодности узла в процессе ремонта по предложению подразделения централизованного ремонта с указанием причин невозможности ремонта;

- при определении не ремонтнопригодности узла в момент поступления с оборудования по предложению специалиста ОАиПРО подразделения организации ремонта оборудования с указанием установленных дефектов и причин их образования.

Списание узлов производится комиссией с оформлением акта. Оформление акта осуществляется по форме и в порядке, установленном в нормативном документе.

Годные детали со списанных узлов изымаются и используются подразделением централизованного ремонта при ремонте аналогичных узлов. Неиспользуемые детали (комплектующие) со списанного узла утилизируются как отходы подразделением централизованного ремонта, по предложению которого списан узел. Утилизацию неиспользуемых деталей (комплектующих) со списанных электронных узлов в соответствии с СТП 37.101.9777 организуют ОАиПРО (заказчик).

Восполнение и накопление оборотного фонда (см. рисунок44) осуществляет 034 УГМ на основании заявок ОАиПРО в соответствии с СТП 37.101.9646.



Рисунок 44- Фрагмент создаваемого оборотного фонда

### 3.6 Выводы по главе 3

Разработанный стенд позволяет проверять большое количество разнообразного электрооборудования. Для работы на стенде были разработаны схемы проверок двух видов:

- схемы присоединения проверяемого электрооборудования к стенду;
- схемы присоединения, дополненные информацией для понимания принципа действия.

Это позволяет не только проверять электрооборудование, но и параллельно изучать его устройство и принцип действия.

Для примера представлены схемы проверок асинхронного электродвигателя, индуктивного бесконтактного датчика и контактора.

Схемы оформлены в общий альбом проверок, в котором кроме схем собрана и основная техническая информация по проверяемым объектам. На данный момент альбом, также как и оборотный фонд находится в стадии становления.

## Заключение

Настоящая магистрантская диссертация посвящена разработке контрольного стенда для оценки технического состояния датчиков, элементов электроприводов и шкафов управления.

Актуальность работы обусловлена тем, что после проведения ремонта основного технологического оборудования большая часть (более 90%) снятого при ремонте электротехнического оборудования сдавалось на металлолом (утилизировалось), ввиду невозможности быстро и качественно оценить его техническое состояние. Разработанный стенд позволяет решить эту проблему, повысить эффективность ремонтного производства и снизить эксплуатационные затраты. Подтвердил актуальность выбранного исследования и анализ, проведенный в первой главе: электротехническое оборудование, применяемое в технологическом оборудовании ПАО АвтоВАЗ, импортного производства, таких как Сименс, Шнайдер Электрик, Дженерал Электрик и некоторые другие, стоят довольно дорого, к тому же при их замене проходит длительное время между заказом и поставкой. В этой ситуации по возможности использовать оборотный фонд является актуальной задачей.

Анализ известных стендов показал, что известное диагностическое или проверочное оборудование и стенды в основном имеют высокую стоимость, узкую специализацию, поэтому создание универсального стенда, предназначенного для оценки широкого спектра электротехнического оборудования, также является актуальной задачей.

При работе над магистерской диссертацией были решены следующие задачи:

- разработана конструкция контрольного стенда для оценки технического состояния датчиков, элементов электроприводов и шкафов управления;
- разработана методика проверки технического состояния испытуемого электротехнического оборудования.

Основным результатом работы являются конструкция контрольного стенда, отличающаяся от известных более точной оценкой определенной номенклатуры изделий и сокращением времени проведения испытаний, за счет применения разработанных методик проведения испытаний (или за счет разработанных инструкций).

Принцип действия стенда состоит в воспроизведении условий эксплуатации для проверяемого электрооборудования и замерах его выходных параметров, на основании которых делается вывод о пригодности к дальнейшей эксплуатации. Стенд построен по модульному принципу. Каждый модуль предназначен для проверок близких по характеристикам приборов.

## Список используемых источников

1. Ушаков В. Я. Потенциал энергосбережения и его реализация в секторах конечного потребления энергии [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В. Я. Ушаков, П. С. Чубик ; Томский политехнический университет. - Томск : ТПУ, 2015. - 388 с.
2. Климова Г. Н. Энерго сбережение на промышленных предприятиях [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Г. Н. Климова ; Томский политехнический университет. - Томск : ТПУ, 2014. - 179 с.
3. Елена Демина «Его величество ремонт». Журнал «Волжский автостроитель» №37/2013.
4. Промышленный сервис [Электронный ресурс] / Информационный портал. URL: <http://ac.vaz.ru/services/> Дата обращения 31.01.2018 г.
5. Нормы простоя в ремонте [Электронный ресурс] / Информационный портал «Энциклопедия по машиностроению XXL» URL: <http://mash-xxl.info/info/105289/> Дата обращения 10.02.2018 г.
6. Расчет производственной мощности промышленного предприятия [Электронный ресурс] / Электронное профессиональное издательство «Справочник экономиста» URL: [https://www.profiz.ru/se/3\\_2016/prom\\_moschnost/](https://www.profiz.ru/se/3_2016/prom_moschnost/) Дата обращения 10.02.2018 г.
7. Быстрицкий Г. Ф. Основы энергетики : учеб. для студентов вузов, обуч. по направлениям "Электромеханика, электротехника и электро технологии" и "Электроэнергетика" / Г. Ф. Быстрицкий. - 4-е изд., стер. ; гриф УМО. - Москва :Кнорус, 2017. - 350 с.
8. Москаленко В. В. Электрический привод [Электронный ресурс] : учебник / В. В. Москаленко. - Москва : ИНФРА-М, 2015. - 400 с.
9. Алиев И. И. Электротехника и электрооборудование [Электронный ресурс] : справочник : учебное пособие для вузов / И. И. Алиев. - Саратов : Вузовское образование, 2014. - 1199 с.

10. Миленина С. А. Электротехника, электроника и схемотехника : учеб. и практикум для акад. бакалавриата / С. А. Миленина ; под ред. Н. К. Миленина. - Гриф УМО. - Москва :Юрайт, 2016. - 398 с.

11. Мархоцкий Я. Л. Основы экологии и энергосбережения [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Я. Л. Мархоцкий. - Минск :Вышэйшая школа, 2014. - 287 с.

12. Стрельников Н. А. Энергосбережение [Электронный ресурс] : учебник / Н. А. Стрельников ; Новосибирский государственный технический университет. - Новосибирск : НГТУ, 2014. - 176 с.

13. Неисправности шпинделя и способы их устранения [Электронный ресурс] / Информационный портал «CNC Motors» URL: <http://cncmotors.ru/articles/neispravnosti-shpindelya-i-sposoby-ix-ustraneniya-spisok-problem-i-reshenij/> Дата обращения 12.03.2018 г.

14. Основные неисправности электромагнитных коммутационных аппаратов и методы их устранения [Электронный ресурс] / Информационный портал «Школа для электриков» URL: <http://electricalschool.info/main/ekspluat/1118-osnovnye-neispravnosti.html> Дата обращения 12.03.2018 г.

15. Электромагнитные контакторы [Электронный ресурс] / Информационный портал «Автоматизация и электрика» URL: <https://www.asutpp.ru/avtomatizaciya-proizvodstva/elektromagnitnye-kontaktory.html> Дата обращения 14.03.2018 г.

16. Концевые выключатели: их устройство, назначение, неисправности [Электронный ресурс] / Информационный портал «Enargys» URL: <http://enargys.ru/kontsevyie-vyiklyuchateli/> Дата обращения 12.03.2018 г.

17. Индуктивные датчики [Электронный ресурс] / URL: [http://electrolend.ru/files/catalog/pepperl\\_fuchs/01\\_2015induktivnyedatchikiPF.pdf](http://electrolend.ru/files/catalog/pepperl_fuchs/01_2015induktivnyedatchikiPF.pdf) Дата обращения 12.03.2018 г.

18. Каримов Р.Р., Северин А.А. Контрольный стенд для диагностики электротехнического оборудования. Труды V Всероссийская научно-техническая конференция (к 50-летию юбилею кафедры «Электроснабжение и электротехника» института энергетики и электротехники) Проблемы электротехники, электроэнергетики и электро технологии: Тольятти, 1–2 ноября 2017 года : сборник трудов / отв. за вып. В.В. Вахнина, В.А. Шаповалов. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2017. – 1 оптический диск.

19. Каримов Р.Ш. Испытательный стенд для электрических машин и электроаппаратуры. Сборник статей Международной научно-практической конференции Инновационные процессы в научной среде: Пермь, 25 апреля 2017 года : сборник статей в 3 частях. Ч.3/ - Уфа: Аэтерна, 2017 г. – 187 с

20. Каримов Р.Ш., Вопросы эксплуатации и диагностики электротехнического оборудования. Сборник статей Международной научно-практической конференции Проблемы современных интеграционных процессов и пути их решения: Волгоград, 5 апреля 2018 года : сборник статей в 2 частях. Часть 2/ - Уфа: Аэтерна, 2017 г. – 190 с

21. Релейная защита и автоматика. Каталог «Учтех-Профи» [Электронный ресурс] / Информационный портал «Учтех-Профи – учебная техника от производителя» URL: [http://labstand.ru/catalog/releynaya\\_zashchita\\_i\\_avtomatika](http://labstand.ru/catalog/releynaya_zashchita_i_avtomatika) Дата обращения 20.03.2018 г.

22. Специальное технологическое оборудование [Электронный ресурс] / Информационный портал «СКЭР» URL: <https://skersto.ru/> Дата обращения 20.03.2018 г.

23. Устройства, приборы, стенды и системы для контроля, проверки, поверки, диагностики. НПК «Крона» [Электронный ресурс] /URL: <http://npk-krona.ru/info/> Дата обращения 20.03.2018 г.

24. Метрологическое оборудование [Электронный ресурс] / URL: <http://metran.nt->

rt.ru/images/showcase/Metrologicheskoe\_oborudovanie2013.pdfДатаобращения20.03.2018 г.

25. Методики испытания электрооборудования [Электронныйресурс] / Информационный портал «Блог Электрика» URL: <http://www.blogelektrika.ru/news/metodiki-ispytaniya-elektrooborudovaniya.html>Датаобращения20.03.2018 г.

26. Индуктивные бесконтактные датчика [Электронный ресурс] / Информационныйпортал «КИП-сервис» URL: [http://kipservis.ru/sensor/beskontaknyi\\_Induktivnyi\\_vykljuchatel\\_vbi\\_m18.htm](http://kipservis.ru/sensor/beskontaknyi_Induktivnyi_vykljuchatel_vbi_m18.htm)Дата обращения20.03.2018 г.

27. Safety in electrical testing at work. This is a web-friendly version of leaflet INDG354(rev1), published 10/13 [electronic resource] / URL: <http://www.hse.gov.uk/pubns/indg354.pdf>

28. Electrical Manual: Troubleshooting. Publisher: McGRAW-HILL: New York, Chicago, San Francisco, Lisbon, London, Madrid, Mexico City, Milan, New Delhi, San Juan, Seoul, Singapore, Sydney, Toronto. Copyright / Pub. Date: 2013. McGraw-Hill, Inc.

29. Repair of electrical equipment and machinery [electronic resource] / informational portal. URL: <http://www.laborelec.be/ENG/services/electrical-equipment>

30. Products for Totally Integrated Automation. Catalog ST 70 – 2017/ Siemens AG 2017 / URL: <https://www.automation.siemens.com/salesmaterial-as/catalog/en/simatic-st70-complete-english-2017.pdf>

31. Test Equipment and Engine Test Cell [electronic resource] /informational portal. URL: <http://www.staleyco.com/equipment/electrical>