

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

**«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»**

Институт «Политехнический», факультет «Энергетический»

Кафедра «Автоматизированный электропривод»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой, к.т.н., доцент

_____ /А.Н. Шишков/

“ _____ ” _____ 2019 г.

Модернизация системы охлаждения тягового электродвигателя электровоза

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ

ЮУрГУ-13.03.02.2019.140 ВКР

Руководитель проекта:

Профессор, д.т.н.

_____ / В.Л. Кодкин /

“ _____ ” _____ 2019 г.

Автор проекта

студент группы _____ ПЗ-576

_____ / М.А. Салов /

“ _____ ” _____ 2019 г.

Нормоконтролер

Доцент, к.т.н.

_____ /А.Е. Бычков/

“ _____ ” _____ 2019 г.

Челябинск
2019 г.

АННОТАЦИЯ

Салов М.А. Модернизация системы охлаждения тягового электродвигателя электровоза. – Челябинск: ЮУрГУ, ПЗ-576; 2019, 53 с., 7 ил., 7 табл., библиографический список – 14 наим., __ листов чертежей ф. А_

В дипломной работе рассмотрены вопросы модернизации системы охлаждения тягового электродвигателя электровоза.

Приведены технические данные асинхронного трехфазного с короткозамкнутым ротором электродвигателя РДМ160LB4 установленного в приводе вентилятора для воздушного охлаждения тяговых двигателей.

Приведены схемы управления и алгоритмы работы системы охлаждения тяговых электродвигателей. Проведена модернизация системы охлаждения тяговых электродвигателей путем замены электродвигателя рДМ160LB4 на бельё производительный двигатель с схожими габаритами

					ЮУрГУ-13.03.02.2019.140.01ПЗ ВКР			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дат</i>				
Разраб.	Салов М.А.				Модернизация системы охлаждения тягового электродвигателя электровоза	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
Провер.	Кодкин В.Л.						4	53
Реценз						ЮУрГУ		
Н. Контр.	Бычков А.Е.					Кафедра «АЭП»		
Утверд.	Шишков А.Н.							

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	7
1 ОПИСАНИЕ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ	9
1.1 Система охлаждения.....	9
1.2 Мультициклонные воздушные фильтры модуля охлаждения тяговых электродвигателей	9
1.3 Модуль охлаждения тяговых электродвигателей.....	11
1.4 Асинхронный электродвигатель рДМ160LB4 вентилятора модуля охлаждения тяговых электродвигателей	14
2 ТРЕБОВАНИЯ К СИСТЕМЕ ОХЛАЖДЕНИЯ ТЯГОВЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ И ЕЕ НЕДОСТАТКИ	16
2.1 Требования к системе электропривода модуля охлаждения.....	16
2.2 Недостатки системы охлаждения тяговых двигателей	18
2.3 Требования, предъявляемые автоматической системе управления .	18
3 СИСТЕМА ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ МОДУЛЯМИ ОХЛАЖДЕНИЯ ТЯГОВЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ.....	20
3.1 Статический преобразователь собственных нужд	20
3.2 Шкаф защиты	24
3.3 Статический преобразователь СТПР 1000	25
3.4 Статический преобразователь СТПР 600	26
3.5 Шкаф ПЧ и ЗУ	26
4 ВЫБОР ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ДЛЯ ПРИВОДА ВЕНТИЛЯТОРА МОДУЛЯ ОХЛАЖДЕНИЯ ТЯГОВЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ.....	28
4.1 Условия выбора двигателя.....	20

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2019.140.01ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		5

4.2 Выбор электродвигателя	20
4.3 Расчет характеристик двигателя.....	31
4.4 Постройка характеристик.....	37
5 СХЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ И АЛГОРИТМ РАБОТЫ МОДУЛЯ	
ОХЛОЖДЕНИЯ ТЯГОВЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ.....	42
5.1 Микропроцессорная система управления и диагностики	42
5.1.1 Технические характеристики МПСУиД.....	43
5.1.2 Состав МПСУиД.....	43
5.1.3 Структура управления МПСУиД.....	45
5.1.4 Работа микропроцессорной система управления локомотивом	47
5.2 Алгоритм включения цепей вентиляторов охлаждения тяговых электродвигателей	20
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	51
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	52

[ПРИЛОЖЕНИЯ](#)

ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	54
-------------------	----

ВВЕДЕНИЕ

Один из самых мощных электровозов функционирующих на российских железных дорогах в наше время, на данный момент является электровоз серии 2ЭС6 «Синара»,

Первый образец этой модели выпустили в 2006 году. Всего к июню 2019 года построено около 900 электровозов этой серии.

2ЭС6 «Синара» грузовой двухсекционный восьмиосный магистральный электровоз постоянного тока напряжения 3 кВ с коллекторными тяговыми электродвигателями. Одним из важнейших аспектом функционирования и без отказной работы электровоза является система охлаждения.

При работе тяговых электрических машин часть подведенной к ним энергии преобразуется в активных частях машины (в обмотках и магнитной системе) в тепловую, что ведет к нагреванию машин и повышению температуры обмоток и их изоляции. Тепловое состояние электрической машины характеризуется температурами ее активных частей, точнее, превышениями этих температур над температурой охлаждающего воздуха

Увеличение температур обмоток ускоряет старение электроизоляционных материалов. Для каждого класса изоляции существует определенный уровень температур, превышение которого на 5-10°C приводит к сокращению долговечности изоляции (срока службы) в два раза. В связи с этим на основе технико-экономических соображений предельные значения превышений температур обмоток строго ограничиваются стандартами в соответствии с классами изоляции

Для предотвращения излишнего нагрева электрических машин при работе на электровозе серии 2ЭС6 «Синара» предусмотрена систем охлаждения путем нагнетания воздуха из окружающей среды. Для этого на электровозе установлены модуль охлаждения на каждой секции.

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2019.140.01ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		7

Модуль охлаждения тяговых электродвигателей предназначены для перемещения воздуха не содержащую пыли и других твердых примесей при температуре окружающего воздуха от минус 50 до плюс 60 °С.

Каждый модуль охлаждения подает воздух по воздуховодам к тяговым электродвигателям одной тележки. Часть воздуха, отводимая из воздухопроводов, предназначена для вентиляции кузова.

Таким образом, основным назначением модулей охлаждения системы тяговых электрических машин и аппаратов является создание условий теплоотвода, в которых превышение температур обмоток при любых возможных режимах работы не выходило бы за допустимые пределы.

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2019.140.01ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		8

1 ОПИСАНИЕ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ

1.1 Система охлаждения

Для избегания повышенного нагрева электрических машин при работе на электровозе серии 2ЭС6 «Синара» предусмотрена систем охлаждения

В систему охлаждения электрических машин и аппаратов электровоза 2ЭС6 «Синара» входят устройства:

- Вентиляторы обдува;
- Устройства для забора и очистки воздуха;
- Устройства для распределения и подачи к потребителям нагнетаемого воздуха.

Оборудованию электровоза, которое подлежит принудительному охлаждению воздухом, относятся:

- Тяговые электродвигатели (ТЭД);
- Пуско-тормозные резисторы.

Для охлаждения электрических машин и аппаратов на электровозе 2ЭС6 «Синара» в каждой секции были установлены два модуля охлаждения тяговых электродвигателей, которые так же используется для создания избыточного давления в машинном отделении электровоза.

На рисунке 1.1 представлена система воздушного охлаждения одной секции электровоза 2ЭС6 «Синара».

Система вентиляции тяговых двигателей работает следующим образом. Воздух, засасываемый модулем охлаждения ТЭД, проходит через механические центробежные отделители осадений, где происходит его очистка от влаги и пыли. Очищенный воздух поступает в форкамеры вентиляторов охлаждения тяговых двигателей. Из форкамеры воздух засасывается вентилятором охлаждения, на выходе из которого разделяется

натри потока. Два потока направляются по отдельным каналам к тяговым двигателям, третий направляемый в кузов электровоза создает в нем повышенного давления в кузове электровоза, благодаря чему происходит циркуляция воздуха и охлаждение электрических аппаратов.

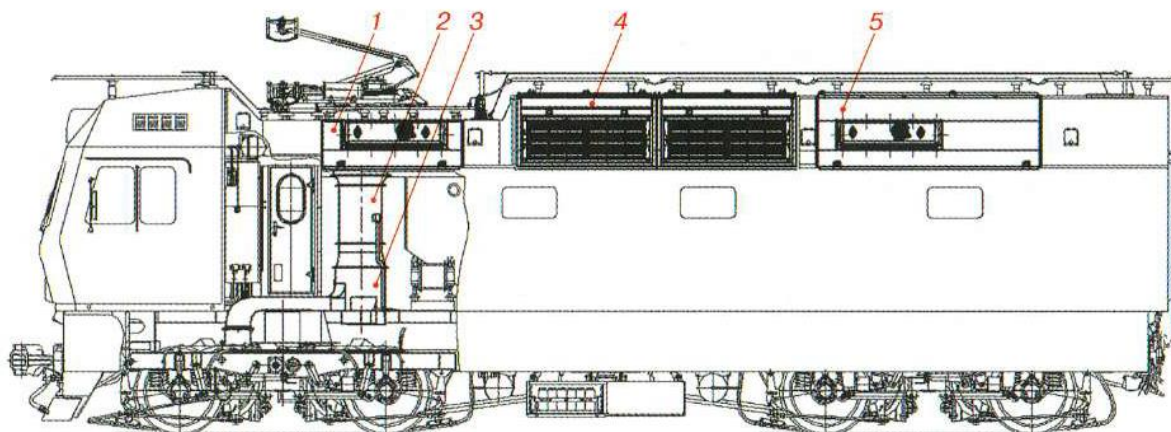


Рисунок 1.1 – Система воздушного охлаждения одной секции электровоза 2ЭС6 «Синара»: 1– форкамера передняя; 2 – модуль охлаждения ТЭД; 3 – воздуховоды системы охлаждения ТЭД; 4– модули пуска-тормозных резисторов; 5 – форкамера задняя

Охлаждающий воздух, поступающий в тяговый электродвигатель и в кузов электровоза должен быть очищаться от посторонних примесей обеспечивая следующую степень очистки поступающего воздуха;

- От пыли – не менее 75%;
- От капель влаги – не менее 80%;
- От снега - не менее 80%.

1.2 Мультициклонные воздушные фильтры модуля охлаждения тяговых электродвигателей

На секцию электровоза устанавливается два модуля фильтра воздушного. Назначение – очистка наружного воздуха, подаваемого для охлаждения электрических машин, от пыли, влаги и снега.

Воздухоочистители инерционного действия мультициклонного типа удовлетворяют всем современным требованиям по эффективности очистки,

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ-13.03.02.2019.140.01ПЗ

Лист

10

долговечности, надежности и отсутствию частого обслуживания, за счет непрерывной их самоочистки.

Основным элементом самоочищающего фильтра является циклонный прямоточный воздухоочиститель, состоящий из аэродинамического завихрителя, цилиндрического корпуса и приемного патрубка для выхода чистого воздуха.

На рисунке 1.2 представлен изображение улиточного завихрителя, воздушного фильтра применяемого в системе очистки воздуха.

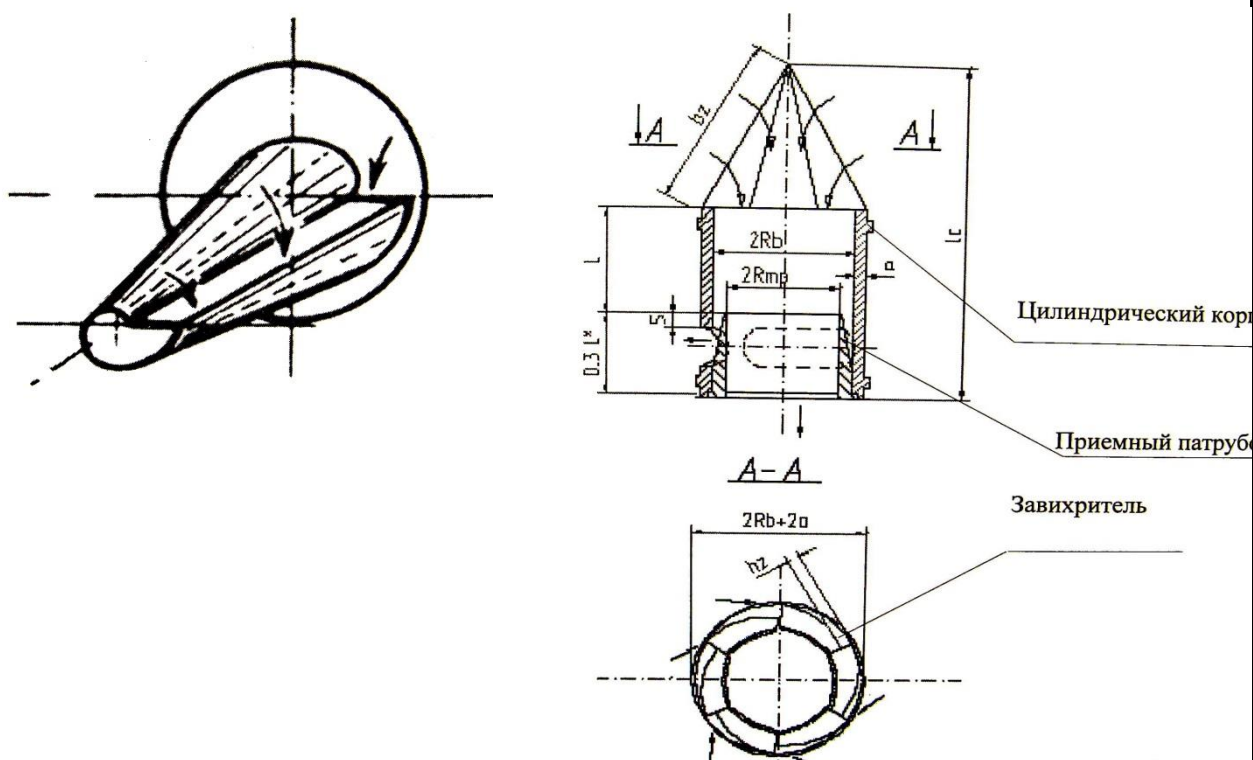


Рисунок 1.2 – Улиточный завихритель воздушного фильтра

Аэродинамический колпачковый завихритель, состоящий из шести клиновидных лопастей, создает закрученный поток загрязненного воздуха высокой скорости. Движущийся по цилиндрическому корпусу воздушный вихрь приводит в движение частицы пыли и влаги, на которые действуют центробежные силы, отбрасывающие их к стенам. Сконцентрированные на периферии частицы загрязнений выбрасываются через щелевые проточки в конце трубной части корпуса, а чистый воздух (90% основного потока) выходит через приемный патрубок потребителю.

Частицы пыли с 10% воздуха, ударяя по стенкам трубы, являются автоматическим очистителем циклона. Благодаря самоочищающемуся действию пыли предотвращается ее скопление в выпускных проточках и засорение выхлопного тракта фильтра

Фильтрующие циклонные элементы объединяются в блоки, которые устанавливаются на пути воздушного потока. Внутри блока имеется свободное пространство для сбора и отвода воздуха с пылью с помощью отсасывающего вентилятора.

На секцию устанавливается два модуля очистки воздуха. Технические характеристики модуля очистки указаны в таблице 1.1

Таблица 1.1 – Техническая характеристика модуля

Наименование параметра	Значения
Количество циклонных блоков, шт	4
Общее количество циклонов, шт	300
Номинальный расход воздуха, м3/час	6000
Воздушное сопротивление, не более, Па	600
Эффективность очистки воздуха при номинальном расходе, не менее,	80%
Тип вентилятора отсоса	центробежный В-Ц14-46-2-01А
Производительность, не менее, м3/час	810;
Количество отсасывающих вентиляторов, шт	2

1.3 Модуль охлаждения тяговых электродвигателей

Для охлаждения тяговых электродвигателей (ТЭД) на электровозе 2ЭС6 установлены индивидуальные модули охлаждения. Каждый модуль охлаждения нагнетает воздух по воздуховодам к двум тяговым

электродвигателям одной тележки. Часть воздуха, отводимая из воздухопроводов, предназначена для вентиляции кузова.

Модуль охлаждения тяговых двигателей входит в систему охлаждения электровоза 2ЭС6 «Синара», состоящую из воздухозаборных жалюзи, расположенных в верхней части кузова, устройства фильтрации от пыли, воды и снега, забираемого на охлаждение воздуха, а также осевого вентилятора. На выходе воздуха из осевого вентилятора установлен раздающий диффузор и воздухопровод. После диффузора воздух подается к тяговым двигателям через участок гибкого гофрированного воздухопровода между кузовом и тележкой.

На рисунке 1.3 показана конструкция модуля охлаждения тяговых электродвигателей электровозов 2ЭС6 «Синара».

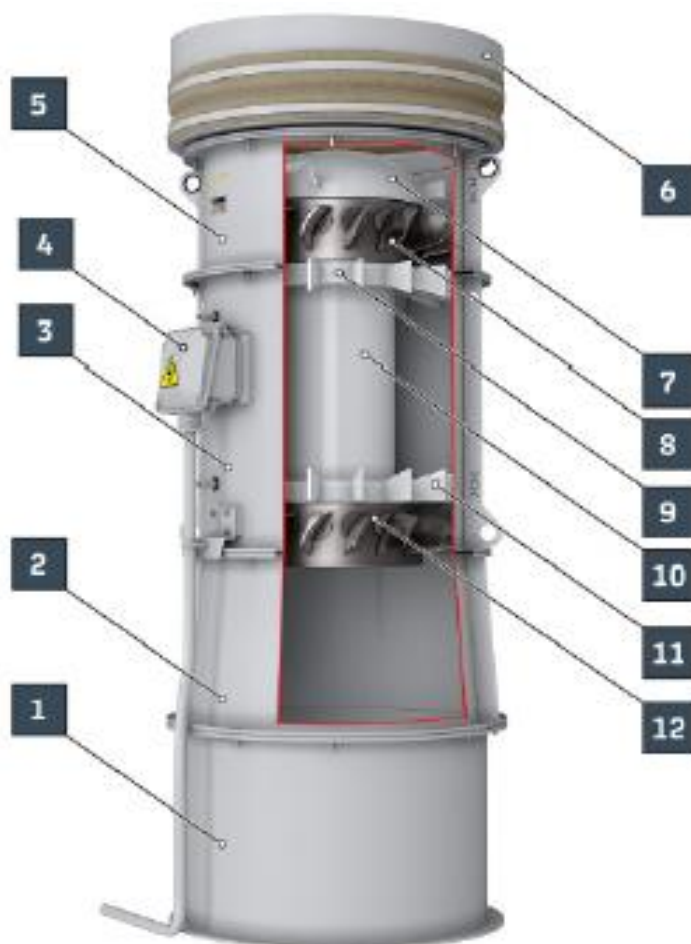


Рисунок 1.3 – Конструкция модуля охлаждения тяговых электродвигателей электровозов 2ЭС6 «Синара»: 1 – переходник нижний; 2 – обечайка корпуса; нижняя; 3 – обечайка корпуса верхняя; 4 – коробка выводов; 5 – коллектор воздушный; 6 – патрубок входной; 7 – направляющая; 8 – рабочее колесо; 9 – диффузор; 10 – вентилятор; 11 – корпус вентилятора; 12 – патрубок выходной.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ-13.03.02.2019.140.01ПЗ

Лист

13

верхнее; 9 – крепление электродвигателя верхнее; 10 – электродвигатель; 11 –
Крепление электродвигателя нижнее; 12 – рабочие колесо нижнее
В таблице 1.2 указаны основные параметры модуля охлаждения.

Таблица 1.2 – Основные параметры модуля охлаждения

Наименование параметра	Значения
Тип осевого вентилятора охлаждения;	ТЭД рДМ160LB4
Производительность вентилятора, не менее;	6000 м ³ /ч;
Диапазон регулирования производительности;	от 25% до 100%;
Напор вентилятора, не менее;	1500 Па;
Расход воздуха для наддува машинного помещения, не менее;	1000 м ³ /час
Суммарное сопротивление входного диффузора и воздушного фильтра;	600Па
Эффективность очистки воздуха фильтром от пыли, влаги и снега на номинальном режиме, не менее;	80%;
Температура окружающей среды град С;	от -50 до +60
Температура охлаждающего воздуха град С;	от -50 до +45

Модуль охлаждения должен сохранять работоспособность при выпадении инея с последующим оттаиванием.

Модуль охлаждения в части воздействия механических факторов внешней среды должен соответствовать группе условий эксплуатации М25 по ГОСТ 17516.1.

1.4 Асинхронный электродвигатель рДМ160LB4 вентилятора модуля охлаждения тяговых электродвигателей

Асинхронный трехфазный с короткозамкнутым ротором электродвигатель рДМ160LB4 установлен в приводе вентилятора для воздушного охлаждения тяговых двигателей.

В каждой секции установлено два осевых вентилятора охлаждения тяговых электродвигателей. Обозначение на электрической схеме М5 и М6. Переменное трехфазное напряжение электродвигатели М5 и М6 получают по регулируемому каналу от трансформатора собственных нужд.

Осевые вентиляторы тяговых электродвигателей предназначены для перемещения воздуха не содержащих пыли и других твердых примесей при температуре окружающего воздуха от минус 50 до плюс 60 °С. Производительность установки не менее 200 м³/мин, напор воздуха не менее 1500 Па. Направление вращения со стороны всасывания – левое. Основные параметры электродвигателя приведены в таблице 1.3.

Таблица 1.3 – Основные параметры электродвигателя рДМ160LB4

Наименование параметра	Значения
Кратность пускового тока	6,4
Режим работы	Продолжительный
Класс изоляции обмотки статора	Н
Степень защиты двигателя	IP44
Масса электродвигателя, кг	178
Номинальная мощность электродвигателя, кВт	18,5
Напряжение питания электродвигателя, В	3x380
Частота напряжения питания, Гц	50
Синхронная частота вращения двигателя, об/мин	1500
Номинальное скольжение%	3,3
Номинальный ток статора, А	41
Коэффициент мощности	0,74
КПД Электродвигателя %	87,4

2 ТРЕБОВАНИЯ К СИСТЕМЕ ОХЛАЖДЕНИЯ ТЯГОВЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ И ЕЕ НЕДОСТАТКИ

2.1 Требования к системе электропривода модуля охлаждения

К электроприводу модуля охлаждения тяговых электродвигателей электровоза предъявляются высокие требования по надежности и отказоустойчивости.

Вместе с тем данная система должна обеспечивать достаточную подачу охлаждающего воздуха к тяговому электродвигателю электровоза и обеспечивать циркуляцию воздуха внутри кузова. Подача охлаждающего воздуха в кузов электровоза связана с тем, что воздух в кузове электровоза нагревается от оборудования установленного в кузове.

Нагретый воздух поднимается кверху. Где нагретый воздух засасывается вентилятором модуля охлаждения обратно в форкамеру через окно расположенное в торцевой стенке форкамеры, где он смешивается с воздухом, забираемым с улицы. Забор воздуха идет через механические центробежные отделители осадений и снова выбрасывается в кузов через окно в корпусе осевого вентилятора. При этом количество выбрасываемого воздуха в кузов больше, чем засасываемого в форкамеру.

Этим достигается снижение температуры воздуха и поддержание избыточного давления внутри кузова для избежание попадания в кузов электровоза излишней пыли и влаги обеспечивая более благоприятные условия для работы электрических аппаратов.

Необходимость в циркуляции воздуха в кузове является постоянной и напрямую зависит от времени года в котором ведется эксплуатация т.е. в летнее время, когда необходимо температуру в кузове снизить, заслонки на форкамере находятся в положении «открыто», а в зимнее время, когда температуру в кузове необходимо поднять, заслонка находится в положении «закрыто» или в промежуточном положении.

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2019.140.01ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		16

В каждом кузове электровоза установлено по два модуля охлаждения тяговых электродвигателей с приводом вентилятора установленным на нем двигателем рДМ160LB4.

2.2 Недостатки системы охлаждения тяговых двигателей

Электровоз 2ЭС6 «Синара» прошел ходовые испытания в декабре 2006 года. Первый электровоз передан в эксплуатацию на сети РЖД в этом же году.

В ходе эксплуатации выявляются недостатки, и просчёты в конструкции данного электровоза которые своевременно устраняются.

В ходе эксплуатации было выявлено не надежность тяговых электродвигателей электровозов. Они были заменены на более современные электродвигатели. Также были заменены и силовые контакторы системы управления электродвигателями которые смогут выдержать возросший ток проходящий через них. Вследствие модернизации повысилась надёжность и мощность электровозов.

В ходе эксплуатации возникают и проявляют себя новые недостатки и просчеты в конструкции незамеченных вовремя модернизации и испытания электровоза. Серьезным недостатком, выявленным вовремя эксплуатации и не устроенным на данный момент, является недостаточная производительность модуля охлаждения тяговых двигателей вследствие проведённой модернизации электровоза.

Это связано с установки на электровоз более мощных тяговых электродвигателей которые требуют более сильного охлаждения. А также электрических аппаратов обеспечивавших их работу, управления и защиту.

Старый электропривод вентилятора модуля охлаждения тяговых двигателей, уже не может обеспечить необходимый поток охлаждающего воздуха к двигателям и в кузов электровоза для охлаждения электрических аппаратов и машин расположенных там.

					ЮУрГУ-13.03.02.2019.140.01ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

Из недостаточной производительности модулей системы охлаждения тяговых электродвигателей электровоза 2ЭС6 «Синара» выделяют следующие пункты:

- Недостаточно охлаждения тяговых двигателей в следствии чего происходит прогары якоря тяговых электродвигателей;
- Недостаточное охлаждение электрических аппаратов находящихся в кузове электровоз;
- Выход из строя силовых контакторов и вспомогательных машин в том числе из-за повышенной температуры;
- Малая производительность двигателя привода вентилятора модуля охлаждения.

Все перечисленные недостатки являются основными выявленные в ходе эксплуатации электровоза на данный момент. Возникли с вязи повышенным нагревом. Высокая температура работы вызвана из-за внесения в конструкцию электровоза изменений в ходе модернизаций.

В данной работе проведена модернизация системы охлаждения и выбран новый двигатель привода вентилятора модуля охлаждения который обеспечивать большую производительность и подачу охлаждающего воздуха к тяговым электродвигателям и аппаратом установленным в кузове электровоза что поможет улучшить охлаждение и избежать излишнего нагрева тяговых электродвигателей и вспомогательного электрооборудования установленного в кузове электровоза.

2.3 Требования, предъявляемые автоматической системе управления

Автоматическая система управления должна обеспечивать надежности всех режимов работы электропривода вентилятора. Система автоматического регулирования привода обеспечивает плавное регулирование скорости в

заданном диапазоне; поддержание заданной скорости вращения электродвигателя.

В системе автоматического управления электроприводом вентилятора должны быть предусмотрены необходимые технологические и электрические блокировки и защиты. При срабатывании защит и блокировок электропривод должен отключаться, при этом на пульте машиниста должна загораться соответствующая световая информация с надписью, расшифровывающей вид отказа.

В системе управления должна предусматриваться возможность полного отключения механизмов

Автоматическая система управления должна обеспечивает прием информации от органов управления, системы измерения цепей управления электровоза и выбирать управляющее воздействие на аппараты электровоза и подсистему авторегулирования. В процессе работы автоматическая система управления должна производить диагностику устройств и непосредственно связанных с ними цепей электровоза, а также производит запись в энергонезависимую память данных о функционировании системы.

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2019.140.01ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		19

3 СИТЕМА ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ МОДУЛЕЙ ОХЛОЖДЕНИЯ ТЯГОВЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

3.1 Статический преобразователь собственных нужд

Статический преобразователь собственных нужд (ПСН) служит для питания внутренних потребителей на электровозе 2ЭС6 «Синара». Источником питания преобразователя является контактная сеть постоянного тока номинальным напряжением 3000В с необходимым набором защитного оборудования, установленного в кузове электровозе.

На предыдущих поколениях электровозов для обеспечения питания низковольтного оборудования применяли электромашинные генераторы. В качестве привода вспомогательных машин использовались высоковольтные двигатели постоянного тока подключаемые к контактной сети. Для питания обмоток возбуждения в режиме рекуперативного торможения применялись высоковольтные электрические преобразователи. Высоковольтные электрические машины имеют значительно большую массу и габаритные размеры малую надежность и требуют больших затрат на обслуживание. Стоимость таких машин достаточно высока.

Статический преобразователь обладает более компактными габаритными размерами. Стоимость ниже чем машин постоянного тока также статический преобразователь значительно надежней.

Применения статических преобразователе позволило значительно улучшить эксплуатационные характеристики электровоза повысить его мощность за счёт применения независимого возбуждения обмоток тяговых электродвигателей. В силовой схеме позволило уменьшить число электропневматических контакторов что повысило надежность электровозов и снижения времени на технического обслуживания.

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2019.140.01ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		20

Преобразователь статический собственных нужд (ПСН) предназначен для;

- управления током обмотки возбуждения тяговых двигателей электровоза постоянного тока по схеме независимого возбуждения в режимах тяги, электродинамического и рекуперативного торможения;
- обеспечения плавного пуска и плавного регулирования частоты вращения асинхронных электродвигателей вспомогательных механизмов электровоза (вентиляторов охлаждения, турбокомпрессора) путем изменения величины и частоты подводимого напряжения;
- электропитания цепей управления и освещения и заряда аккумуляторной батареи, а также заряда аккумуляторной батареи магистрального грузового электровоза постоянного тока 2ЭС6;
- электропитания потребителей системы микроклимата кабины машиниста и микроволновой печи.

Основные параметры и характеристики статического преобразователя приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Основные параметры и характеристики ПСН

Наименование параметра.	Зачение.
Параметры первичного напряжения, В	
Номинальное значение	3000
Диапазон изменения входного напряжения	2200-4000
Диапазон рабочих напряжений контактной сети	2700-4000
Суммарная мощность нагрузки ПСН, кВт,	210
Напряжение низковольтного питания комплекта ПСН, В.	50 ±5%
Режим работы преобразователя	Продолжительный
Диапазон изменения температуры окружающей среды, °С	-40 до =50

Продолжение таблицы 3.1

Наименование параметра.	Зачение.
Канал №2 охлаждение тяговых электродвигателей 1 и 2 номинальная мощность не более, кВт	27
Канал №3 охлаждение тяговых электродвигателей 3 и 4 номинальная мощность не более, кВт	27
Номинальное линейное напряжение на выходе каналов, В	Трехфазное 380
Номинальное значение частоты выходного напряжение, Гц	50
Диапазон регулирования частоты выходного напряжения, Гц	16-50
Номинальное напряжение на выходе канала №4, В	380
Частота выходного напряжения канала №4, Гц	50±5%
Канал №5 заряд аккумуляторной батареи, Номинальная емкость А-ч	125
Диапазон выходного напряжения канала №5, В	90–130
Выходной ток канала №5 в режиме первоначального заряда не менее, А	25
Диапазон выходного тока канала №5, А	16–50
Канал №6 – питание цепей управления и освещения электровоза. Номинальная мощность не более, кВт	10
Номинальное выходное напряжение канала №6, В	110±5%
Каналы №7,8 питание независимых обмоток возбуждения тяговых электродвигателей, кВт	50

Продолжение таблицы 3.1

Наименование параметра.	Зачение.
Ток выходной максимальной каналов №7,8 (кратковременно в течени 20 мин), А	800
КПД преобразователя при РН = 130 кВт,	80%
Интерфейс связи с микропроцессорной системой управления и диагностики	RS-485
Количество каналов связи RS-485	2
Климатическое исполнение по ГОСТ15150	У категория размещения 2
Степень защиты от попадания пыли и воды п ГОСТ 14254	IP 21
Средняя наработка на отказ, не менее, млн. км. пробега	1,2
Срок службы (с учетом ЗИП), не менее, лет	20

По сигналам управления поступающим из микропроцессорной системы управления и диагностики (МПСУиД), по кодовым линиям связи подключенных к преобразователю частоты происходит регулировка переменного трех фазного напряжения, по частоте и амплитуде асинхронных вспомогательных машин (электроприводов вентиляторов модулей охлаждения тяговых электродвигатели)

В состав преобразователя собственных нужд в одной секции электровоза 2ЭС6 «Синара» входят ;

- Шкаф защиты;
- Статический преобразователь (СТПР-1000);
- Статический преобразователь (СТПР-600);

- Шкаф преобразователя частоты (ПЧ и ЗУ).

Структурная схема преобразователя собственных нужд приведена на рисунке 3.1

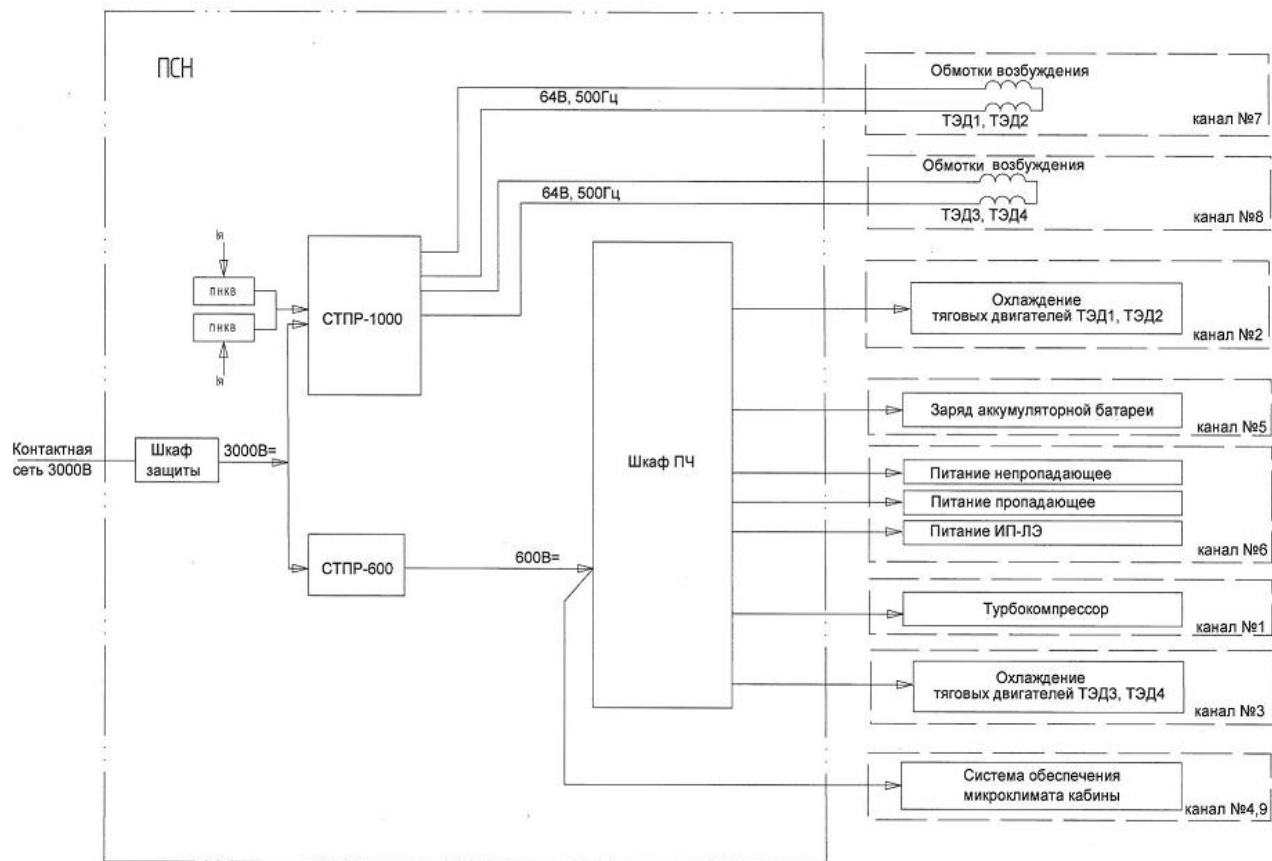


Рисунок 3.1 – Структурная схема ПСН

3.2 Шкаф защиты

Шкаф защит предназначен для защиты от атмосферных и коммутационных перенапряжений и бросков тока, а также для ограничения влияния работы инверторов на электромагнитные процессы в контактной сети и процессов в контактной сети на работу инверторов.

Шкаф защит обеспечивает отключение аппаратуры преобразователя от контактной сети с выдачей дискретного сигнала в МПСУиД при повышении

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

напряжения контактной сети выше 4000В, при этом работоспособность аппаратуры сохраняется. Время от момента обнаружения повышенного напряжения до выдачи команды на отключение не превышает 100 мс.

Шкаф защит состоит из дросселя защиты, датчика напряжения контактной сети и схемы активного подавления выбросов входного напряжения.

Кратковременные выбросы напряжения контактной сети фильтруются с помощью дросселя защиты.

При длительных выбросах напряжения датчик контактной сети формирует выходной сигнал, вызывающий срабатывание схемы активного подавления выбросов. При этом одновременно формируется сигнал на отключение быстродействующего контактора, что вызывает снятие напряжения со входа преобразователя. Величина напряжения, при котором срабатывает схема активной защиты, зависит от параметров выброса первичной сети и установлена на уровне (6-9) кВ.

3.3 Статический преобразователь СТПр 1000

Статический преобразователь СТПр1000 обеспечивает преобразование входного напряжения контактной сети в напряжение 64 В частотой 500 Гц с управляемым значением тока, поступающим в обмотки возбуждения тяговых двигателей. Выходной ток в продолжительном режиме по указанным выходам должен быть не менее 540 А. Максимальное значение выходного тока должен, быть не менее 800 А в течение 20 минут;

Работа СТПр1000 происходит следующим образом:

Входное напряжение 3000В через дроссель поступает в инвертор, построенный на IGBT - транзисторах. Управление инвертором происходит посредством оптических сигналов из центрального контроллера управления (ЦКУ) и на выходе формируется напряжение прямоугольной формы амплитудой 3000 В частотой 2000 Гц;

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2019.140.01ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		25

Напряжение с инвертора поступает на трансформатор Т1, который обеспечивает гальваническую развязку понижение напряжения и передачу его по трем каналам на панель выпрямителей.

Два управляемых выпрямителя аналогично преобразуют прямоугольное напряжение в напряжение с управляемым значением тока для электропитания обмоток возбуждения ОВ1 и ОВ2 и один неуправляемый выпрямитель преобразует напряжение для резервного электропитания с выходным напряжением 600 В.

3.4 Статический преобразователь СТПР 600

Статический преобразователь СТПР 600 обеспечивает преобразования постоянного входного напряжения 3000В в напряжение постоянного тока 600в для питания преобразователей частоты и системы микроклимата кабины машиниста

Информация о входных и выходных токах и напряжениях СТПР 600 поступает в центральный контроллер управления МПСУиД. По этой информации в МПСУиД обеспечивается регулирование выходного напряжения изменением подключения транзисторов в радиаторе транзисторов.

3.5 Шкаф ПЧ и ЗУ

Шкаф преобразования частоты предназначен для питания электропитание вентиляторов обдува тяговых двигателей и турбокомпрессора, устройств отопления и кондиционирования воздуха кабины машиниста, цепей управления и освещения, а также заряда аккумуляторной батареи.

Для этого в шкафу размещены три преобразователя частоты ПЧ 30 кВт, обеспечивающие преобразование постоянного напряжения 600В в регулируемое по частоте и амплитуде напряжение 380В 50 Гц

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2019.140.01ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		26

Преобразователь частоты обеспечивает;

- Плавный разгон при пуске
- Длительную работу асинхронных двигателей с регулированием выходного напряжения по амплитуде и частоте в диапазоне
- Преобразование постоянного напряжения 600 в переменное трехфазное напряжение 380 В±: 5 %, и частотой (5-70) Гц± 5 %;

Организации управления преобразователя частоты и контроля их состояния осуществляется по кодовой магистрали из МПСУиД. МПСУиД управляет подключением трех ПЧ, транслирует величину частоты выходного напряжения каждого ПЧ пульт машиниста электровоза .

									Лист
									27
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЮУрГУ-13.03.02.2019.140.01ПЗ				

4 ВЫБОР ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ДЛЯ ПРИВОДА ВЕНТИЛЯТОРА МОДУЛЯ ОХЛАЖДЕНИЯ ТЯГОВЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

4.1 Условия выбора двигателя

В модуле охлаждения тяговых электродвигателей стоит двигатель рДМ160LB4. Который в ходе проведённой модернизации тяговых электродвигателей электровоза не может обеспечить достаточный поток охлаждающего воздуха. Вследствие чего происходит повышенный нагрев тяговых двигателей и вспомогательных электромашин расположенных в кузове электровоза.

На электровозе 2ЭС6 «Синара» установлен частотный преобразователь входящий в состав преобразователя частоты он обеспечивает плавный пуск привода вентилятора модуля охлаждения тяговых двигателей.

Наличие частотного преобразователя на электровозе позволяет выбрать и асинхронный электродвигатель. Который обеспечивает хорошую надежность и отказоустойчивость в работе. Также при меньших габаритах сможет обеспечить большую мощность и при меньших затратах

Для обеспечения достаточного охлаждающего потока новый электродвигатель привода вентиляторов должен обеспечивать в два раза большие показатели производительности охлаждающего воздуха и иметь больший напор воздуха, чем у предшественника при схожих габаритных размерах.

Двигатель рДМ160LB4 обеспечивал производительность охлаждающего воздуха не менее $6000\text{ м}^3/\text{ч}$, при этом напор подающего воздуха равен 1500 Па .
Параметры модуля охлаждения сведены в таблице 1.2

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2019.140.01ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		28

При выборе электропривода мы будем выбирать электропривод исходя из условий что он должен обеспечивать производительность не менее 12000 м³/ч. При напоре воздуха не менее 3000Па. Такие показатели должны обеспечить хорошее охлаждение тяговых электродвигателей и электроаппаратов установленных в кузове электровоза.

4.2 Выбор электродвигателя

Для выбора электродвигателя нам необходимо узнать мощность необходимую на валу электродвигателя, для вращения крылатки (колеса) привода вентиляторов. Она определяется работой, затрачиваемой на разгон и транспортировку воздуха и вычисляются по формуле:

$$P_{ЭД} = \frac{Q \cdot H_B}{1000 \cdot \eta_B}, \quad (4.1)$$

где Q – производительность, м³/с;

H_B – напор вентилятора, Па;

η_B – КПД из каталога для ориентировочного расчета осевого вентилятора (0,3 – 0,6) принимаем $\eta_B = 0,4$.

Подставляем числовые значения в формулу

$$P_{ЭД} = \frac{12000 \cdot 3000}{1000 \cdot 0,6} = 21,6 \text{ кВт.}$$

По полученной мощности выбираем привод вентилятора охлаждения модуля. Также должна совпадать данная скорость вращения вентилятора и производительность использованного при расчетах и выбранного по каталогу электродвигателя.

По каталогу электродвигателей выбираем асинхронный двигатель рДМ180М2 короткозамкнутым ротором выпускаемый с 2018 года. Выбор электродвигателя обусловлен схожими габаритными размерами что позволит не внося сильных в конструкцию модулей охладителей тяговых электродвигателей

Так же он обеспечивает необходимую производительность системы охлаждения и напор воздуха который он подает воздуха

Технические характеристики двигателя сведены в таблицу 4.1

Таблица 4.1 – Технические характеристики асинхронного электродвигателя с коротко замкнутым ротором рДМ180М2

Наименование параметра	Значение
Номинальная мощность электродвигателя , кВт	22
Напряжение питания электродвигателя, В	3х380
Частота напряжения питания, Гц	50
Синхронная частота вращения двигателя, об/мин	3000
Номинальное скольжение %	1,4
Номинальный ток статора, А	50
Коэффициент мощности	0,74
КПД элекрдвигателя,%	90
Кратность пускового тока,	8
Кратность пускового момента	2,1
Кратность максимального момента	1,7

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ-13.03.02.2019.140.01ПЗ

Лист

30

4.3 Расчет характеристик двигателя

Для определения естественной и характеристики двигателя произведем расчеты и по данным расчетов построим характеристики

Находим синхронную угловую частоту вращения двигателя

$$\omega_0 = \frac{\pi \cdot n_0}{30}, \quad (4.2)$$

где n_0 – синхронная частота вращения.

Подставляем числовые значения в формулу.

$$\omega_0 = \frac{3.14 \cdot 3000}{30} = 314 \frac{\text{рад}}{\text{с}}.$$

Находим номинальную частоту вращения двигателя

$$n_{\text{дв.ном}} = (1 - \delta_H) \cdot n_0; \quad (4.3)$$

$$\omega_{\text{дв.ном}} = (1 - \delta_H) \cdot \omega_0, \quad (4.4)$$

где δ_H – номинальное скольжение двигателя.

Подставляем числовые значения в формулу.

$$n_{\text{дв.ном}} = (1 - 0.014) \cdot 3000 = 2958 \frac{\text{об}}{\text{мин}};$$

$$\omega_{\text{дв.ном}} = (1 - 0.014) \cdot 314 = 309,604 \frac{\text{рад}}{\text{с}}.$$

Находим номинальный момент двигателя

$$M_{\text{дв.ном}} = \frac{P_{\text{дв.ном}} \cdot 10^3}{\omega_{\text{дв.ном}}}, \quad (4.5)$$

где $P_{\text{дв.ном}}$ – номинальная мощность двигателя.

Подставляем числовые значения в формулу

$$M_{\text{дв.ном}} = \frac{22 \cdot 10^3}{309,604} = 71,06 \text{ Нм.}$$

Находим ток холостого хода асинхронного двигателя

$$I_0 = \sqrt{\frac{I_{11}^2 - (p \cdot I_{1H} \cdot (1 - \delta_H) / (1 - p \cdot \delta_H))^2}{1 - (p \cdot (1 - \delta_H) / (1 - p \cdot \delta_H))^2}}, \quad (4.6)$$

где I_{1H} – номинальный ток статора двигателя;

I_{11} – ток статора двигателя при частичной нагрузке.

Находим номинальный ток статор двигателя

$$I_{1H} = \frac{P_H}{3 \cdot U_{\phi} \cdot \cos \varphi_H \cdot \eta_H}. \quad (4.7)$$

Подставляем числовые значения в формулу

$$I_{1H} = \frac{22000}{3 \cdot 220 \cdot 0,74 \cdot 0,855} = 52,68 \text{ А,}$$

где $\cos \varphi_H$ – коэффициент мощности;

$\eta_p = \eta_H = 0,855$ – КПД при частичной нагрузке.

Находим ток статора двигателя при частичной нагрузке.

$$I_{11} = \frac{p \cdot P_H}{3 \cdot U_{\phi} \cdot \cos \varphi_p \cdot \eta_p}. \quad (4.8)$$

где $\cos \varphi_p = 0,98 \cdot \cos \varphi_H = 0,98 \cdot 0,74 = 0,725$ – коэффициент мощности при частичной нагрузке;

$p = \frac{P}{P_H} = 0,75$ – коэффициент загрузки двигателя.

Подставляем числовые значения в формулу

$$I_{11} = \frac{0,75 \cdot 22000}{3 \cdot 220 \cdot 0,725 \cdot 0,855} = 40,33 \text{ А.}$$

Подставляем числовые значения в формулу (4.6)

$$I_0 = \sqrt{\frac{40,33^2 - (0,75 \cdot 52,68 \cdot (1 - 0,014) / (1 - 0,75 \cdot 0,014))^2}{1 - (0,75 \cdot (1 - 0,014) / (1 - 0,75 \cdot 0,014))^2}} = 19,81 \text{ А.}$$

Из формулы Клосса определим соотношение для расчета критического скольжения. В первом приближении принимаем $\beta=1$ (коэффициент, характеризующий соотношение активных сопротивлений статора и ротора):

$$\delta_K = \delta_H \cdot \frac{k_{max} + \sqrt{k_{max}^2 - (1 - 2 \cdot \delta_y \cdot \beta \cdot (k_{max} - 1))}}{1 - 2 \cdot \delta_H \cdot \beta \cdot (k_{max} - 1)}, \quad (4.9)$$

где k_{max} – кратность максимального момента ($k_{max} = 1,7$).

Подставляем числовые значения в формулу

$$\delta_K = 0,014 \cdot \frac{1,7 + \sqrt{1,7^2 - (1 - 2 \cdot 0,014 \cdot 1 \cdot (1,7 - 1))}}{1 - 2 \cdot 0,014 \cdot 1 \cdot (1,7 - 1)} = 0,345 \text{ о. е.}$$

Далее определяем ряд промежуточных коэффициентов

$$C_1 = 1 + \frac{I_0}{2 \cdot k_1 \cdot I_{1H}}; \quad (4.10)$$

$$A_1 = \frac{m \cdot 4U_{\Phi}^2 \cdot (1 - \delta_H)}{2 \cdot C_1 \cdot k_{max} \cdot P_H}, \quad (4.11)$$

где k_1 – кратность пускового тока; ($k_1 = 8$);

k_{max} – кратность максимального момента ($k_{max} = 1,7$).

Подставляем числовые значения в формулу

$$C_1 = 1 + \frac{19,81}{2 \cdot 8 \cdot 52,68} = 1,02;$$

$$A_1 = \frac{3 \cdot 220^2 \cdot (1 - 0.014)}{2 \cdot 1.02 \cdot 1.7 \cdot 22000} = 1.876.$$

Определяем активное сопротивление ротора, приведённое к обмотки статора.

$$R_2 = \frac{A_1}{\left(\beta + \frac{1}{\delta_K}\right) \cdot C_1}. \quad (4.12)$$

Подставляем числовые значения в формулу

$$R_2 = \frac{1.876}{\left(1 + \frac{1}{0.345}\right) \cdot 1.02} = 0.471 \text{ Ом.}$$

Активное сопротивление статорной обмотки

$$R_1 = C_1 \cdot R_2 \cdot \beta. \quad (4.13)$$

Подставляем числовые значения в формулу

$$R_1 = 1.02 \cdot 0.471 \cdot 1 = 0.48 \text{ Ом.}$$

Определим параметр γ , который позволяет найти индуктивное сопротивление короткого замыкания

$$\gamma = \sqrt{\frac{1}{\delta_K^2} - \beta^2}. \quad (4.14)$$

Подставляем числовые значения в формулу

$$\gamma = \sqrt{\frac{1}{0.345^2} - 1^2} = 2.72.$$

Тогда сопротивление короткого замыкания найдем по формуле

$$X_{KH} = \gamma \cdot C_1 \cdot R_2.$$

Подставляем числовые значения в формулу

$$X_{KH} = 2.72 \cdot 1.02 \cdot 0.471 = 1.307 \text{ Ом.}$$

Для того, чтобы выделить из индуктивного сопротивления короткого замыкания сопротивления рассеивания фаз статора и ротора, воспользуемся соотношениями, которые справедливы для серийных асинхронных двигателей.

Индуктивное сопротивление рассеивания роторной обмотки, приведенное к статорной

$$X_2 = \frac{0,58 \cdot X_{KH}}{c_1} \quad (4.15)$$

Подставляем числовые значения в формулу

$$X_2 = \frac{0,58 \cdot 1.307}{1.02} = 0.743 \text{ Ом.}$$

Индуктивное сопротивление рассеяния статорной обмотки

$$X_1 = 0,42 \cdot X_{KH} \quad (4.16)$$

Подставляем числовые значения в формулу

$$X_1 = 0,42 \cdot 1.307 = 0.548 \text{ Ом.}$$

ЭДС ветви намагничивания, наведенная потоком воздушного зазора в обмотке статора в номинальном режиме;

$$E_m = \sqrt{(U_\phi \cdot \cos \varphi_H - R_1 \cdot I_{1H})^2 + (U_\phi \cdot \sqrt{1 - \cos^2 \varphi_H} - X_1 \cdot I_{1H})^2} \quad (4.17)$$

Подставляем числовые значения в формулу

$$E_m = \sqrt{(220 \cdot 0.725 - 0.48 \cdot 52.68)^2 + (220 \cdot \sqrt{1 - 0.725^2} - 0.548 \cdot 52.68)^2} = 134.67 \text{ В.}$$

Тогда индуктивное сопротивление намагничивания определится как;

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2019.140.01ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		35

$$X_{\mu} = \frac{E_m}{I_0}. \quad (4.18)$$

Подставляем числовые значения в формулу

$$X_{\mu} = \frac{134.67}{19.81} = 6.79 \text{ Ом.}$$

По найденным значениям C_1 , R_2 и $X_{\text{КН}}$ определим критическое скольжение

$$\delta_{\text{к1}} = \frac{C_1 \cdot R_2}{\sqrt{R_1^2 + X_{\text{КН}}^2}}. \quad (4.19)$$

Подставляем числовые значения в формулу

$$\delta_{\text{к1}} = \frac{1.02 \cdot 0.471}{\sqrt{0.471^2 + 1.307^2}} = 0.345.$$

Индуктивность рассеяния статорной обмотки

$$L_1 = \frac{X_1}{2 \cdot \pi \cdot f_{1\text{н}}}. \quad (4.20)$$

Подставляем числовые значения в формулу

$$L_1 = \frac{0.548}{2 \cdot 3.14 \cdot 50} = 1.74 \cdot 10^{-3} \text{ Гн.}$$

Индуктивность рассеяния роторной обмотки, приведенной к статорной

$$L_2 = \frac{X_2}{2 \cdot \pi \cdot f_{1\text{н}}}. \quad (4.21)$$

Подставляем числовые значения в формулу

$$L_2 = \frac{0.743}{2 \cdot 3.14 \cdot 50} = 2,36 \cdot 10^{-3} \text{ Гн.}$$

Индуктивность ветви намагничивания

$$L_{\mu} = \frac{X_{\mu}}{2 \cdot \pi \cdot f_{1\text{н}}}. \quad (4.22)$$

Подставляем числовые значения в формулу.

$$L_{\mu} = \frac{6,79}{2 \cdot 3,14 \cdot 50} = 0,021 \text{ Гн.}$$

4.4 Постройка характеристик

Для построения естественной механической характеристики двигателя определим критический момент машины в двигательном режиме.

$$M_{\text{к}} = \frac{m \cdot U_{\text{ф}}^2}{2 \cdot \omega_0 \cdot C_1 \cdot \left[R_1 + \sqrt{R_1^2 + X_{\text{кн}}^2} \right]}. \quad (4.23)$$

Подставляем числовые значения в формулу

$$M_{\text{к}} = \frac{3 \cdot 220^2}{2 \cdot 314 \cdot 1,02 \cdot \left[0,48 + \sqrt{0,48^2 + 1,307^2} \right]} = 406,52 \text{ Нм.}$$

Задавая диапазоном скольжения от 1 до 0, строим механическую характеристику асинхронного двигателя по формуле Клосса

$$M(\delta) = \frac{2 \cdot M_{\text{к}} \cdot (1 + a \cdot \delta_{\text{к}})}{\frac{\delta_{\text{к}}}{\delta} + \frac{\delta}{\delta_{\text{к}}} + 2 \cdot a \cdot \delta_{\text{к}}}, \quad (4.24)$$

где $a = \frac{R_1}{R_2} = \frac{0,48}{0,471} = 1,02.$

Подставляем числовые значения в формулу

При скольжении равным 1

$$M_{(\delta)} = \frac{2 \cdot 406.52 \cdot (1 + 1.02 \cdot 0.345)}{\frac{0.345}{1} + \frac{1}{0.345} + 2 \cdot 1.02 \cdot 0.345} = 279.6 \text{ Нм.}$$

При скольжении равным 0,01

$$M_{(\delta)} = \frac{2 \cdot 406.52 \cdot (1 + 1.02 \cdot 0.345)}{\frac{0.345}{0,01} + \frac{0,01}{0.345} + 2 \cdot 1.02 \cdot 0.345} = 31,2 \text{ Нм.}$$

Значения по оси скорости рассчитываются по выражению

$$\omega(\delta) = \omega_0 \cdot (1 - \delta). \quad (4.25)$$

Подставляем числовые значения в формулу

При скольжении равным 1

$$\omega(\delta) = 314 \cdot (1 - 1) = 0 \frac{\text{рад}}{\text{с}}.$$

При скольжении равным 0,01

$$\omega(\delta) = 314 \cdot (1 - 0,01) = 311 \frac{\text{рад}}{\text{с}}.$$

Проведя расчеты можем построить естественную характеристику асинхронного двигателя.

Естественная механическая характеристика асинхронного двигателя представлена на рисунке 4.1.

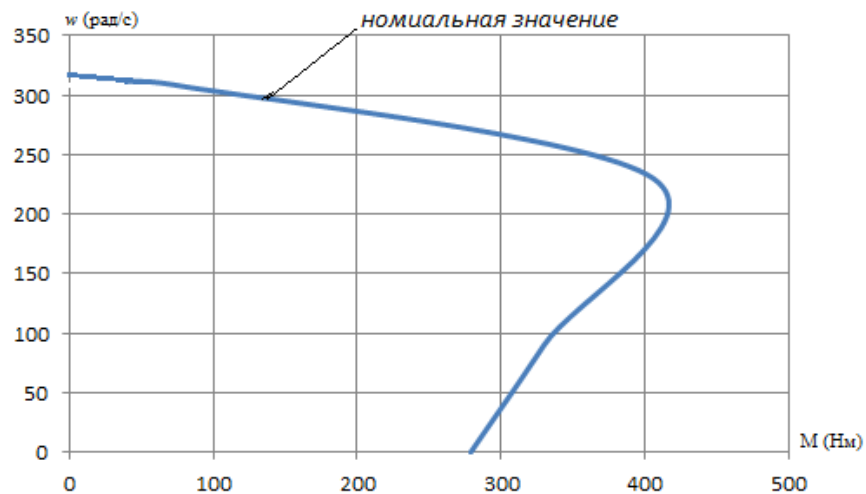


Рисунок 4.1 – Естественная механическая характеристика двигателя

Электромагнитная характеристика асинхронного двигателя представляет собой зависимость тока статора от скорости. Полагая ток намагничивания 0 реактивным ток статора через приведенный ток ротора можно найти по формуле

$$I_1(\omega) = \sqrt{I_0^2 + (I_2(\omega))^2 + 2 \cdot I_0 \cdot I_2(\omega) \cdot \sin\varphi_2(\omega)}. \quad (4.26)$$

Для того чтобы произвести вычисления воспользуемся дополнительными формулами

$$I_2(\omega) = \frac{U_\phi}{\sqrt{\left(R_1 + \frac{R_2}{\frac{\omega_0 - \omega}{\omega_0}}\right)^2 + X_{КН}^2}}; \quad (4.27)$$

$$\sin\varphi_2(\omega) = \frac{X_{КН}}{\sqrt{\left(R_1 + \frac{R_2}{\frac{\omega_0 - \omega}{\omega_0}}\right)^2 + X_{КН}^2}}. \quad (4.28)$$

Подставляем числовые значения в формулу

При диапазоне скорости равным 7

$$I_2(\omega) = \frac{220}{\sqrt{\left(0,48 + \frac{0,471}{\frac{314-7}{314}}\right)^2 + 1,307^2}} = 135,57\text{A};$$

$$\sin_{\varphi_2}(\omega) = \frac{1,307}{\sqrt{\left(0,48 + \frac{0,471}{\frac{314-7}{314}}\right)^2 + 1,307^2}} = 0,80.$$

Подставляем полученные значения в формулу

$$I_1(\omega) = \sqrt{19,81^2 + (135,57)^2 + 2 \cdot 19,81 \cdot 135,57 \cdot 0,80} = 151,88\text{A}.$$

При диапазоне скорости равным 170

$$I_2(\omega) = \frac{220}{\sqrt{\left(0,48 + \frac{0,471}{\frac{314-170}{314}}\right)^2 + 1,307^2}} = 110,28\text{A};$$

$$\sin_{\varphi_2}(\omega) = \frac{1,307}{\sqrt{\left(0,48 + \frac{0,471}{\frac{314-170}{314}}\right)^2 + 1,307^2}} = 0,65.$$

Подставляем полученные значения в формулу

$$I_1(\omega) = \sqrt{19,81^2 + (110,28)^2 + 2 \cdot 19,81 \cdot 110,28 \cdot 0,65} = 124,07\text{A}.$$

При диапазоне скорости равным 270

$$I_2(\omega) = \frac{220}{\sqrt{\left(0,48 + \frac{0,471}{\frac{314-270}{314}}\right)^2 + 1,307^2}} = 54,22\text{A};$$

$$\sin_{\varphi_2}(\omega) = \frac{1,307}{\sqrt{\left(0,48 + \frac{0,471}{\frac{314 - 270}{314}}\right)^2 + 1,307^2}} = 0.322.$$

Подставляем полученные значения в формулу

$$I_1(\omega) = \sqrt{19.81^2 + (54.22)^2 + 2 \cdot 19.81 \cdot 54.22 \cdot 0.322} = 63,43 \text{ А}$$

На основе полученных данных в ходе вычислений построим естественную электромеханическую характеристику двигателя рисунок 4.2

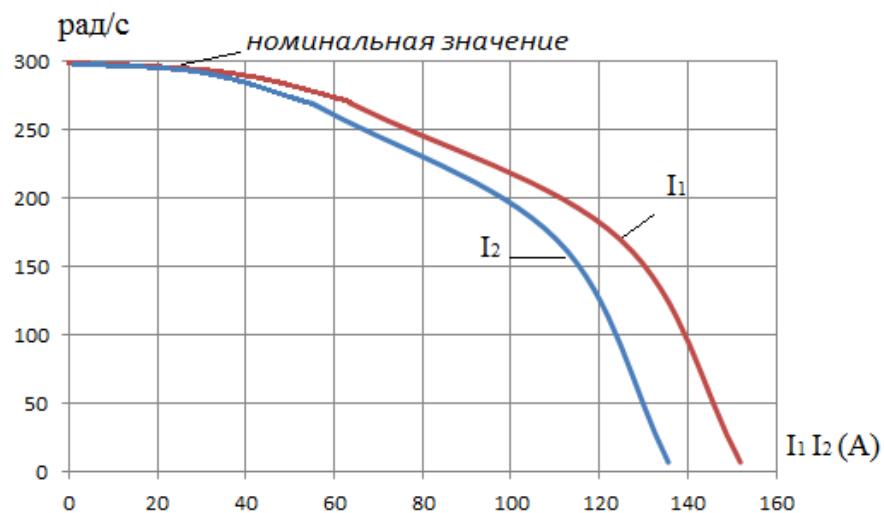


Рисунок 4.2 – Естественные электромеханические характеристики двигателя

Проведенные расчеты подтверждают, что выбранный двигатель обеспечивает наибольшую производительность системы охлаждения. При этом производительность режим работы электродвигателя близок к номинальному по скорости вращения и статорным токам.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

5 СХЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ И АЛГОРИТМ РАБОТЫ МОДУЛЯ ОХЛОЖДЕНИЯ ТЯГОВЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

5.1 Микропроцессорная система управления и диагностики

Микропроцессорная система управления и диагностики (МПСУиД) предназначена для управления тяговыми двигателями, вспомогательными машинами и другими аппаратами электровоза с числом секций не более четырех.

МПСУиД на основании информации, получаемой с пульта управления, а также от аппаратов и датчиков, осуществляет управление силовыми преобразователями и аппаратами электровоза и обеспечивает:

- безопасные режимы работы оборудования;
- взаимодействие отдельных секций электровоза;
- взаимодействие с системами безопасности и цифровой технологической радиосвязи

Аппаратура МПСУиД устанавливается в каждой секции электровоза, при этом осуществляется взаимодействие между секциями электровоза по межсекционной линии связи.

5.1.1 Технические характеристики МПСУиД

МПСУиД обеспечивает работу электровоза в трех режимах управления:

- Ручном;
- Полуавтоматическом;

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2019.140.01ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		42

- Автоматическом;

При работе в ручном режиме МПСУиД обеспечивает защиту оборудования от опасных режимов и управление системами электровоза по командам с пульта управления и сигналам, получаемым от датчиков и аппаратов

В полуавтоматическом режиме МПСУиД обеспечивает:

- Разгон с заданным тяговым усилием и возможность последующего автоматического поддержания скорости в диапазонах, определяемых

Тяговыми характеристиками электровоза;

- Электрическое торможение с заданным тормозным усилием и возможность последующего автоматического поддержания скорости в диапазонах, определяемых тормозными характеристиками электровоза;

В автоматическом режиме МПСУиД обеспечивает:

- поддержание давления сжатого воздуха в питательной магистрали;
- регулирование частоты вращения вентиляторов охлаждения тяговых двигателей и пуско-тормозных резисторов;
- автоматизированное, рациональное управление тяговыми двигателями, для ведения поезда по сигналам автоматической локомотивной сигнализации с учетом профиля пути.
- защиту от скольжения (боксования и юза) колесных пар;
- диагностику оборудования и аппаратов;

5.1.2. Состав МПСУиД

Аппаратура МПСУиД представляет собой блочную конструкцию с открытой архитектурой, что позволяет, при необходимости изменять как

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2019.140.01ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		43

количество блоков и их подключение, так и заменять в блоке центрального вычисления управляющую программу (алгоритм МПСУиД). Состав МПСУиД определяется для конкретного электровоза, и может изменяться при внесении изменений в конструкцию электровоза.

В состав МПСУиД одной секции электровоза входят:

- Девять блоков управления контакторами (БУК), каждый из которых предназначен для включения — выключения контакторов или реле, в соответствии с получаемыми командами;
- Три блока входных сигналов (БВС), каждый из которых предназначен для ввода в систему мпсуид 16 дискретных сигналов от целей управления локомотивом;
- Блок связи с пультом (БСП), который предназначен для ввода в систему мпусид до 40 дискретных сигналов получаемых от органов управления электровоза других внешних устройств;
- Два блока связи со средствами измерения (БС-СИ) и с ПСН (БС-ПС входит в состав ПСН), которые предназначены для ввода в систему мпсуид аналоговых сигналов (тока и папряжения) от датчиков, подключенных кразличным электрическим цепям электровоза. Блок БС-ПС осуществляет сбор аналоговой и диагностической информации от блоков связи выпрямителей и преобразователей частоты ПСН, от контроллера зарядного устройства и преобразователя;
- Блок связи с датчиками давления (БС-ДД), который предназначен дляпреобразования напряжений с датчиков давления в последовательный код, и передачи его в систему МПСУиД по двум парам линии связи RS485;
- блок связи с датчиками пути и скорости (БС-ДИС-БЗС), который предназначен для выявления скольжения колесных пар;
- Блок центрального вычислителя (БЦВ), который на основании информации, полученной от БСП, БВС, БС-СИ и БС-ДИС-БЗС,

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2019.140.01ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		44

вырабатывает команды управления для БУК и регуляторов, кроме того обеспечивает связь отдельных секций многосекционных локомотивов;

- Два мониторных блока с клавиатурой, расположенные на пульте управления и предназначенные для вывода полной информации о состоянии цепей управления и силовой схемы электровоза;
- Преобразователи давления измерительных дд-и-1,00 (или датчиков избыточного давления ДДИ-1);
- Преобразователей напряжения в код ПНКВ-1;

5.1.3 Структура управления МПСУиД

Все устройства входящие в систему МПСУиД разделяются на три уровня на которых происходит управления.

Первый уровень МПСУиД включает в себя подсистему аналоговых измерений (СИ), а также подсистему защиты от скольжения колесных пар и подсистему регулирования и управления ПСН, часть устройств которых не входит в систему МПСУиД, являясь компонентами преобразователя собственных нужд.

Подсистема аналоговых измерений обеспечивает прием и обработку аналоговых сигналов о напряжениях и токах в различных участках силовой цепи электровоза и от датчиков (преобразователей) давления пневматической системы, а также передачу обработанных сигналов в линии связи с МСУЛ-А.

Подсистема аналоговых измерений включает в себя блоки связи со средствами измерения (БС-СИ), преобразователи напряжения в код (ПНКВ) с делителями напряжения (ДНА), блок связи с датчиками давления (БС-ДД) с

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2019.140.01ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		45

преобразователями давления ДД-И-1.00 (или датчиками избыточного давления ДДИ) и измеритель сопротивления изоляции (МГМ) ПСН.

Подсистема регулирования и управления ПСН обеспечивает прием управляющей информации от МПСУиД (уставки, команды включения - выключения), а также формирование диагностической информации и передачу ее в МПСУиД.

Второй уровень МПСУиД включает в себя микропроцессорную систему управления локомотивом (МСУЛ-А)

МСУЛ-А обеспечивает взаимосвязь пульта управления с различным оборудованием всех секций электровоза, а также третьим и первым уровнями системы МПСУиД.

Система МСУЛ-А включает в себя:

- Блок связи с пультом управления электровозом (БСП);
- Блоки управления контакторами (БУК);
- Блоки входных сигналов (БВС);
- Блок центрального вычислителя (БЦВ);
- Мониторы с клавиатурой;
- Пульт управления при маневровой работе (ПУ-МСУЛ);
- Источник питания (ИП-ЛЭ-110/400%2);

Микропроцессорная система управления локомотивом (МСУЛ-А) обеспечивает:

- разгон электровоза до заданной скорости;
- плавное изменение силы тяги;
- электрическое торможение до заданной скорости;
- регулирование частоты вращения вентиляторов охлаждения тяговых двигателей, в зависимости от токовой нагрузки тяговых электродвигателей;

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2019.140.01ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		46

- ограничение величины тока и его скорости нарастания в якорях тяговых двигателей;
- регулирование и ограничение тока возбуждения тяговых двигателей;
- контроль протекающих процессов при управлении электровозом с отображением результатов на мониторе пульта машиниста.

МСУЛ-А осуществляет прием информации от подсистем третьего и первого уровней МПСУиД, органов управления, цепей управления электровоза и выбирает управляющее воздействие на аппараты электровоза и подсистемы авто регулирования регулирования;

Третий «верхний» уровень МПСУиД включает в себя подсистему автоведения, подсистему диагностики и подсистему цифровой технологической радиосвязи

Структурная схема организация обмена информацией между уровнями МПСУиД показана на рисунке 5.1

5.1.4. Работа микропроцессорной система управления локомотивом

После включения питания, микропроцессорная система управления локомотивом (МСУЛ-А) проводит самодиагностику, по количеству входных сигналов анализирует состояние аппаратов электровоза с выдачей информации на экран пульта машиниста пульт машиниста попутно записывая параметры функционирования в энергозависимую память

В процессе работы электровоза, МСУЛ-А осуществляет периодическую диагностику систем и оборудования, ведется управление системами автоматического управления вспомогательными электромашинными и контроль за действиями машиниста. В случае обнаружения не исправностей своевременно их отключает сообщая об этом на экране пульта машиниста также информация сообщает через речевой информатор.

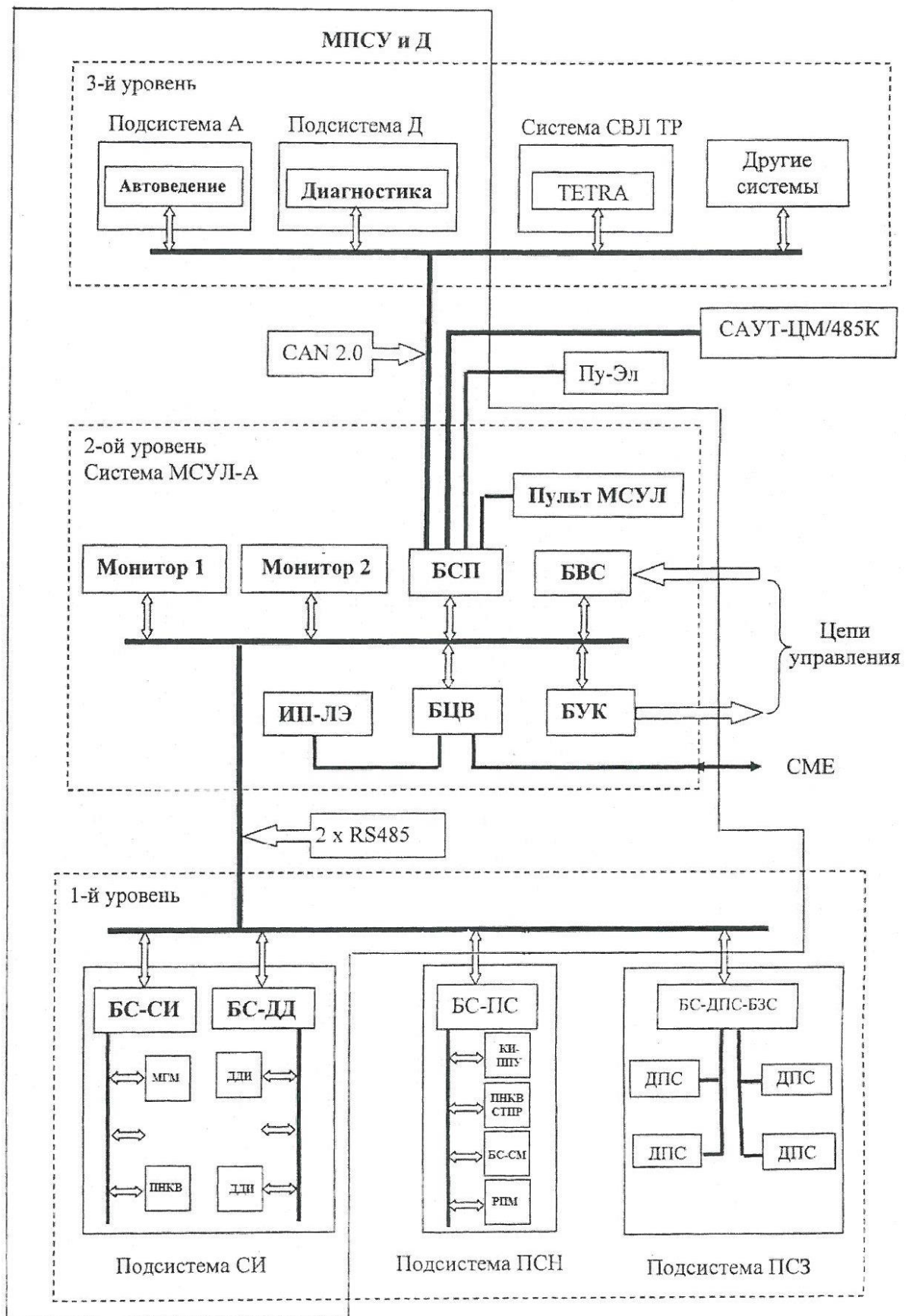


Рисунок 5.1 – Организация обмена информацией

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

5.2 Алгоритм включения цепей вентиляторов охлаждения тяговых электродвигателей

Трехфазный асинхронный электродвигатель привода вентилятора охлаждения тяговых двигателей включаются под управлением МПСУиД. При включении на пульте управления машиниста кнопки «Вентиляторы» система МПСУиД проверяет:

- Включение быстродействующего выключателя;
- Отсутствие команды «Возврат защиты»,
- Наличие сигнала «Контроль ПСН».

При наличии этих условий выдается команда в ПСН на включение электродвигателей вентиляторов охлаждения тяговых электродвигателей. Скорость вращения асинхронного двигателя привода вентиляторов изменяется в зависимости от тока в цепи тяговых электродвигателей.

Это происходит за счет регулирования частоты питающего напряжения в шкафу преобразователя частоты в ПСН

Для правильного регулирования частоты вращения система МПСУиД получает данные через подсистему средств аналогового измерения, Обрабатывает ее в вычислительном центре и через подсистему управления ПСН регулирует частоту питающего напряжения электродвигателя привода вентилятора.

При токе в цепях тяговых двигателей не более 200А, а также показания, соответствующие отключенным тяговым электродвигателям, задается скорость вращения мотор-вентилятора, равная 12 Гц (25 %).

Частота вращения двигателя модуля охлаждения тяговых электродвигателей изменяется в только следующих в случаях:

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2019.140.01ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		49

- При возрастании тока тяговых электродвигателей от 200 до 380А. В этом случае частота увеличивается от 12 до 20 Гц (25 – 40 %);
- При повышении тока тяговых электродвигателей с 380 до 480А. В этом случае частота увеличивается от 20 до 50 Гц (40 – 100 %);
- При понижении тока тяговых двигателей до 380А происходит уменьшение частоты с 50 до 20 Гц (100 – 40 %);
- При дальнейшем понижении тока тяговых двигателей от 380 до 200А происходит уменьшение частоты 20 до 12Гц (40 – 25%).

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2019.140.01ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		50

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения работы была описана система охлаждения тягового электродвигателя. Сформулированы основные требования к системе охлаждения, также были рассмотрены недостатки системы.

На основе требований к системе охлаждения был выбран новый электродвигатели на привод вентилятора модуля охлаждения тяговых двигателей электровозы 2ЭС6 «Синара».

Также в ходе выполнения была рассмотрена система электропитания и управления модулем системы охлаждения. Рассмотрен алгоритм автоматической работы системы охлаждения.

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2019.140.01ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		51

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Борисов, А.М. Автоматизация технологических процессов (технические средства, проектирование, лабораторный практикум): Учебное пособие./ Н.Е. Лях. – Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2001. – Ч.1. – 404 с.
- 2 Драчев, Г.И. Теория электропривода: учебное пособие к курсовому и дипломному проектированию. – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2012. – 168 с.
- 3 Борисов, А.М. Программируемые устройства автоматизации: учебное пособие / А.М. Борисов, А.С. Нестеров, Н.А. Логинова – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2010. – 186 с.
- 4 Руководство по эксплуатации грузового электровоза постоянного тока с коллекторным тяговым двигателем (Технические характеристики и электрические схемы. 2ЭС6) Ч1 –177 с.
- 5 Руководство по эксплуатации грузового электровоза постоянного тока с коллекторным тяговым двигателем (Описание и работы. Системы управления и измерения. 2ЭС6) Ч3 –81 с
- 6 Руководство по эксплуатации грузового электровоза постоянного тока с коллекторным тяговым двигателем (Описание и работы. Электрическое оборудование и аппараты. 2ЭС6) Ч5 –116 с
- 7 Руководство по эксплуатации грузового электровоза постоянного тока с коллекторным тяговым двигателем (Механическое оборудование и системы вентиляции. 2ЭС6) Ч6 –102 с
- 8 Электровоз 2ЭС6 «Синара»; учебное пособие / В.В. Берксон, Н.Б. Никифоров, А.А. Струннов. – Верхняя Пышма издательство ООО «Интекст» 2015 – 328с
- 9 Все про локомотивы – <http://prolokomotiv.ru/elektrovoz-2es6-sinara.html>
- 10 Тепловозы и подвижной состав – <https://www.dieselloc.ru.html>

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2019.140.01ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		52

11 Хелпикс.Орг - Интернет помощник – <https://helpiks.org/4-46040.html>

12 Википедия 2 – https://wiki2.org/ru/2ЭС6#Электрическая_часть

13 Студопедия – https://studopedia.ru/13_78260_poryadok-rascheta-elektroprivoda-ventilyatora.html

14 Все о климатических установках – <https://1poclimaty.ru/raschet/osevogo-ventilyatora.html>

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2019.140.01ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		53

ПРИЛОЖЕНЕ А

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2019.140.01ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		54

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»**
Институт «Политехнический», факультет «Энергетический»
Кафедра «Автоматизированный электропривод»

Модернизация системы охлаждения тягового

электродвигателя электровоза

АЛЬБОМ ИЛЛЮСТРАЦИЙ
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ-13.03.02.2019.140.04АИ ВКР

Количество листов _____

Руководитель проекта:
Профессор, д.т.н.

_____/ В.Л. Кодкин /

“ _____ ” _____ 2019 г.

Автор проекта
студент группы _____ ПЗ-576 _____

_____/ М.А. Салов /

“ _____ ” _____ 2019 г.

Нормоконтролер
Доцент, к.т.н.

_____/ А.Е. Бычков /

“ _____ ” _____ 2019 г.

Челябинск
2019 г.

ЮУрГУ-13.03.02.2017.____. __ AI

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат			
Разраб.					Лит.	Лист	Листов
Провер.						4	
Реценз					ЮУрГУ Кафедра «АЭП»		
Н. Контр.	Функ Т.А.						
Утверд.	Шишков А.Н.						