Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Кафедра «Электротехнические комплексы и системы»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
___В. И. Пантелеев
«____»_____2018 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

13.03.02– Электроэнергетика и электротехника

Частотно регулируемый асинхронный электропривод на основе преобразователя SIEMENS Micromaster 440

Руководитель _____ к.т.н., доцент В.Б. Молодецкий
подпись, дата; должность, ученая степень; инициалы, фамилия

Выпускник _____ Д.О. Конюшок
подпись, дата; инициалы, фамилия

Нормоконтролер _____ А.Н.Пахомов
подпись, дата; инициалы, фамилия

Красноярск 2018

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Кафедра «Электротехнические комплексы и системы»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____В. И. Пантелеев
«____»_____2018 г.

ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме бакалаврской работы.

Студенту Конюшку Даниилу Олеговичу

Группа ФЭ14-06Б Направление (специальность) 13.03.02.10

Электроэнергетика и электротехника (Электропривод и автоматика)

Тема выпускной квалификационной работы Частотно регулируемый асинхронный электропривод на основе преобразователя SIEMENS Micromaster 440

Утверждена приказом по университету № 2890/с от 28.02.2018

Руководитель ВКР Молодецкий В.Б, к.т.н. доцент кафедры "ЭТКиС"

Исходные данные для ВКР: Преобразователь частоты Micromaster 440, асинхронный двигатель 5А80МА4, энкодер инкриментальный, электромагнитный тормоз, тахогенератор ТМГ-30П, фазовый регулятор, программное обеспечение Siemens « STARTER».

Перечень разделов ВКР: Способы регулирования частоты вращения АД, Восстановление механической конструкции и потерянных деталей а также сборка всех аппаратных частей, Наладка оборудования, ввод в эксплуатацию стенда, Разработка методических указаний для выполнения лабораторных работ.

Перечень графического материала: Принципиальная электрическая схема установки, схема управления.

Руководитель ВКР _____ В.Б. Молодецкий
подпись инициалы, фамилия

Задание принял к исполнению _____ Д.О. Конюшок
подпись инициалы, фамилия

«____»_____2018 г.

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа «Частотно регулируемый асинхронный электропривод на основе преобразователя SIEMENS Micromaster 440» содержит 98 страниц текстового документа, 110 иллюстраций, 18 таблиц, 10 использованных источников, 3 листа графического материала.

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ЧАСТОТЫ, АСИНХРОННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ 5А80МА4, ЭНКОДЕР ИНКРИМЕНТАЛЬНЫЙ, ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ ТОРМОЗ, ТАХОГЕНЕРАТОР ТМГ-30П, ФАЗОВЫЙ РЕГУЛЯТОР.

Объект разработки – стенд на основе преобразователя частоты для проведения лабораторных работ студентами технических заведений, также написание методических указаний для выполнения лабораторных работ.

Цели лабораторных работ:

- Обучение скалярному управлению частотно-регулируемым электроприводом с помощью базовой оперативной панели;
- Исследование скоростных и механических характеристик АД;
- Параметрирование и управление частотно-регулируемым электроприводом с использованием универсального последовательного интерфейса;
- Изучение оборудования и его настройка.

В результате разработки лабораторного стенда были написаны методические материалы для изучения дисциплины «электропривод».

Данный стенд позволяет проверить теоретические знания в области электромеханики и изучить основы программирования преобразователей частоты «Siemens».

КАЛЕНДАРНЫЙ ГРАФИК

выполнения этапов ВКР

Наименование и содержание этапа	Срок выполнения
1 Получение задания на дипломное проектирование	28.04.2018
2 Сбор материала для дипломного проектирования	29.04.2018-5.05.2018
3 Изучение технической документации	06.05.2018-13.05.2018
4 Разработка схем управления и принципиальных электрических схем	14.05.2018-22.05.2018
5 Изучение программного обеспечения	23.05.2018-28.05.2018
6 Оформление пояснительной записки	29.05.2018-6.06.2018
7 Оформление графической части проекта	7.06.2018-12.06.2018
8 Срок сдачи студентом законченного проекта	19.06.2018

Руководитель выпускной
квалификационной работы _____ В.Б. Молодецкий
подпись, дата

Студент _____ Д.О. Конюшок
подпись, дата

СОДЕРЖАНИЕ

Введение……..... 8
1 Частотно-регулируемый электропривод 9
1.1 Способы регулирования частоты вращения АД..... 11
1.2 Использование регулируемого электропривода в технологических процессах..... 14
2 Преобразователь частоты MICROMASTER 440…… ... ……...16
2.1 Свойства Преобразователя частоты…… ……16
2.2 Особенности защиты…… ……17
2.3 Функциональные особенности…… ……17
2.4 Функциональная схема стенда и назначение терминальных клемм. … …..19
2.5 Описание терминалов управления ПЧ…… ……...20
2.5.1 Графический терминал……. ……..20
2.5.2 Обслуживание с панелью индикации статуса (SDP)…… ……..21
2.5.3 Обслуживание базовой (BOP) и расширенной панелью привода (AOP)…… ……..... ……...23
2.6 Подключение тормозного резистора…… ……...24
2.7 Основные теоретические положения…… ……..25
3 Асинхронный двигатель 5А80МА4…… ……..30
3.1 Устройство трехфазных асинхронных двигателей…… ……31
3.2. Принцип действия асинхронного двигателя…… ……34
4 Энкодер инкрементальный…… ……38
4.1 Принцип действия Энкодера…… ……..38
5 Модуль Энкодера…… ……41
5.1 Подключение модуля…… ……...41
6 Тахогенератор постоянного тока ТМГ–30П…… ……..42
6.1 Принцип действия тахогенератора..... 43
7 Электромагнитный тормоз…… ……46
7.1 Устройство и принцип действия электромагнитного тормоза…… ……46
7.2 Фазовый регулятор мощности на основе микросхемы К1182ПМ1…… ….48
7.3 Принцип действия фазового регулятора…… ……49
8 Восстановление механической конструкции и потерянных деталей, а также сборка всех аппаратных частей. …… ……51
8.1 Наладка оборудования и ввод в эксплуатацию стенда……..53
8.1.1 Программное обеспечение для эксплуатации преобразователя частоты Micromaster 440- Siemens «STARTER»…… ……. ... …… ….53
8.1.2 Принцип программирования частотного преобразователя…… ……..…54
8.1.3 Параметрирование привода…… ……56
8.1.4 Ошибки при настройке оборудования…….. ……57
9 Разработка методических указаний для выполнения лабораторных работ. …59
9.1 Методические указания к лабораторным работам на стенде «Частотно регулируемый асинхронный электропривод на основе преобразователя SIEMENS Micromaster 440»…… ……59

9.1.1 Лабораторная работа №1. Скалярное управление частотно-регулируемого электропривода с помощью базовой оперативной панели «BOP»…… ……..…….59
9.1.2 Лабораторная работа №2**.** Скалярное управление частотно – регулируемого асинхронного электропривода через COM-Link RS485 (с компьютера)… ……..…….....63
9.1.3 Лабораторная работа №3. Исследование скоростных и механических характеристик асинхронного двигателя, методом непосредственной нагрузки, при частотном регулировании, по закону U/f=const …….....…….79
9.1.4 Лабораторная работа №4 Параметрирование и управление частотно-регулируемым электроприводом с использованием универсального последовательного интерфейса (uss protocol) ……...……88
9.1.5 Техника безопасности при выполнении лабораторной работы…… ….94
Заключение…… ……96
Список сокращений…… …….……97
Список использованных источников…… ……..98

ВВЕДЕНИЕ

Развитие технологий и высокие требования к производительности и точности работы различных механизмов и технологических установок обуславливают все более масштабное внедрение регулируемого электропривода и повышение качества его различных характеристик.

Сфера применения электрического привода в промышленности, на транспорте и в быту постоянно расширяется. В настоящее время уже более 60 % всей вырабатываемой в мире электрической энергии потребляется электродвигателями. Следовательно, эффективность энергосберегающих технологий в значительной мере определяется эффективностью электропривода. Разработка высокопроизводительных, компактных и экономичных систем привода является приоритетным направлением развития современной техники.

Целью бакалаврской работы является восстановление и модернизация стенда на основе преобразователя частоты для проведения лабораторных работ студентов технических заведений; также разработка методических указаний для выполнения лабораторных работ, обучающихся на специальности «Электропривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов» для ознакомления с регулированием скорости электропривода, его настройки, и снятия внешних характеристик двигателя.

Лабораторный стенд был привезен с города Ачинска, где находился в Филиале СФУ. Стенд был в разобранном состоянии, многие детали потеряны. Работу можно разделить на три этапа:

1. Восстановление механической конструкции и потерянных деталей, а также сборка всех аппаратных частей.
2. Наладка оборудования, ввод в эксплуатацию стенда.
3. Разработка Методических указаний для выполнения лабораторных работ.

1 Частотно-регулируемый электропривод

Системы регулирования скорости двигателя постоянного тока (ДПТ) достаточно просты, но слабым местом такого электропривода является электродвигатель. Он дорог и ненадежен. При работе происходит искрение щеток, под воздействием электроэрозии изнашивается коллектор; такой электродвигатель имеет ограничения на использование в запыленной и взрывоопасной среде. Частотный преобразователь в комплекте с асинхронным электродвигателем позволяет заменить электропривод постоянного тока.

Асинхронные электродвигатели (АД) превосходят двигатели постоянного тока (ДПТ) по многим параметрам: они просты по устройству и надежны, так как не имеют подвижных контактов; имеют меньшие по сравнению с ДПТ размеры, массу и стоимость при той же мощности; АД просты в изготовлении и эксплуатации.

Основной недостаток асинхронных электродвигателей - сложность регулирования их скорости традиционными методами (изменением питающего напряжения, введением дополнительных сопротивлений в цепь обмоток).

Управление асинхронным электродвигателем в частотном режиме до недавнего времени было большой проблемой, хотя теория частотного регулирования была разработана еще в тридцатых годах. Развитие частотно-регулируемого электропривода сдерживалось высокой стоимостью преобразователей частоты. Появление силовых схем с ЮВТ-транзисторами, разработка высокопроизводительных микропроцессорных систем управления позволило различным фирмам Европы, США и Японии создать современные преобразователи частоты доступной стоимости.

Известно, что регулирование частоты вращения исполнительных механизмов можно осуществлять при помощи различных устройств: механических вариаторов, гидравлических муфт, дополнительно вводимыми в статор или ротор резисторами, электромеханическими преобразователями частоты, статическими преобразователями частоты.

Применение первых четырех устройств не обеспечивает высокого качества регулирования скорости, неэкономично, требует больших затрат при монтаже и эксплуатации.

Статические преобразователи частоты являются наиболее совершенными устройствами управления асинхронным приводом в настоящее время. Принцип частотного метода регулирования скорости асинхронного двигателя (АД) заключается в том, что, изменяя частоту f_x питающего напряжения, можно в соответствии с выражением (1.1) при неизменном числе пар полюсов p изменять угловую скорость магнитного поля статора.

$$M_{ном} = \frac{9{,}550 \cdot P}{n} \qquad (1.1)$$

Где ω_0 - угловая скорость магнитного поля статора;

π - 3,14;

f_1 - частота питающего напряжения, $с^{-1}$;

p - число пар полюсов.

Этот способ обеспечивает плавное регулирование скорости в широком диапазоне, а механические характеристики обладают высокой жесткостью.

Регулирование скорости при этом не сопровождается увеличением скольжения АД, поэтому потери мощности при регулировании невелики.

Для получения высоких энергетических показателей АД - коэффициентов мощности, полезного действия, перегрузочной способности - необходимо одновременно с частотой изменять и подводимое напряжение.

Закон изменения напряжения (рисунок 1) зависит от характера момента нагрузки Мс. При постоянном моменте нагрузки Мс=const напряжение на статоре должно регулироваться пропорционально частоте.

$$\frac{U_1}{f_1} = const, \tag{1.2}$$

Где U_1 - напряжение на статоре, В.

Для вентиляторного характера момента нагрузки это состояние имеет вид

$$\frac{U_1}{f_1^2} = const, \tag{1.3}$$

а при моменте нагрузки, обратно пропорциональном скорости

$$\frac{U_1}{\sqrt{f}} = const, \tag{1.4}$$

Таким образом, для плавного бесступенчатого регулирования частоты вращения вала асинхронного электродвигателя, преобразователь частоты должен обеспечивать одновременное регулирование частоты и напряжения на статоре АД.

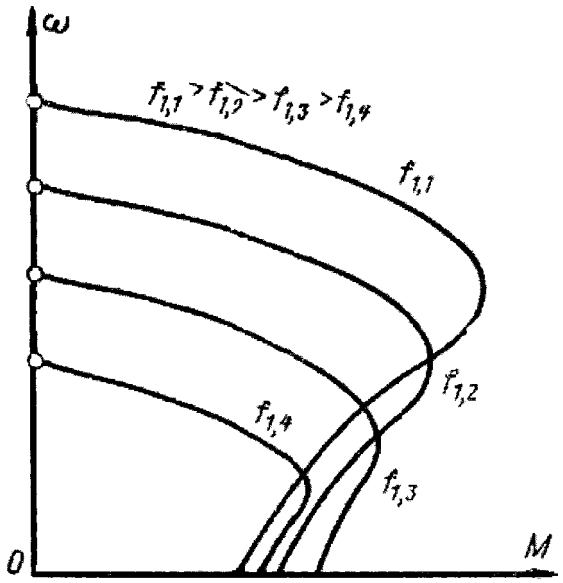


Рисунок 1.1 - Механические характеристики АД при частотном управлении по закону

При сравнительно больших частотах, максимальный момент двигателя при изменении частоты постоянен, если напряжение изменяется пропорционально частоте, т. е. U1/f1 = const. При дальнейшем снижении частоты максимум момента двигателя снижается. Это происходит как вследствие уменьшения потока двигателя из-за увеличивающейся доли падения напряжения на *R1* от общего приложенного напряжения, так и уменьшения абсолютного критического скольжения, что приводит даже при неизменном потоке к уменьшению момента вследствие уменьшения тока ротора.

Для поддержания достаточной перегрузочной способности во всем диапазоне регулирования необходимо при малых частотах уменьшать напряжение в меньшей степени, чем снижается частота.

1.1 Способы регулирования частоты вращения АД

Синхронная скорость (скорость поля) выражается формулой (1.5)

$$n_0 = \frac{60 \cdot f}{p}, \tag{1.5}$$

где n_0 **-** синхронная скорость (скорость поля), об/мин**.**

Скольжение - величина, характеризующая отставание скорости ротора от скорости вращения поля статора. Его можно охарактеризовать выражением (1.6)

$$s = \frac{n_0 - n}{n}, \tag{1.6}$$

где n **-** скорость вращения ротора, об/мин;

s – скольжение.

Совместив эти формулы, получаем, что скорость вращения ротора *n* равна

$$n = \frac{60 \cdot f}{p} \cdot (1 - s), \tag{1.7}$$

Таким образом, регулировать частоту вращения ротора можно тремя способами

- изменением скольжения;
- изменением числа пар полюсов;
- изменением частоты питающего поля.

Мощность двигателя

$$P = M \cdot w, \tag{1.8}$$

где P - мощность двигателя, Вт;
M - момент силы, Нхм;
w - скорость вращения, рад.

Момент

$$M = \frac{P}{w}, \tag{1.9}$$

Скорость вращения в радианах

$$w = \frac{\pi \cdot n}{30}, \tag{1.10}$$

С учетом этого получаем

$$M = \frac{9{,}550 \cdot P}{n}, \tag{1.11}$$

Для двигателей удобней использовать эту формулу в следующем виде

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos\varphi \cdot \eta, \tag{1.12}$$

где P - мощность двигателя, кВт;
$M_{ном}$ - номинальный момент, Н · м.

Известно, что

$$M_{тек} = (\frac{U}{U_{ном}})^2 \cdot M_{ном}, \quad (1.13)$$

Отсюда следует, что момент пропорционален квадрату напряжения. Выражения для расчета мощности и тока:

Номинальная механическая мощность двигателя

$$P = \frac{M \cdot n}{9{,}550}, \quad (1.14)$$

Номинальная электрическая мощность двигателя

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot cos\varphi \cdot \eta, \quad (1.15)$$

где P - номинальная электрическая мощность двигателя;

I - ток двигателя, А;

$\cos\varphi$ - коэффициент мощности;

η - коэффициент полезного действия.

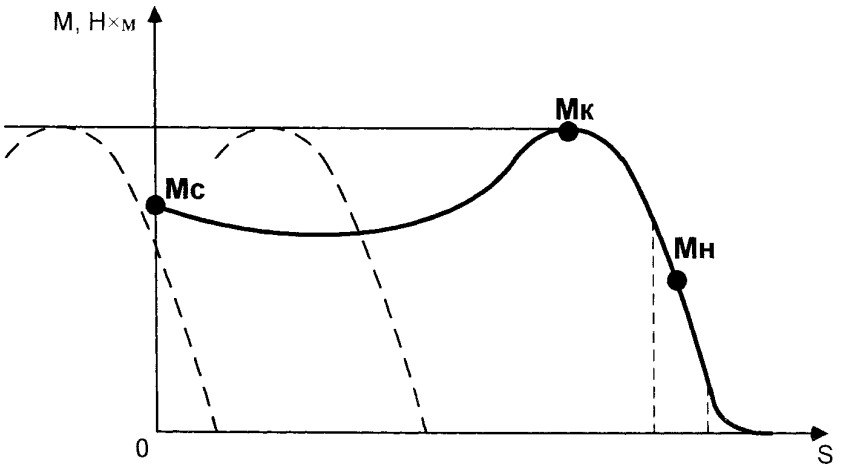
Отсюда получаем формулу для расчета номинального тока двигателя

$$I_н = \frac{M \cdot n}{\sqrt{3} \cdot U \cdot cos\varphi \cdot \eta \cdot 9{,}550}, \quad (1.16)$$

Где $I_н$ - номинальный ток двигателя, А.

Выбирать частотный преобразователь нужно по току, а не по мощности, исходя из следующего соотношения

$$I_{преобразователя} > I_{двигателя} \quad (1.17)$$



$M_с$ - стартовый момент
$M_н$ - номинальный момент
$M_к$ - критический момент

Рисунок 1.2 - Механические характеристики при частотном управлении

Стартовый момент $M_с$ на низких частотах снижается. Это необходимо учитывать при использовании приводов с частотным управлением в грузоподъемных механизмах.

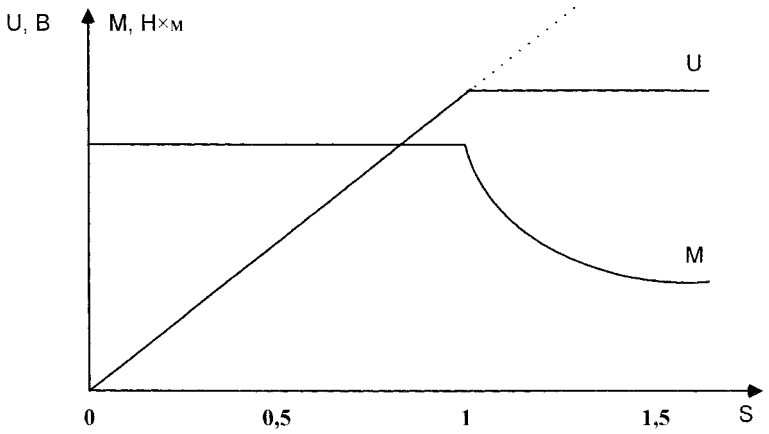


Рисунок 1.3 - Зависимость момента от частоты

При увеличении частоты больше номинальной и поддержании U1/ f=const происходит снижение момента. Причина – невозможность увеличения напряжения больше сетевого.

1.2 Использование регулируемого электропривода в технологических процессах

Применение регулируемого электропривода в технологических процессах обеспечивает энергосбережение и позволяет получать новые качества систем и объектов. Значительная экономия электроэнергии обеспечивается за счет регулирования какого-либо технологического параметра. Если это транспортер

или конвейер, то можно регулировать скорость его движения; если это насос или вентилятор - можно поддерживать давление или регулировать производительность; если это станок, то можно плавно регулировать скорость подачи или главного движения.

Особый экономический эффект от использования преобразователей частоты дает применение частотного регулирования на объектах, обеспечивающих транспортировку жидкостей. До сих пор самым распространённым способом регулирования производительности таких объектов является использование задвижек или регулирующих клапанов, но сегодня доступным становится частотное регулирование асинхронного двигателя, приводящего в движение, например, рабочее колесо насосного агрегата или вентилятора.

Перспективность частотного регулирования наглядно представлена на рисунке 4.Таким образом, при дросселировании поток вещества, сдерживаемый задвижкой или клапаном, не совершает полезной работы. Применение регулируемого электропривода насоса или вентилятора позволяет задать необходимое давление или расход, что обеспечит не только экономию электроэнергии, но и снизит потери транспортируемого вещества.

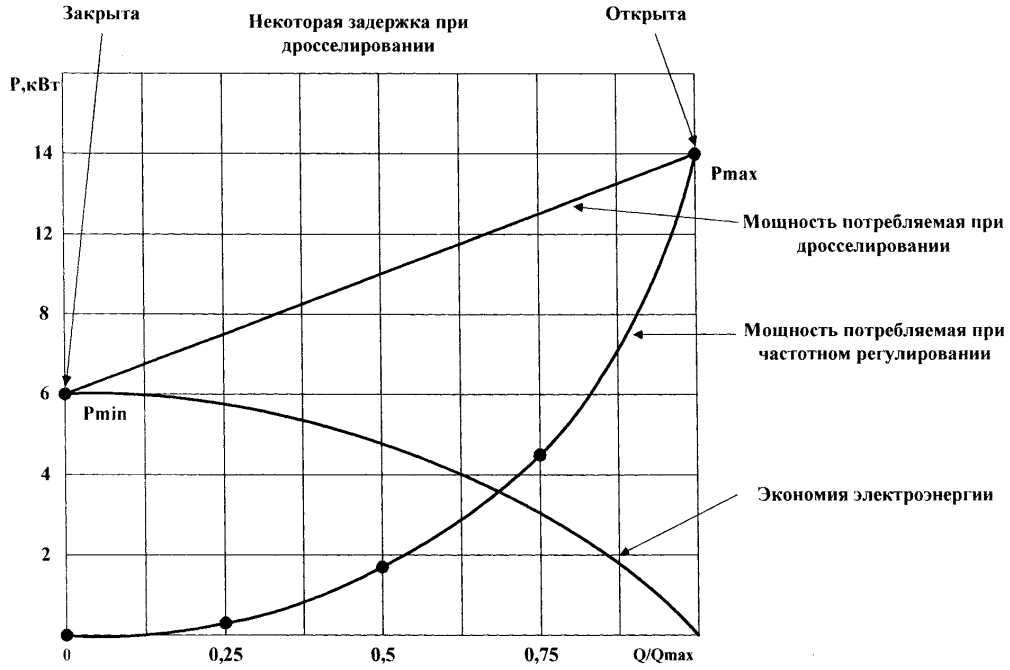


Рисунок 1.4 - Потребление мощности при различных способах регулирования скорости вращения насосов

2 Преобразователь частоты MICROMASTER 440

Преобразователи MICROMASTER 440 являются серийными преобразователями для регулирования трехфазных электродвигателей.

Отдельные поставляемые модели имеют диапазон мощностей 120 Вт при однофазном входе и до 75 кВт при трехфазном входе.

Преобразователи оснащены микропроцессорной системой управления и используют самые современные технологии с IGBT модулями – транзисторами (Insulated Gate Bipolar Transistor = биполярный транзистор с изолированным затвором). Вследствие этого преобразователи надежны и разнообразны. Оригинальный способ широтно-импульсной модуляции с выбором частоты коммутации дает возможность бесшумной работы электродвигателя. Обширные функции защиты обеспечивают эффективную защиту преобразователя и электродвигателя.

MICROMASTER 440 с заводскими установками является идеальным для широкой области простых применений регулирования скорости. MICROMASTER 440 может также использоваться для случаев с высокими требованиями к регулированию скорости электродвигателя за счет обширного списка параметров настроек.

MICROMASTER 440 может применяться как индивидуально, так и интегрироваться в системы автоматизации процесса.

2.1 Свойства Преобразователя частоты

Основные характеристики:

- Легко устанавливать, параметрировать и пускать в эксплуатацию;
- Малое время отклика на сигналы управления;
- Соответствует международным нормам электромагнитной совместимости;
- Может работать с источниками энергии сравнимой мощности;
- Обширный набор параметров, которые дают возможность конфигурирования для широких областей применения;
- Простое присоединение проводов;
- Релейные выходы;
- Аналоговые выходы 0-20мА;
- 6 изолированных переключаемых pnp/npn дискретных входов;
- 2 аналоговых входа:

а. AIN 1 - 0-10В, 0-20мА или -10 до +10В;

б. AIN 2 - 0-10В, 0-20мА.

- Два аналоговых входа могут использоваться как 7-й и 8-й дискретные входы;
- Модульная конструкция для очень гибкой конфигурации;
- Высокая частота коммутации для бесшумной работы электродвигателя;
- Подробная информация о состоянии и встроенные функции сообщений;
- Внешние опции для обмена данными с компьютером, базовая панель обслуживания (BOP), расширенная панель оператора (AOP) и модули передачи данных по шине Profibus.

2.2 Особенности защиты

- Защита от повышенного и пониженного напряжений;
- Защита преобразователя от перегрева;
- Защита от замыкания на землю;
- Защита от короткого замыкания;
- Защита от перегрева двигателя по потерям I2 t;
- Защита двигателя по термисторам PTC.

2.3 Функциональные особенности

Основные функции преобразователя:

- Векторное регулирование без датчика скорости;
- Регулирование потока (FCC) для улучшения динамических характеристик и повышения качества регулирования электродвигателя;
- Мгновенное ограничение тока (FCL) для работы без отключения двигателя;
- Встроенное динамическое торможение постоянным током;
- Комбинированное торможение для улучшения возможностей торможения;
- Времена ускорения и торможения с программируемым сглаживанием;
- Использование замкнутого PID регулятора с автоподстройкой;
- Встроенный прерыватель тормоза;
- Выбираемая интенсивность разгона и остановки;
- 4-х точечная интенсивность сглаживания;
- Многоточечная V/f характеристика, задаваемая пользователем;
- Установленные параметры могут быть перенесены на другие устройства аналогичных процессов.

Рисунок 2.1 – внешний вид преобразователя частоты Micromaster 440

Таблица 2.1 - Характеристики преобразователя частоты Micromaster 440

Название	Значение
Тип	6*SE*6440-2*UD*21-5*AA*1
Номинальная мощность, кВт	1,5
Полная мощность, кВА	3,0
Номинальное входное напряжение, В	3*AC* 380-480 (+10%/-10%)
Номинальный входной ток, А	5,9
Номинальная частота сети, Гц	от 47 до 63
Номинальный выходной ток, А	4,0
Выходная частота, Гц	0-650
Класс защиты	*IP*20

2.4 Функциональная схема стенда и назначение терминальных клемм

Функциональная схема стенда привода Micromaster 440 представлена на рисунке 2.2. На схеме раскрыты основные функциональные компоненты привода Micromaster 440 и каналы взаимодействия привода с верхним уровнем управления. Основным функциональным компонентом привода является модуль Micromaster 440, который включает в себя силовые компоненты привода и цепи управления на базе микропроцессора. Назначение всех выводов терминальной панели объяснено в таблице 2.2

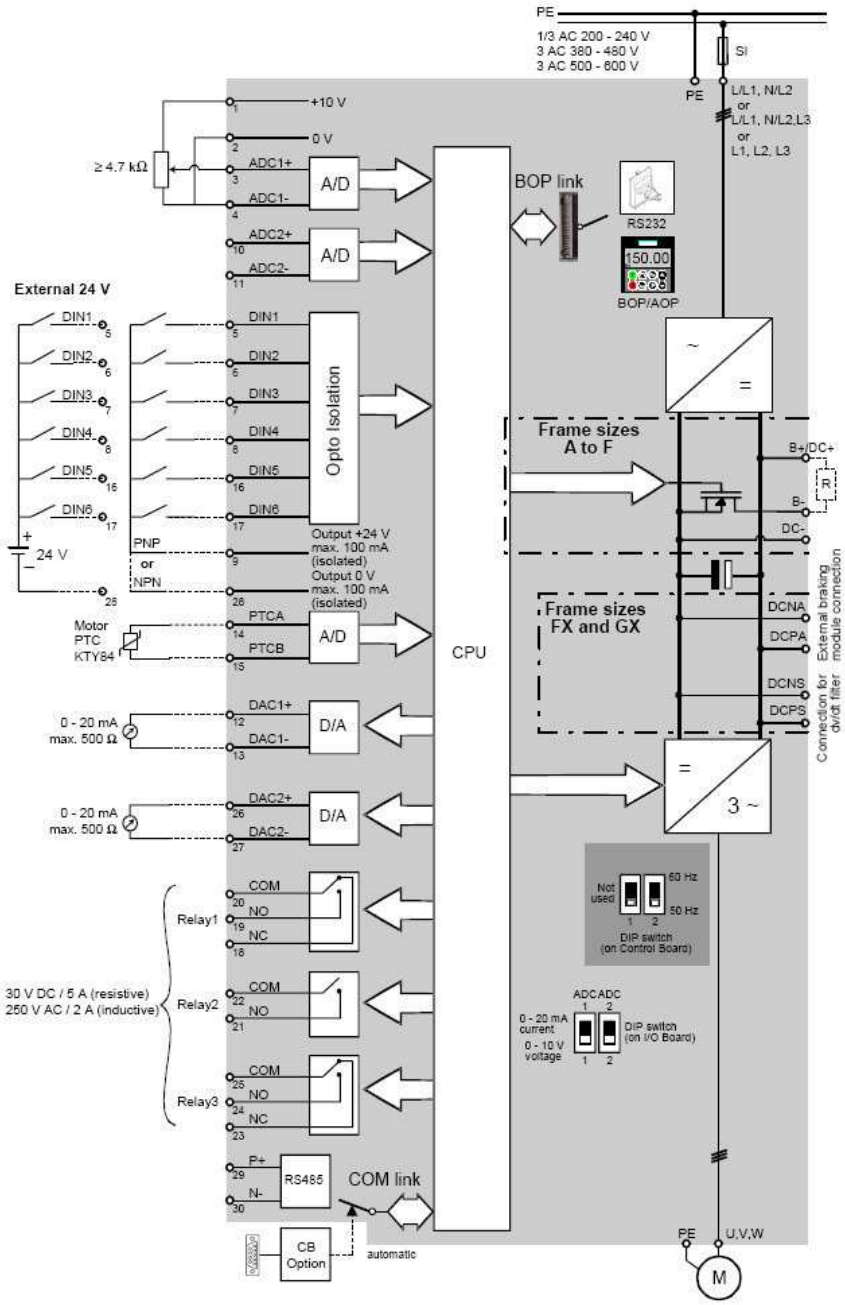


Рисунок 2.2 – Функциональная схема привода Micromaster 440

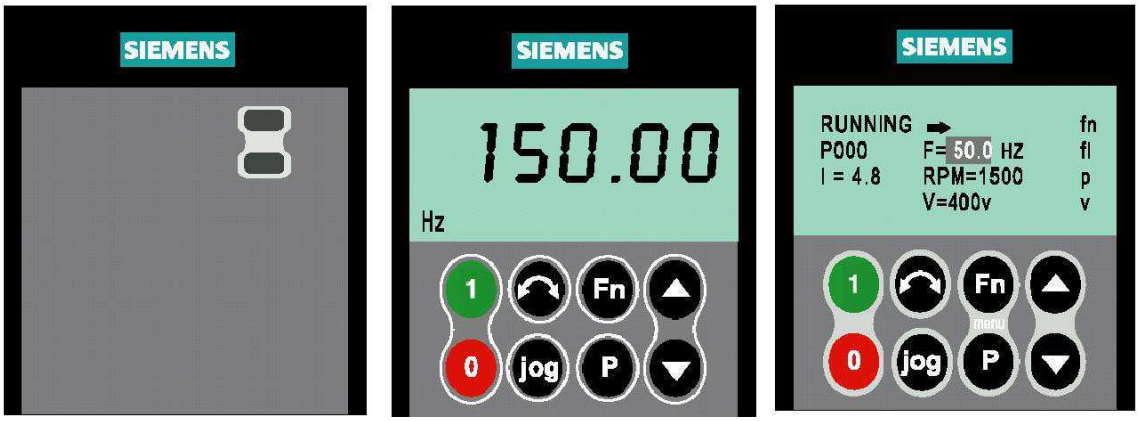
Таблица 2.2 - Назначения терминальных клемм для цепей управления приводом

п/п	Обозначение	Назначение
1	–	Выход внутреннего источника питания +10 В
2	–	Выход внутреннего источника питания 0 В
3	*ADC*1+	Аналоговый вход 1 (+)
4	*ADC*1-	Аналоговый вход 1 (-)
5	*DIN*1	Дискретный вход 1
6	*DIN*2	Дискретный вход 2
7	*DIN*3	Дискретный вход 3
8	*DIN*4	Дискретный вход 4
9	–	Изолированный выход внутр. источника +24 В / макс. ток 100 мА
10	*ADC*2+	Аналоговый вход 2 (+)
11	*ADC*2-	Аналоговый вход 2(-)
12	*DAC*1+	Аналоговый выход 1 (+)
13	*DAC*1-	Аналоговый выход 1 (-)
14	*PTCA*	Вход для термодатчика *PTC* или *KTY*84
15	*PTCB*	Вход для термодатчика *PTC* или *KTY*84
16	*DIN*5	Дискретный вход 5
17	*DIN*6	Дискретный вход 6
18	*DOUT*1/*NC*	Дискретный выход 1 / нормально замкнутый контакт
19	*DOUT*1/*NO*	Дискретный выход 1 / нормально разомкнутый контакт
20	*DOUT*1/*COM*	Дискретный выход 1 / переключаемый контакт
21	*DOUT*2/*NO*	Дискретный выход 2 / нормально разомкнутый контакт
22	*DOUT*2/*COM*	Дискретный выход 2 / переключаемый контакт
23	*DOUT*3/*NC*	Дискретный выход 3 / нормально замкнутый контакт
24	*DOUT*3/*NO*	Дискретный выход 3 / нормально разомкнутый контакт
25	*DOUT*3/*COM*	Дискретный выход 3 / переключаемый контакт
26	*DAC*2+	Аналоговый выход 2 (+)
27	*DAC*2-	Аналоговый выход 2 (-)
28	–	Изолированный выход внутреннего источника 0 В / макс. ток 100мА
29	*P*+	Интерфейс *RS*-485
30	*N*-	Интерфейс *RS*-485

2.5 Описание терминалов управления ПЧ

2.5.1 Графический терминал

Для параметрирования преобразователя Вы можете использовать одну из опционных операторских панелей, таких как " Базовая Операторская Панель" (BOP) или "Расширенная Панель Оператора" (AOP). Для более удобного обслуживания и параметрирования преобразователей можно использовать специальный инструмент – «DriveMonitor» - программу для настройки и документирования.



1 2 3

1-Панель индикации
2-Базовая панель
3-Расширенная панель

Рисунок 2.3- Панели для преобразователей MICROMASTER 440

2.5.2 Обслуживание с панелью индикации статуса (SDP)

SDP поставляется стандартно с каждым преобразователем MICROMASTER 440. Поле дисплея имеет впереди два светодиода LED, которые отображают состояние при работе преобразователя.

Рисунок 2.4 – внешний вид панели индикации статуса (SDP)

Таблица 2.3 – обозначения для отображения состояния индикации SDP

Обозначение	Состояние привода
1	ON
2	OFF
3	Вспышки с периодом ≈ 0,3 с
4	Мерцание с периодом ≈ 1 с

Таблица 2.4 – комбинация сигналов для определения состояния привода

2-2	Отсутствует силовое питание
1-1	Готовность к запуску во вращение
2-1	Неполадка привода, но не из тех, что представлены далее
1-2	Инвертор запущен во вращение
2-4	Неполадка с превышением тока
4-2	Неполадка с перенапряжением
4-1	Неполадка с превышением температуры двигателя
1-4	Неполадка с превышением температуры инвертора привода
4-4	Одновременное мерцание 2x LED: сообщение о работе в токоограничении
4-4	Альтернативное мерцание 2x LED: другие сообщения
4-3	Отключение из-за пониженного напряжения/ сообщение о пониженном напряжении
3-4	Привод не находится в состоянии готовности Одновременные
3-3	Одновременные вспышки 2x LED: сбой в работе ROM
3-3	Альтернативные вспышки 2x LED: сбой в работе RAM

Предварительные установки даны в таблице 3.1. Расположение зажимов изображено на рисунке 2.5

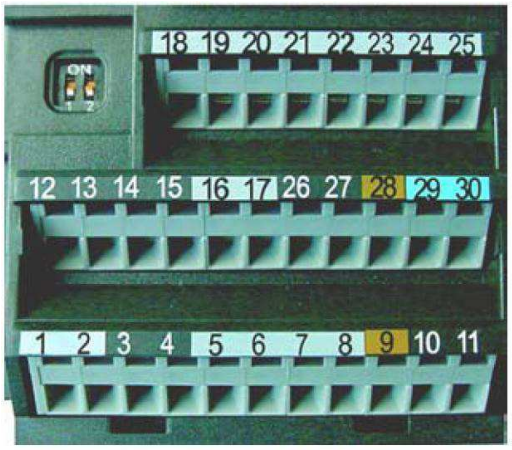


Рисунок 2.5 – Расположение зажимов

Таблица 2.5 - Предварительные установки для работы с дисплеем состояния

	Клеммы	Параметр	По умолчанию
Дискретный вход 1	5	P0701 = 1	Включение, вправо
Дискретный вход 2	6	P0702 = 12	Реверс
Дискретный вход 3	7	P0703 = 9	Сброс аварии
Дискретный вход 4	8	P0704 = 15	Фиксированная частота
Дискретный вход 5	16	P0705 = 15	Фиксированная частота
Дискретный вход 6	17	P0706 = 15	Фиксированная частота
Дискретный вход 7	Через AIN 1	P0707 = 0	Не используется
Дискретный вход 8	Через AIN 2	P0708 = 0	Не используется

2.5.3 Обслуживание базовой (BOP) и расширенной панелью привода (AOP)

Внешний вид панелей представлен на Рисунке 2.6. Базовая и расширенная панель оператора (BOP), поставляемая как опция, дает возможность доступа к параметрам преобразователя и через параметрирование обеспечивает специфическую пользовательскую настройку привода. Панель BOP и AOP имеет в дисплейной части сегментные индикаторы для показа параметров привода. Панель BOP не содержит памяти для хранения информации (параметров) и не имеет активных компонент микро-ЭВМ (AOP имеет память для сохранения параметров, а также имеет многоязычный интерфейс). В таблице 2.4 приведены клавиши управления панелями.

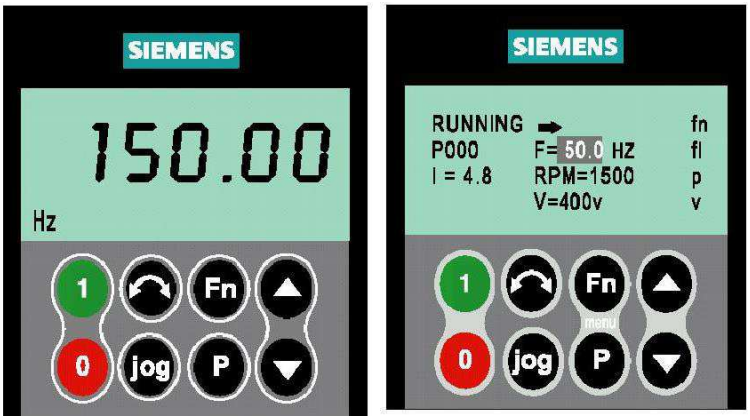


Рисунок 2.6- базовая (BOP) и расширенная панель привода (AOP)

Таблица 2.6 - Клавиши базовой и расширенной панели управления

Клавиша	Функция	Назначение
	Индикатор состояния	LCD показывает установку или параметр, с которой преобразователь работает в данный момент.
	Пуск двигателя	При нажатии клавиши преобразователь пускается. Эта клавиша является по умолчанию пассивной. Клавишу активизируют установкой P0700 =1
	Стоп двигателя	OFF1 - Нажатие клавиши приводит к остановке преобразователя по выбранной рампе скорости. По умолчанию клавиша пассивна, активизируется установкой P0700 = 1. OFF 2 - Двойное нажатие (или длительное удержание) вызывает свободный выбег электродвигателя до остановки.

	Реверс вращения	Нажатие этой клавиши вызывает реверсирование (изменение направления вращения) электродвигателя. Обратное вращение отображается знаком минус (-) или мигающей десятичной точкой. По умолчанию клавиша пассивна, активизируется установкой P0700 = 1.
	Толчковый режим	Нажатие этой клавиши при остановленном преобразователе обеспечивает пуск электродвигателя с заданной JOG-частотой. После отпускания клавиши преобразователь останавливает двигатель. Нажатие клавиши при работающем преобразователе с электродвигателем, не приводит ни к каким действиям
	Функции	Эта клавиша может использоваться для отображения дополнительной информации. Клавиша должна нажиматься и удерживаться в течение 2 секунд. Она указывает при работе следующее: 1.Напряжение звена постоянного тока (Обозначено буквой d) в (V) 2. Выходной ток (A) 3. Выходная частота (Hz) 4. Выходное напряжение (V) 5. Величину (выбранную в P0005) Повторные нажатия возвращают показания дисплея текущему значению.
	Доступ к параметрам	Нажатие этой клавиши обеспечивает доступ к параметрам и настройкам привода
	Увеличить значение	Нажатие этой клавиши увеличивает отображаемое значение. Для изменения задания частоты с помощью BOP необходимо установить P1000 = 1
	Уменьшить значение	Нажатие этой клавиши уменьшает отображаемое значение. Для изменения задания частоты с помощью BOP нужно установить P1000 = 1.

2.6 Подключение тормозного резистора

Тормозной резистор предназначен для сброса энергии из звена постоянного тока при использовании динамического торможения. В большинстве преобразователей тормозной резистор подключается непосредственно к преобразователю. Тормозной резистор выбирается из каталога в соответствии с мощностью преобразователя.

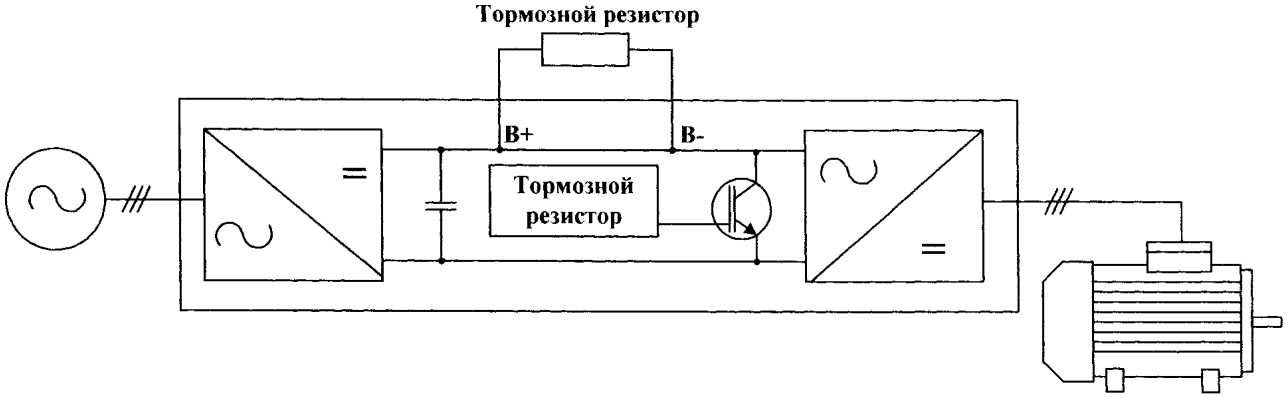


Рисунок 2.7 - Подключение тормозного резистора в схему ПЧ

2.7 Основные теоретические положения

Базовыми элементами асинхронного частотно-регулируемого электропривода являются управляемый преобразователь частоты ПЧ (*UZF*), питающийся от сети напряжением *Uc* и частотой *fc*, и асинхронный двигатель АД (М), питающийся от ПЧ, представлен на рисунке 2.8

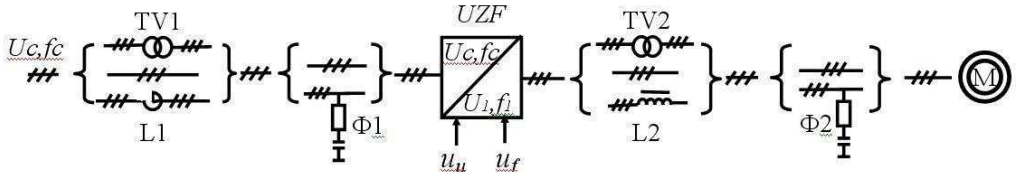


Рисунок 2.8 - Состав силовой части системы ПЧ-АД

При необходимости согласования мощности и входных напряжений питания собственно ПЧ с сетью между ними может устанавливаться согласующий трансформатор *TV1*. Для ограничения токов короткого замыкания и перенапряжений на входе ПЧ могут устанавливаться токоограничивающие реакторы *L1* и дополнительные *RC*-фильтры Ф1. При необходимости согласования выходного напряжения ПЧ и цепи питания *M* (например, для высоковольтных электрических машин) между ними могут устанавливаться согласующие трансформаторы *TV2*. При значительном удалении двигателя от преобразователя (при длине кабельной связи между ними более 50 м, а для ряда преобразователей допускается и более 200 м) на выходе ПЧ для ограничения перенапряжений на его силовых полупроводниковых элементах устанавливаются фильтрующие дроссели *L2*, а также помехоподавляющие *RC*-фильтры Ф2.

Выходные частота f_1 и фазное напряжение U_1 (или ток I_1) ПЧ определяются соответственно сигналами управления u_f и u_u. Регулирование частоты f_1 и

напряжения U_1 (или тока I_1) обеспечивает регулирование основных координат АД (тока, электромагнитного момента M, угловой скорости ω).

Наибольшее распространение получили две группы управляемых полупроводниковых ПЧ:

- преобразователи со звеном постоянного тока и автономным инвертором АИ (инвертором напряжения АИН или тока АИТ);
- преобразователи с непосредственной связью питающей сети и нагрузки ПЧНС (без и с широтно-импульсной модуляцией выходного напряжения).

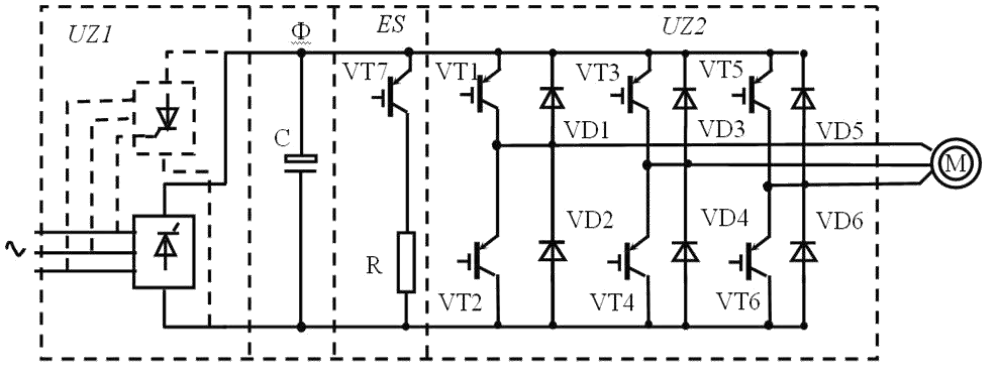
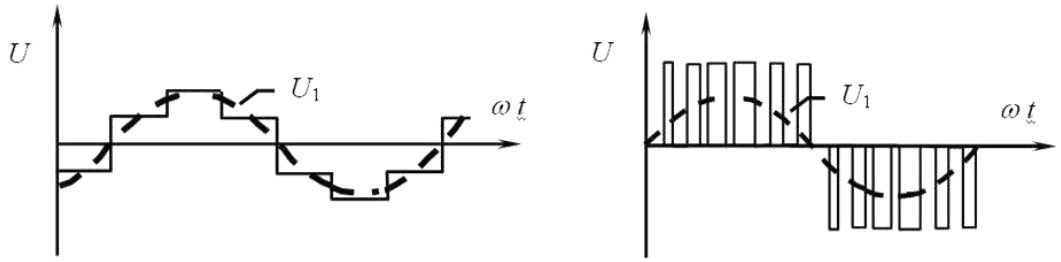


Рисунок 2.9 - Схема силовой части АИН

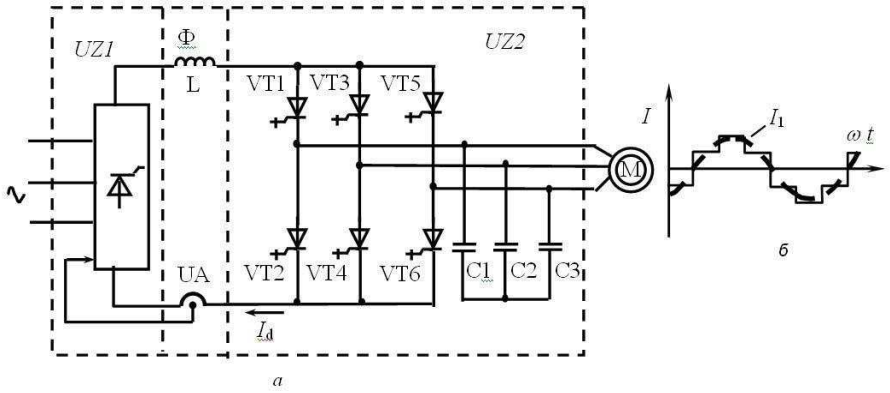


а б

а- при амплитудно-импульсной модуляции
б- при широтно-импульсной модуляции

Рисунок 2.10 - диаграммы выходных напряжений АИН

Преобразователь по системе ПЧ-АИ состоит из трех силовых блоков: управляемого или неуправляемого выпрямителя *UZ1*, силового фильтра Ф (*C* или *LC* типа) в звене постоянного тока и автономного инвертора *UZ2* (рисунок 2.9, рисунок 2.11). АИ может быть выполнен либо на основе однооперационных тиристоров с искусственной их коммутацией, либо на запираемых (*GTO*) тиристорах, либо на полностью управляемых силовых транзисторах (чаще всего на базе *IGBT*-модулях, содержащих транзистор с изолированным затвором и шунтирующий его силовой диод).



а - Схема силовой части АИТ
б - диаграммы выходного тока АИТ

Рисунок 2.11 - Схема силовой части АИТ и его диаграммы выходного тока

АИН (приведен на рисунке 2.9) является источником напряжения. Благодаря емкости *С* фильтра Ф и обратным диодам *VD1-VD6*, подключенным параллельно силовым ключам *VT1-VT6*, при работе АИН на активно-индуктивную нагрузку, к числу которой относится АД, обеспечивается обмен реактивной энергией между АД и звеном постоянного тока. Они обеспечивают непрерывность цепи тока в обмотках *М* при отключении их от источника питания в процессе коммутации и возврат запасенной магнитной энергии в конденсатор фильтра.

Выходное напряжение АИН может регулироваться двумя способами:

- при управляемом выпрямителе *UZ1* – изменением напряжения в звене постоянного тока, когда инвертору отводится роль лишь коммутатора фаз, формирующего требуемую частоту (АИН с амплитудно-импульсной модуляцией АИМ);

- при неуправляемом выпрямителе – широтно-импульсным регулированием напряжения в инверторе за счет модуляции напряжения несущей частоты (частоты коммутации силовых ключей) сигналом требуемой частоты (АИН с широтно-импульсной модуляцией ШИМ). Диаграммы выходных фазных напряжений U и первых их гармоник U_1 для АИН с АИМ и с ШИМ показаны на рисунке 2.10,а и рисунке 2.10,*б* соответственно.

ПЧ с АИН отсутствует рекуперация энергии в питающую сеть. При необходимости возврата энергии в сеть питания входной выпрямитель в ПЧ

АИН должен быть реверсивным и управляемым (на рис. 2,*а* изображен пунктиром). При отсутствии подобного выпрямителя для обеспечения режима динамического торможения АД параллельно фильтру Ф устанавливается узел сброса энергии на основе ключа *VT7* и силового резистора *R*. При превышении допустимого напряжения на выходе фильтра ключ *VT7* открывается и обеспечивает разряд конденсатора на резистор *R*.

ПЧ с АИТ, приведен на рисунке 2.10,а, управляемый преобразователь *UZ1* работает в режиме источника тока, а инвертор *UZ2* обеспечивает коммутацию обмоток статора АД силовыми ключами *VT1-VT6*. Главное техническое отличие ПЧ с АИТ от ПЧ с АИН – в наличии индуктивного *L*-фильтра и отсутствии емкостного фильтра на выходе выпрямителя, отсутствии обратных диодов, шунтирующих силовые ключи, и наличии конденсаторов *C1, C2, C3* на выходе инвертора, являющихся источником реактивной энергии для нагрузки преобразователя частоты.

При переходе АД в генераторный режим изменяется направление его ЭДС и инвертор, который переходит в режим выпрямителя, стремиться увеличить ток I_d в звене постоянного тока. Однако за счет отрицательной обратной связи по току I_d (датчик тока *UA* на рисунке 2.10,а) преобразователь *UZ1* переводится в режим инвертора, ведомого сетью, сохраняя прежнее направление и значение I_d и, обеспечивая тем самым, режим рекуперативного торможения АД. Диаграммы выходного фазного тока *I* АИТ и первой его гармоники I_1 даны на рисунке 2.10,б.

К достоинствам преобразователей по системе ПЧ-АИ относятся:

- высокий диапазон частот выходного напряжения АИН (практически от 0 до 1500 Гц), ограничиваемый лишь частотой коммутации и коммутационными потерями в силовых ключах автономного инвертора (для АИТ максимальная выходная частота тока – до 100–125 Гц);
- низкий уровень гармонических составляющих напряжения или тока статора двигателя и тока, потребляемого из сети питания;
- высокий коэффициент мощности (до 0,95–0,98) в преобразователях с неуправляемым выпрямителем. В случае применения управляемого выпрямителя коэффициент мощности меньше и близок коэффициенту мощности в системах тиристорный преобразователь – двигатель постоянного тока;
- относительно небольшое число силовых ключей преобразователя (по сравнению с ПЧНС) и более простая схема их управления, не требующая синхронизации с питающей сетью;
- для АИТ возможность рекуперации энергии в сеть и безаварийность режима короткого замыкания по выходу.

К недостаткам подобных преобразователей следует отнести:

- двукратное преобразование энергии (с переменного напряжения питающей сети на постоянное выпрямителя, а затем с постоянного – на переменное выходное напряжение инвертора), снижающее результирующий КПД преобразователя частоты (до 0,94–0,96);
- зависимость (для тиристорных ключей АИ) условий их искусственной коммутации от cosφ и уровня нагрузки двигателя;
- для АИН отсутствие (без дополнительной управляемой инверторной группы в блоке выпрямителя *UZ1*) возврата энергии в питающую сеть преобразователя, ограничивающее быстродействие регулирования скорости АД тормозных его режимах, высокие требуемые значения емкости фильтра Ф и, соответственно, большие габариты конденсаторной батареи;

- для АИТ невозможность работы на групповую нагрузку, существенные масса и габариты реактора фильтра Ф, наличие коммутационных перенапряжений на силовых ключах, более низкий cosϕ по сравнению с АИН с ШИМ и неуправляемым входным выпрямителем.

В преобразователе Micromaster 440 используется система с автономным инвертором напряжения (АИН), работающего по принципу широтно-импульсного преобразователя (ШИП).

Для понимания ограничений, накладываемых на применение преобразователей с АИН, необходимо знать основные принципы, на которых основаны преобразователи этого типа.

Схема, поясняющая принцип работы преобразователя частоты, представлена на Рисунке 2.12. Трехфазный переменный ток сетевого напряжения (может использоваться и однофазное напряжение) выпрямляется трехфазным выпрямителем. Полученное постоянное напряжение затем инвертируется *IGBT* транзисторами в переменное с изменяемой частотой и амплитудой.

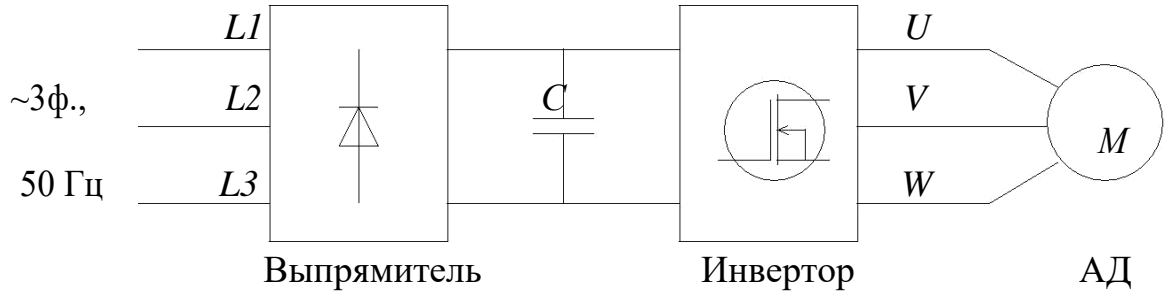


Рисунок 2.12- Принцип устройства преобразователя частоты

Для обеспечения возможности торможения электродвигателя в преобразователях АИН используют торможение постоянным током, подаваемым в обмотку статора, также при применении нереверсивного выпрямителя возможен режим динамического торможения с введением резистора в цепь статора электродвигателя, в этом случае уменьшается нагрев электродвигателя и снижается энергопотребление. Благодаря тому, что инвертор полностью управляемый, все тормозные режимы регулируемые.

Частота ШИМ преобразователя Micromaster 440 может изменяться от 2 до 16 кГц и может задаваться принудительно. В общем случае частота ШИМ микромастера зависит от нагрузки и температуры преобразователя, в случае его перегрева частота ШИМ снижается.

Современные преобразователи частоты предлагают гибкий выбор законов регулирования частоты и напряжения на электродвигателе. Выбор конкретного закона регулирования зависит от типа нагрузки и требуемой точности, преобразователь Micromaster 440 поддерживает следующие способы задания зависимости напряжения (*V*) от частоты (*f*):

- Линейная *V/f* (по умолчанию), может применяться для нагрузки с

изменяемым и с постоянным моментом (насосы, конвейеры);

- *FCC* (*Flux Current Control*) – поддерживает ток двигателя, создающий поток для улучшения эффективности, этот способ регулирования может использоваться для увеличения КПД и динамических характеристик электропривода;
- Квадратичная *V/f* – может применяться для нагрузок с изменяющимся моментом (компрессоры, насосы);
- Многоточечная *V/f* – для особых случаев.

3 Асинхронный двигатель 5А80МА4

Электродвигатель асинхронный трехфазный закрытого обдуваемого исполнения с короткозамкнутым ротором общепромышленного назначения.

- Предназначен для привода различных механизмов: станков, насосов,компрессоров, вентиляторов, мельниц и т.п;
- Рабочее напряжение 380 В.

Предназначен для работы в следующих условиях:

- температура окружающей среды от минус 40° до плюс 45°;
- высота над уровнем моря не более 1000 м;
- относительная влажность воздуха при температуре плюс 25°С – до 98% для исполнения У3;
- окружающая среда не взрывоопасная, не содержащая токопроводящей пыли, агрессивных газов и паров в концентрациях, разрушающих металл и изоляцию;
- запыленность воздуха для двигателей со степенью защиты IP54 не более 10 мг/м^3;
- среднее значение уровня звука на расстоянии 1 м от корпуса двигателя основного исполнения на холостом ходу составляет от 51 до 85 дБ в зависимости от габарита (50-250 мм) и синхронной частоты вращения;
- степень защиты IP 54.

Рисунок 3.1 - Асинхронный двигатель 5А80МА4 с установленным на валу тормозным диском для электромагнитного тормоза

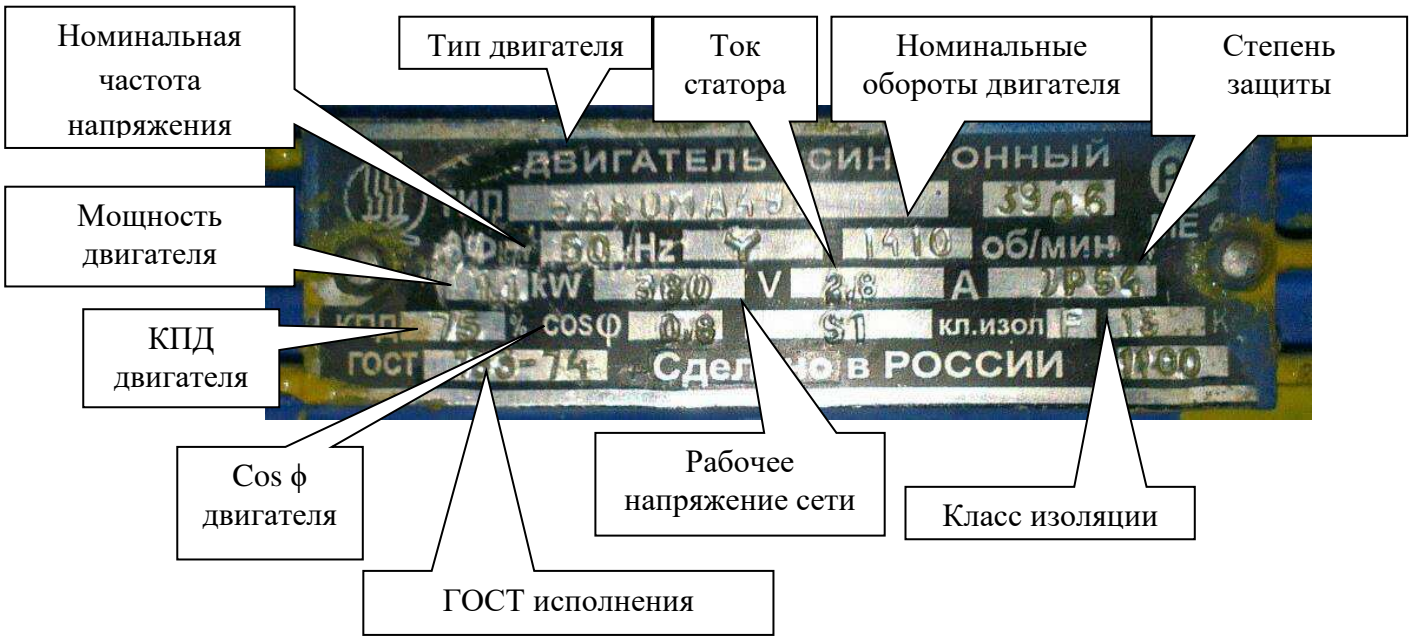


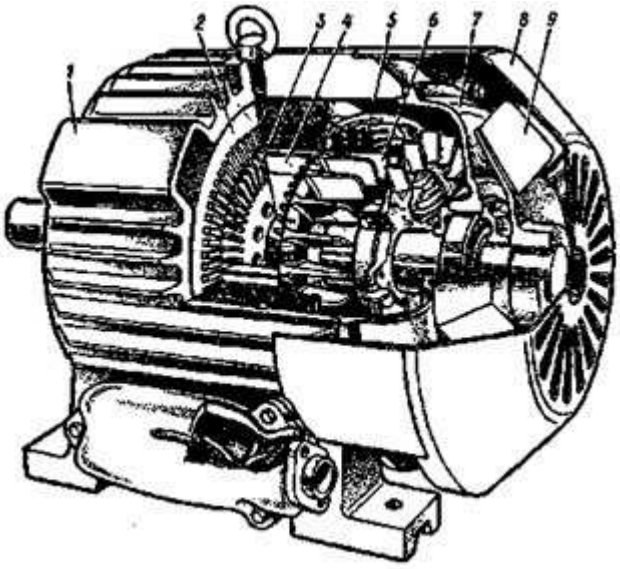
Рисунок 3.2 - Табличка асинхронного двигателя

Таблица 3.1 - Технические параметры

Модель электродвигателя	5А80МА4
Мощность, кВт	1,1
Скорость вращения, об.мин	1410
КПД, %	75
Коэффициент мощности, cos φ	0,8
Масса основного исполнения, кг	13
Количество полюсов	4
Номинальный ток при напряжении 220/380В, А	5,0 / 2,9
Номинальный крутящий момент, Н*м	7,40
Iпуск/Iном	5,0
Мпуск/Мном	2,2
Ммакс/Мном	2,4

3.1 Устройство трехфазных асинхронных двигателей

Для лабораторного стенда используется Асинхронный двигатель с короткозамкнутым контуром. Внешний вид представлен на Рисунке 3.3



1 — корпус
2 — сердечник статора
3 — сердечник ротора
4 — обмотка ротора (беличья клетка)
5 —обмотка статора
6 — вентиляционные лопатки ротор
7 — подшипниковый щит
8 — кожух вентилятора
9 — вентилятор

Рисунок 3.3 - Устройство асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором и схема его включения

На статоре расположена трехфазная обмотка, которая при подключении к сети трехфазного тока создает вращающееся магнитное поле. Обмотка ротора выполнена в виде беличьей клетки, является короткозамкнутой и никаких выводов не имеет (рисунок 3.4).

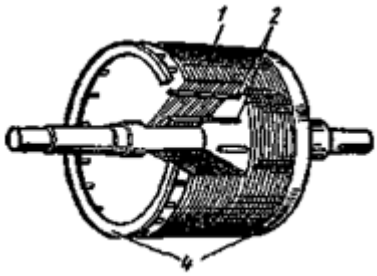


Рисунок 3.4 – Обмотка ротора асинхронного двигателя

Беличья клетка состоит из медных или алюминиевых стержней, замкнутых накоротко с торцов двумя кольцами (Рисунок 2.5).

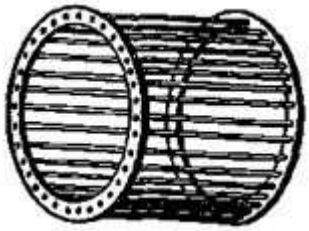
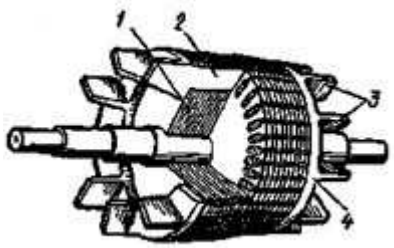


Рисунок 3.5 – Беличья клетка

Стержни этой обмотки вставляют в пазы сердечника ротора без какой-либо изоляции. В двигателях малой и средней мощности беличью клетку обычно получают путем заливки расплавленного алюминиевого сплава в пазы сердечника ротора (Рисунок 3.6).



1 — сердечник ротора
2 —стержни
3 —лопасти вентилятора
4 —короткозамыкающие кольца

Рисунок 3.6 – ротор асинхронного двигателя в разрезе

Вместе со стержнями беличьей клетки отливают короткозамыкающие кольца и торцовые лопасти, осуществляющие вентиляцию машины.

Для этой цели особенно пригоден алюминий, так как он обладает малой плотностью, легкоплавкостью и достаточно высокой электропроводностью. В машинах большой мощности пазы короткозамкнутого ротора выполняют полузакрытыми, в машинах малой мощности - закрытыми. Обе формы паза позволяют хорошо укрепить проводники обмотки ротора, хотя и несколько увеличивают потоки рассеяния и индуктивное сопротивление роторной обмотки. В двигателях большой мощности беличью клетку выполняют из медных стержней, концы которых вваривают в короткозамыкающие кольца (Рисунок 3.6). Различные формы пазов ротора показаны на рисунке 3.7

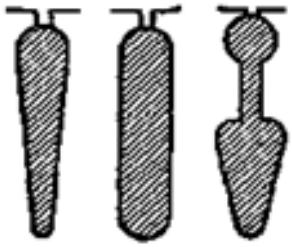


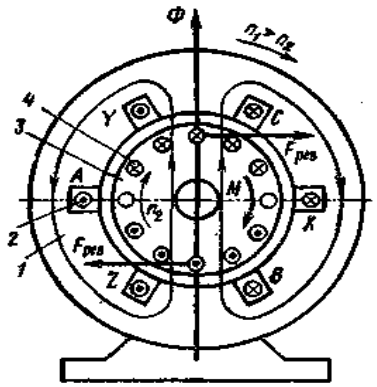
Рисунок 3.7 - Различные формы пазов ротора

В электрическом отношении беличья клетка представляет собой многофазную обмотку, соединенную по схеме Y и замкнутую накоротко. Число фаз обмотки m_2 равно числу пазов ротора z_2, причем в каждую «фазу» входят один стержень и прилегающие к нему участки короткозамыкающих колец.

Часто асинхронные двигатели с фазным и короткозамкнутым ротором имеют скошенные пазы на статоре или роторе. Скос пазов делают для того, чтобы уменьшить высшие гармонические ЭДС, вызванные пульсациями магнитного потока из-за наличия зубцов, снизить шум, вызываемый магнитными причинами, и устранить явление прилипания ротора к статору, которое иногда наблюдается в микродвигателях.

3.2. Принцип действия асинхронного двигателя

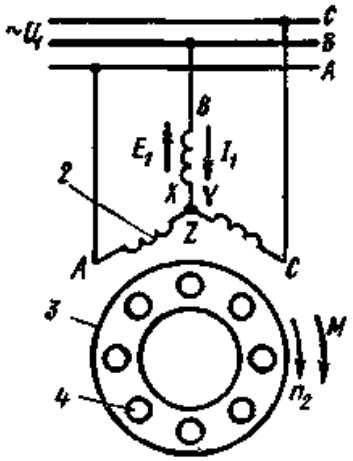
В асинхронной машине одну из обмоток размещают на статоре 1 (рисунок 3.8), а вторую - на роторе 3. Между ротором и статором имеется воздушный зазор, который для улучшения магнитной связи между обмотками делают по возможности малым. Обмотка статора 2 представляет собой трехфазную (или в общем случае многофазную) обмотку, катушки которой размещают равномерно по окружности статора.



1-статор двигателя
2-обмотка статора
3-ротор двигателя
4-обмотка ротора

Рисунок 3.8 - Электромагнитная схема асинхронной машины, направления токов и электромагнитного момента при работе в двигательном режиме

Фазы обмотки статора *AX, BY* и *CZ* соединяют по схеме Y или Δ и подключают к сети трехфазного тока (Рисунок 3.9). Обмотку ротора 4 выполняют трехфазной или многофазной и размещают равномерно вдоль окружности ротора. Фазы ее в простейшем случае замыкают накоротко.



1-статор двигателя
2-обмотка статора
3-ротор двигателя
4-обмотка ротора

Рисунок 3.9 - Электромагнитная схема асинхронной машины, направления токов, при работе в двигательном режиме

При питании обмотки статора трехфазным током создается вращающееся магнитное поле, частота вращения которого (синхронная)

$$n_1 = 60f_1/p, \qquad (3.1)$$

где f – частота тока в сети;

p - число пар полюсов.

Если ротор неподвижен или частота его вращения меньше синхронной, то вращающееся магнитное поле пересекает проводники обмотки ротора и индуцирует в них ЭДС. На Рисунке 3.8 показано, согласно правилу правой руки, направление ЭДС, индуцированной в проводниках ротора при вращении магнитного потока Ф по часовой стрелке, при этом проводники ротора перемещаются относительно потока Ф против часовой стрелки. Активная составляющая тока ротора совпадает по фазе с индуцированной ЭДС; поэтому условные обозначения (крестики и точки) на Рисунке 3.9 показывают одновременно и направление активной составляющей тока.

На проводники с током, расположенные в магнитном поле, действуют электромагнитные силы, направление которых определяется правилом левой руки. Суммарное усилие $F_{\text{рез}}$, приложенное ко всем проводникам ротора, образует электромагнитный момент М, увлекающий ротор за вращающимся магнитным полем. Если этот момент достаточно велик, то ротор приходит во вращение и его установившаяся частота вращения n_2 соответствует равенству электромагнитного момента тормозному, создаваемому приводимым во вращение механизмом и внутренними силами трения.

Такой режим работы асинхронной машины является двигательными, очевидно, в данном случае

$$0 \le n_2 < n_1, \tag{3.2}$$

Относительную разность частот вращения магнитного поля и ротора называют скольжением:

$$s = (n_1 - n_2) / n_1, \tag{3.3}$$

Скольжение часто выражают в процентах:

$$s = [(n_1 - n_2) / n_1] \cdot 100, \tag{3.4}$$

Очевидно, что при двигательном режиме:

$$1 > s > 0, \tag{3.5}$$

Если ротор асинхронной машины разогнать с помощью внешнего момента (например, каким-либо двигателем) до частоты, большей частоты вращения магнитного поля n1, то изменится направление ЭДС в проводниках ротора и активной составляющей тока ротора, т. е. асинхронная машина перейдет в генераторный режим (Рисунок 3.10).

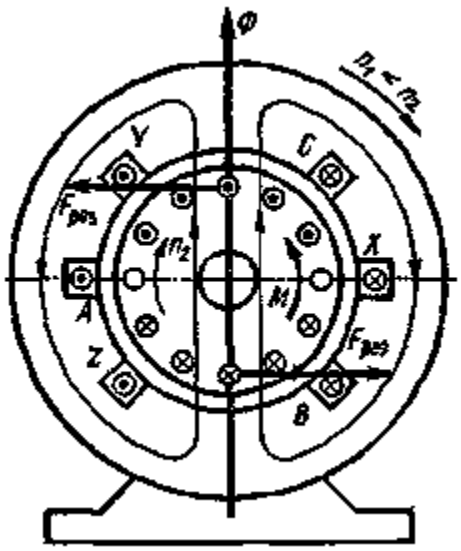


Рисунок 3.10 - Электромагнитная схема асинхронной машины, направления токов и электромагнитного момента при генераторный режиме

При этом изменит свое направление и электромагнитный момент М, который станет тормозящим. В генераторном режиме асинхронная машина получает механическую энергию от первичного двигателя, превращает ее в электрическую и отдает в сеть, при этом $s < 0$.

Если изменить направление вращения ротора (или магнитного поля) так, чтобы магнитное поле и ротор вращались в противоположных направлениях (Рисунок 3.11), то ЭДС и активная составляющая тока в проводниках ротора будут направлены так же, как в двигательном режиме, т. е. машина будет получать из сети активную мощность.

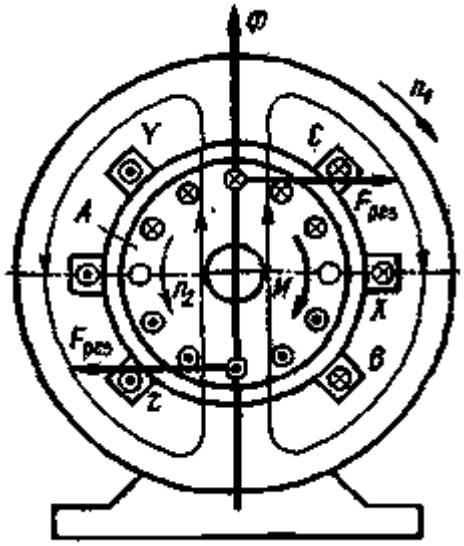


Рисунок 3.11 - Электромагнитная схема асинхронной машины, направления токов и электромагнитного момента при тормозном режиме

Однако в данном режиме электромагнитный момент М направлен против вращения ротора, т. е. является тормозящим. Этот режим работы асинхронной машины называют режимом электромагнитного торможения. Так как ротор вращается в обратном направлении (относительно направления магнитного поля), то:

$$n_2 < 0, \; a \;\; s > 1, \tag{3.6}$$

Таким образом, характерной особенностью асинхронной машины является наличие скольжения, т. е. неравенство частот вращения n_1 и n_2. Только при указанном условии в проводниках обмотки ротора индуцируется ЭДС и возникает электромагнитный момент. Поэтому машину называют асинхронной (ее ротор вращается несинхронно с полем).

4 Энкодер инкрементальный

Импульсный (или пошаговый) энкодер - это тот тип энкодеров, которые предназначаются для указания направления движения внешнего механизма, а также его углового перемещения.

Пошаговые энкодеры инкрементальные с определенным периодом формируют импульсы, которые соответствуют углу вращения вала. Эти энкодеры, в отличие от абсолютных энкодеров, не формируют выходные импульсы, когда их вал находится в покое. Пошаговые энкодеры связаны со счетными устройствами, что является необходимым условием для подсчета выходных импульсов и их преобразования в меру перемещения вала.

Инкрементальные энкодеры применяются в тех местах, где необходимо определить скорость вращения валов различных механизмов. Ось вала и ось энкодера соединяются механически с помощью гибкой переходной муфты, или с помощью жесткой втулки, а также энкодер может насаживаться прямо на вал, если ось энкодера является полой. В первом случае корпус энкодера жестко присоединяется к корпусу механизма, а не соосность и возможные биения компенсируют при помощи деформации гибкой втулки. В двух других случаях корпус энкодера и корпус механизма фиксируют штифтом, чтобы предотвратить их проворачивание друг относительно друга.

4.1 Принцип действия Энкодера

Внутри энкодера закрепляется жестко с валом стеклянный диск с метками (Рисунок 4.2). Линза применяется для концентрирования потока света. Светоизлучающий диод и фотоэлемент располагают при этом с разных сторон от

диска. Тогда количество света, которое приходит на фотоэлемент, будет изменяться в зависимости от положения рисок. Электронная плата будет преобразовывать сигнал, который получен от фотоприемника, в дискретный выходной сигнал. Количество импульсов сигнала, которое приходится на один оборот вала в самом простом случае будет совпадать с количеством рисок, нанесенных на диск инкрементального Энкодера. Выходной сигнал будет иметь два канала, в которых импульсы будут располагаться под углом в 90 градусов друг относительно друга, что в результате позволяет определить направление вращения. Характеристики энкодера представлены в таблице 4.1

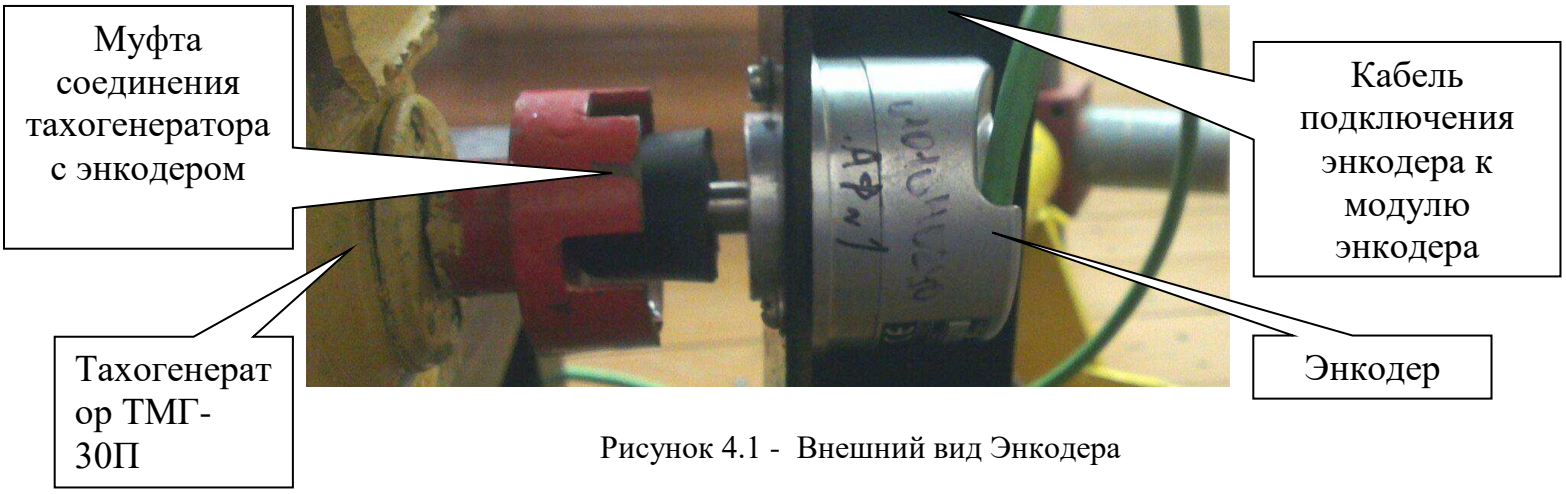


Рисунок 4.1 - Внешний вид Энкодера

Рисунок 4.2 - Принцип действия инкрементального энкодера

Таблица 4.1 - Характеристики Энкодера

Характеристики Энкодера	Значение
Напряжение Питания	10 ..30VDC
Выходные сигналы	HTL дорожки, нулевой импульс и инверсные сигналы
Количество импульсов на оборот	1000 PPR
Точность (в угловых секунды)	+/- (64,800) / Количество импульс за оборот
Ограничение частоты (-3 дБ)	300 кГц
Допустимая скорость Электрические	7,200RPM
Максимальная Механическая скорость	12000
Максимальная длина соединительного кабеля	100 метров
Индекс защиты	IP67 (корпус), IP 64 (вход вала)

Для квадратуры выхода энкодера используются два выходных канала, для того чтобы определить - вращается вал по часовой стрелке или против часовой стрелки, основанное на сдвиге фазы 90°±0° , допуск ±45° - приемлемый для спецификации сдвига фазы.

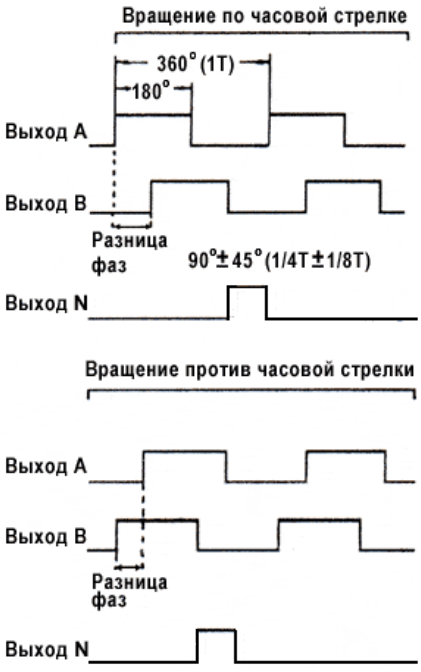


Рисунок 4.3 - выходные сигналы энкодера

5 Модуль энкодера

Модуль датчика MICROMASTER был разработан, чтобы позволить Преобразователю взаимодействовать с наиболее распространенными типами цифровых датчиков. Модуль датчика можно использовать для энкодера высокого напряжения транзисторной логики (HTL).

Рисунок 5.1 - Внешний вид модуля Энкодера

5.1 Подключение модуля

Модуль датчика MICROMASTER имеет 12 клеммных соединений, которые описаны в таблице 5.1

Таблица 5.1 - Виды клеммных соединений

Клемма	Описание
A	Канал A
AN	Канал A Инвертированный
B	Канал B
BN	Канал B Инвертированный
Z	Нулевой импульс
ZN	Нулевой импульс Инвертированный
18V	HTL связь клеммы с LK & 18V только)
LK	Напряжение питания Вала энкодера
5V	TTL связь клеммы с LK & 5V только)
VE	питание для энкодера
0V	питание для энкодера
PE	Защитное заземление

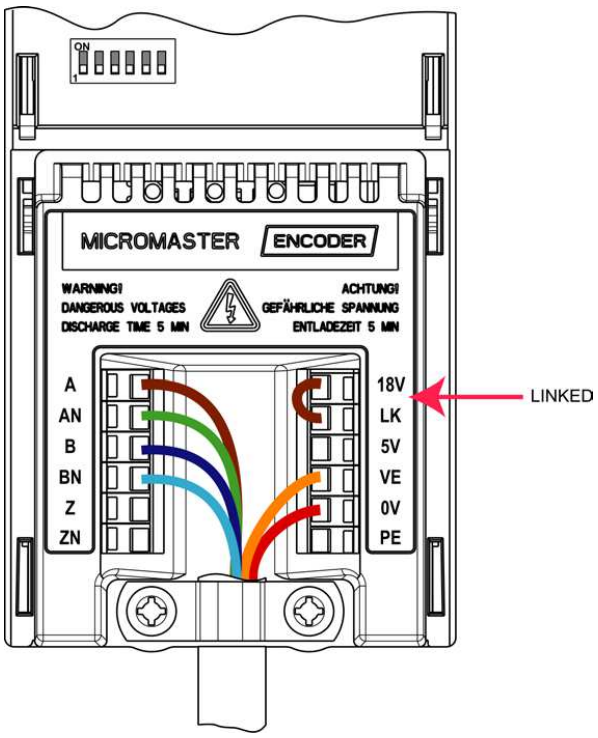


Рисунок 5.2 – Подключение модуля энкодера к инкрементальному энкодеру (HTL)

6 Тахогенератор постоянного тока ТМГ–30П

Тахогенератор постоянного тока - это машина постоянного тока с независимым возбуждением или возбуждением постоянными магнитами, работающая в генераторном режиме. По конструкции он почти не отличается от машин постоянного тока. Тахогенераторы постоянного тока служат для измерения частоты вращения по значению выходного напряжения, а также для получения электрических сигналов, пропорциональных частоте вращения вала в схемах автоматического регулирования. Тахогенератор ТМГ-30П являются маломощными машинами постоянного тока, имеет возбуждение от постоянных магнитов. Принцип действия тахогенератора основано на пропорциональности угловой частоты вращения ротора генератора его ЭДС при постоянном значении потока возбуждения. На рисунке 6.1 показан внешний вид ТМГ-30П.

Рисунок 6.1-Внешний вид тахогенератора ТМГ–30П

Рисунок 6.2 - Табличка тахогенератора

Таблица 6.1 - Основные характеристики тахогенератора

Характеристики	Значение
Номинальное напряжение, В	230
Сопротивление нагрузки, кОм	2,64
Номинальная частота вращения, мин $^{-1}$	4000
Класс точности	2,5
Погрешность отображения функциональной зависимости, %, не более	± 1
Режим работы	продолжительный
Масса, кг	3,34

6.1 Принцип действия тахогенератора

Тахогенераторы постоянного тока (ТГПТ) по принципу действия и конструкции не отличаются от обычных генераторов постоянного тока малой мощности (Рисунок 6.3). Стабилизация тока в обмотке возбуждения достигается посредством ее питания от источника стабилизированного напряжения и применения температурной компенсации изменения сопротивления обмотки.

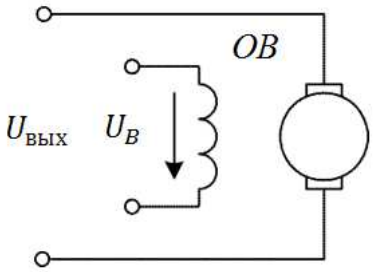


Рисунок 6.3 - к принципу действия ТГПТ

Особенность работы тахогенератора состоит в том, что якорь обычно

включен на постоянное сопротивление $R_н$.

$$I = \frac{E}{R_н + R_B} = \frac{cn\Phi_B}{R_н + R_B} \qquad (6.1)$$

где $R_в$ – внутреннее сопротивление тахогенератора;
c – конструктивная постоянная генератора;
n – скорость вращения якоря;
$\Phi_в$ – поток возбуждения.

Выходное напряжение тахогенератора:

$$U_{ВЫХ} = \frac{cn\Phi_B R_н}{R_н + R_н} \bullet n\,, \qquad (6.2)$$

Величины, характеризующие параметры, входящие в числитель и знаменатель дроби выражения (2), постоянны. Поэтому можно записать:

$$U_{вых} = k\omega\,, \qquad (6.3)$$

где ω – угловая частота вращения якоря, $с^{-1}$;
k – коэффициент преобразования тахогенератора.

$$k = \frac{30c\Phi_в}{\pi} \bullet \frac{1}{1 + \frac{R_в}{R_н}}\,, \qquad (6.4)$$

Уравнение (3), представляющее собой статическую характеристику тахогенератора, показывает, что напряжение на выходе тахогенератора пропорционально скорости вращения ω (Рисунок 6.4).

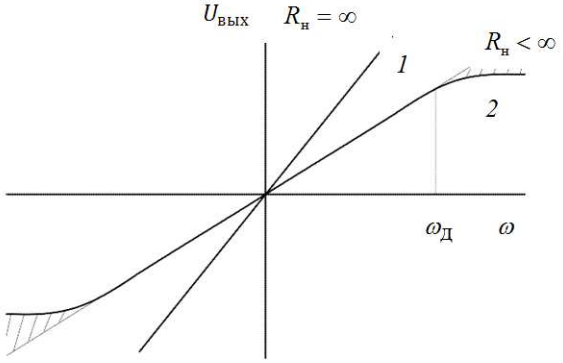


Рисунок 6.4 - статическая характеристика тахогенератора

Условие пропорциональности выполняется, если Фв - const. Однако магнитный поток возбуждения может изменяться под действием реакции якоря.

Если щетки расположены в нейтрали (Рисунок 6.5), то продольная составляющая реакции якоря (намагничивающая и размагничивающая) равна нулю. Поперечная же составляющая реакции якоря, искажая распределение индукции на поверхности якоря, изменяет величину магнитного потока лишь в том случае, если полюса и якорь находятся в стадии некоторого насыщения. Напряжение на выходе тахогенератора будет линейной функцией от скорости вращения, если щетки Тахогенератора будут находиться в нейтрали; полюса и якорь не будут насыщены; ток нагрузки не превысит значений, при которых под сбегающим краем полюса возникло бы насыщение из-за действия поперечной составляющей реакции якоря.

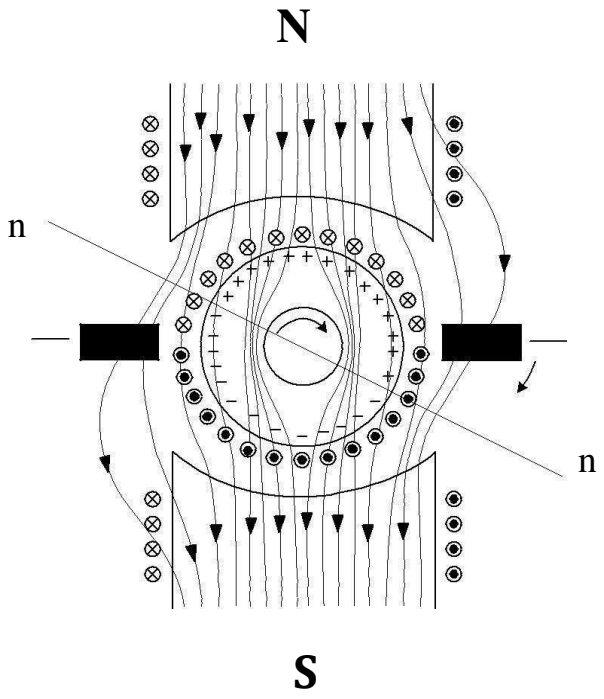


Рисунок 6.5 – Магнитное поле ТГПТ

На Рисунке 3.3 приведена зависимость Uвых = f(ω) при холостом ходе Rн=∞ и при некоторой нагрузке Rн<∞. Отклонение характеристики 2 от линейного закона вызывается тем, что с увеличением скорости вращения возрастает ток якоря, поперечные ампервитки якоря под сбегающим краем полюса все больше увеличивают индукцию, которая при $\omega > \omega_д$ достигает стадии насыщения, т.е. в дальнейшем изменяется не пропорционально ампер-виткам. Под набегающим же краем полюса происходит уменьшение индукции пропорционально ампер-виткам. В результате магнитный поток уменьшается, и характеристика 2 отклоняется от линейного закона. Таким образом, каждому заданному значению $R_н$ соответствует определенный диапазон скорости от нуля до $\omega_д$, в пределах которого напряжение является линейной функцией скорости

вращения. Причем этот диапазон возрастает с увеличением сопротивления нагрузки, коэффициент преобразования тахогенератора (4) также при этом увеличивается. Тахогенераторы постоянного тока имеют ряд преимуществ: при изменении направления вращения меняется полярность сигнала, меньше габариты и масса, проще схема компенсации температурной погрешности.

7 Электромагнитный тормоз

7.1 Устройство и принцип действия электромагнитного тормоза

Электромагнитные тормоза (ЭМТ) в настоящее время получили широкое распространение в качестве измерителей моментов на валу испытуемых машин, как электрических, так и неэлектрических. Они также применяются для создания переменных нагрузок на различные механизмы и для определения их к. п. д. Магнитная система тормоза состоит из крестовины, на сердечники которой надеты четыре катушки возбуждения, и раздвоенных полюсов, в воздушном зазоре которых вращается стальной диск, надетый на вал испытуемой машины. Возбуждение ЭМТ осуществляется постоянным током так, чтобы полярность полюсов чередовалась: С—Ю—*С*—Ю. Магнитный поток от полюса к полюсу замыкается по стальному диску. Во вращающемся диске индуктируются вихревые токи, взаимодействие которых с магнитным потоком создает тормозной момент.

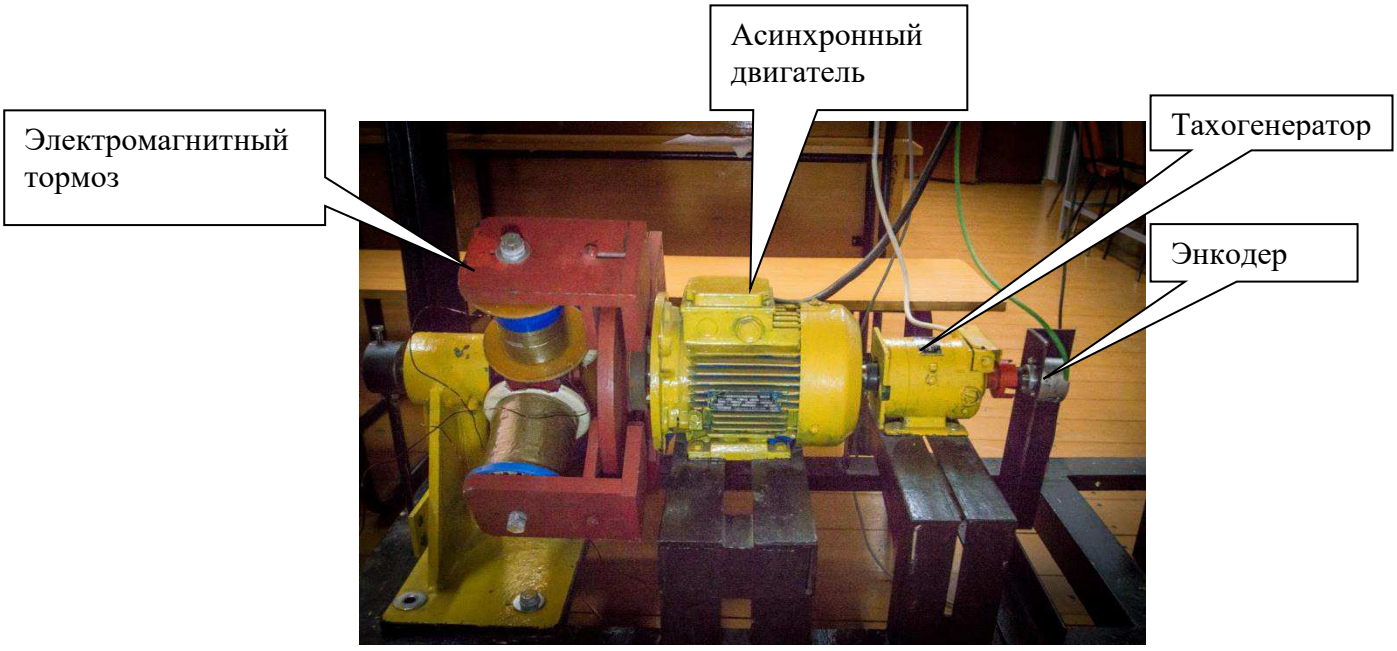


Рисунок 7.1- Внешний вид электромагнитного тормоза, асинхронного двигателя, тахогенератора и энкодера

7.2 Расчет мощности ЭМТ

Методика расчёта мощности ЭМТ с учётом его конструктивных параметров.

Исходные данные:

Конструктивные параметры и номинальные характеристики электромагнитов постоянного тока (обмоток возбуждения):

- диаметр катушек *d*ОВ=0.0835, (м);
- число витков *w*=500;
- номинальный ток обмотки возбуждения *I=3.5*, (А);
- материал (сталь);
- число дисков ЭМТ $n_д$=1;
- удельная электрическая проводимость γ, (См/м);
- абсолютная магнитная проницаемость стали μ, (Гн/м);
- число пар полюсов обмоток возбуждения *p*=2;
- Радиус диска ЭМТ до полюсов r=0.12,(м);
- угловая скорость вращения диска $\omega_{вр}$=140, (рад/с);
- воздушный зазор между диском ЭМТ и обмоткой возбуждения δ=2, (мм);
- толщина диска ЭМТ *h=0.018*, (м);
- внешний и внутренний радиусы диска ЭМТ $R_{ЭМТ}$=0.16, $r_{ЭМТ}$=0.028, (м)

Амплитуда поля возбуждения H_{0m} с учётом конструктивных особенностей диска вычисляется по формуле (7.2):

$$Hom = \frac{I \cdot w \cdot \mu 0 \cdot \pi \cdot d^2 ов}{4 \cdot \mu \cdot n \cdot \sigma \cdot h \cdot (Rэмт - rэмт)} = 34,487 \qquad (7.1)$$

Полюсное деление τ для произвольного числа пар полюсов вычисляется по формуле (7.2):

$$\tau = 2 \cdot r \cdot \sin(\frac{\pi}{2 \cdot p}) = 0.00328 \qquad (7.2)$$

$$\alpha = \frac{\pi}{t} = 955.182 \qquad (7.3)$$

Модуль вектора мгновенной скорости любой точки диска ротора ЭМТ, вращающегося с угловой скоростью ω, определяется формулой (7.4):

$$Vc = Wpaд \cdot r = 16.1 \qquad (7.4)$$

$$K1 = \gamma 0 \cdot \mu \cdot Wpaд = 9.856 \cdot 10^5 \qquad (7.5)$$

$$K2 = \gamma 0 \cdot \mu \cdot Vc \cdot \alpha = 1.083 \cdot 10^8 \qquad (7.6)$$

$$\lambda = \sqrt{\frac{K1 + K2}{2}} = 7.391 \cdot 10^3 \qquad (7.7)$$

$$C1 = \frac{2\lambda \cdot \alpha^3 \cdot \delta 0^2 \cdot \mu r^2 \cdot Hom}{(\alpha^2 \cdot \delta 0 \cdot \mu r - 2\lambda)^2 - \alpha^4 \cdot \delta 0^2 \cdot \mu r^2} = -3.308 \cdot 10^4 \quad (7.8)$$

$$C2 = \frac{2\lambda \cdot \alpha \cdot \delta 0 \cdot \mu r \cdot Hom \cdot (\alpha^2 \cdot \delta 0 \cdot \mu r - 2\lambda)}{(\alpha^2 \cdot \delta 0 \cdot \mu r - 2\lambda)^2 - \alpha^4 \cdot \delta 0^2 \cdot \mu r^2} = -3.281 \cdot 10^3 \quad (7.9)$$

$$k1 = \lambda \cdot C1 - \lambda \cdot C2 = -1.98 \cdot 10^6 \quad (7.10)$$

$$k1 = -\lambda \cdot C1 - \lambda \cdot C2 = 4.869 \cdot 10^8 \quad (7.11)$$

$$kз = \sqrt{k1^2 + k2^2} = 4.869 \cdot 10^8 \quad (7.12)$$

Итоговая суммарная мощность ЭМТ:

$$Pэмт = Nd \cdot (t \cdot \frac{kз^2}{\lambda \cdot \gamma 0}) \cdot ((Rэмт - rэмт) + h) = 3.957 \cdot 10^3 \quad (7.13)$$

Электромагнитный момент ЭМТ:

$$Mэмт = \frac{Pэмт}{Wрад} = 28.262 \quad (7.14)$$

7.2 Фазовый регулятор мощности на основе микросхемы К1182ПМ1Р

Фазовый регулятор на основе микросхемы К1182ПМ1Р предназначен для управления мощностью (ЭМТ) в цепях переменного тока напряжением 220в. Питание идет от сети постоянного тока через выпрямитель (диодный мост)

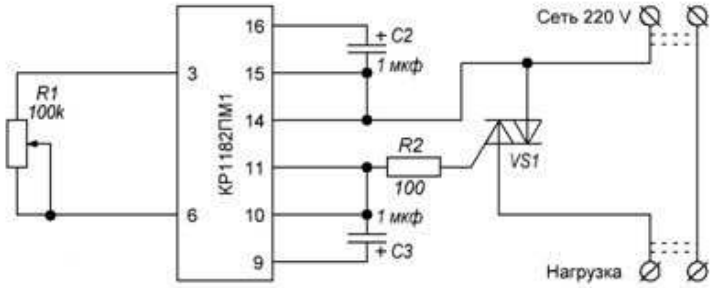


Рисунок 7.2 - Фазовый регулятор мощности на основе микросхемы К1182ПМ1Р

Таблица 7.1 - Описание элементов фазового регулятора К1182ПМ1Р

Символ	Обозначение элемента
R1	Потенциометр
C2,C3	Конденсатор электролитический
VS1	Симистор
R2	Резистор

К1182ПМ1Р	Микросхема фазового регулятора

Таблица 7.2 - Описание выводов микросхемы К1182ПМ1Р фазового регулятора

Номер вывода	Обозначение вывода
1	NC-не используется
2	NC-не используется
3	C- подключение емкости
4	NC-не используется
5	NC-не используется
6	C+ подключение емкости
7	NC-не используется
8	NC-не используется
9	UST2+ управляющий электрод
10	AC2 Напряжение сети
11	AC2 Напряжение сети
12	NC-не используется
13	NC-не используется
14	AC1 Напряжение сети
15	AC1 Напряжение сети
16	UST1+ управляющий электрод

7.3 Принцип действия фазового регулятора

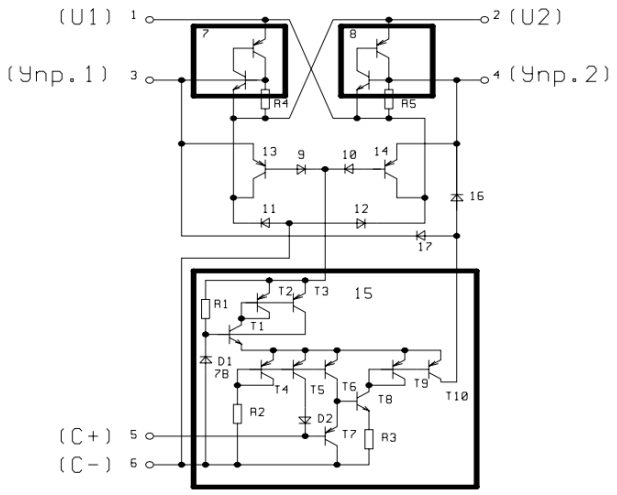


Рисунок 7.3 - структурная схема устройства для регулирования мощности

Устройство для регулирования мощности содержит два тиристора 7 и 8, включенных встречно-параллельно между силовыми выводами 1 и 2, управляемый преобразователь напряжения в ток 15 со входами 5 и 6 подключения управляющего элемента, запитываемый диодным мостом с диодами 9, 10, 11 и 12, включенным между силовыми выводами 1 и 2. Выход управляемого преобразователя напряжения в ток 15 через развязывающие диоды 17 и 16 подключен к входам 3 и 4 управления тиристорными элементами 7 и 8

соответственно. К входам управления 3 и 4 также подключены эмиттеры транзисторов 13 и 14 P-N-P-типа проводимости, база-коллекторный переходы которых включены последовательно с диодами 9 и 10 двух плеч диодного моста.

Устройство работает следующим образом. При закрытых тиристорах 7 и 8 при подаче сетевого напряжения управляемый преобразователь напряжения в ток 15 будет запитываться через диодный мост (диоды 9, 10, 11, 12) и формировать на выходе ток величиной I. Уровень тока определяется уровнем управляющего напряжения на входе управления 5 относительно вывода 6 и может устанавливаться внешним элементом управления (резистором или емкостью).

Уровень задается потенциометром R. Если в данный момент времени на вывод 1 приложено более положительное напряжение, чем на вывод 2, то выходным током управляемого преобразователя 15 будет заряжаться емкость C2, подключенная к входу 3 управления тиристором 7.

Ток для питания управляемого преобразователя будет протекать через вывод 1, транзистор 14 P-N-P-типа проводимости, диод 10, управляемый преобразователь 15, диод 11 и вывод 2 УРМ. Транзистором 14 емкость C1 будет поддерживаться в разряженном состоянии. Когда напряжение на емкости C2 возрастет до уровня, соответствующего порогу открывания тиристора 7, последний включится и будет пропускать ток в нагрузку.

Управляемый преобразователь 15 шунтируется тиристором 7, который остается включенным до конца полупериода сетевого напряжения (или до конца протекания тока при работе на индуктивную нагрузку). Таким образом, управляемый преобразователь 15 с помощью емкости C2 сформирует задержку включения тиристора 7. При пороге открывания тиристора 0.7В. После того как напряжение между выводами 1 и 2 изменит свою полярность, т.е. напряжение на выводе 2 станет более положительным, чем на выводе 1, тиристор 7 окажется включенным в обратном направлении и не будет пропускать ток, а диодный мост из диодов 9, 10, 11 и 12 начнет запитывать управляемый преобразователь 15. Ток будет протекать через вывод 2, база-коллекторный переход транзистора 13, диод 9, преобразователь 15, диод 12, вывод 1. Емкость C2, подключенная между выводами 3 и 2, начнет разряжаться транзистором 13; емкость C1, подключенная между выводами 4 и 1, начнет заряжаться выходным током управляемого преобразователя 15, и через время t, напряжение на ней достигнет порогового уровня включения тиристора 8. Тиристор включится, начнет пропускать ток в нагрузку и зашунтируемый управляемый преобразователь. Таким образом, на одной полуволне сетевого напряжения одна из емкостей заряжается и с необходимой задержкой включает тиристор, другая емкость разряжается одним из дополнительных транзисторов, включенных в плечо диодного моста, на другой полуволне функции емкостей меняются. Резисторы R4 и R5 служат для разряда емкостей C1 и C2 при отключении устройства от сети.

8 Восстановление механической конструкции и потерянных деталей, а также сборка всех аппаратных частей

Сборка лабораторного стенда началась с установки на лабораторный стол оборудования, а именно:

1. Автоматический выключатель QS2(трехфазный) и QS(однофазный);
2. Преобразователь частоты Micromaster 440;
3. Асинхронный двигатель 5А80МА4;
4. Электромагнитный тормоз;
5. Тахогенератор ТМГ-30П;
6. Кодовый диск (Энкодер инкрементальный);
7. Датчик Скорости;
8. Тормозной резистор;
9. Предохранитель тугоплавкий.

Установка производилась по принципиальной схеме, представленной на рисунке 8.1

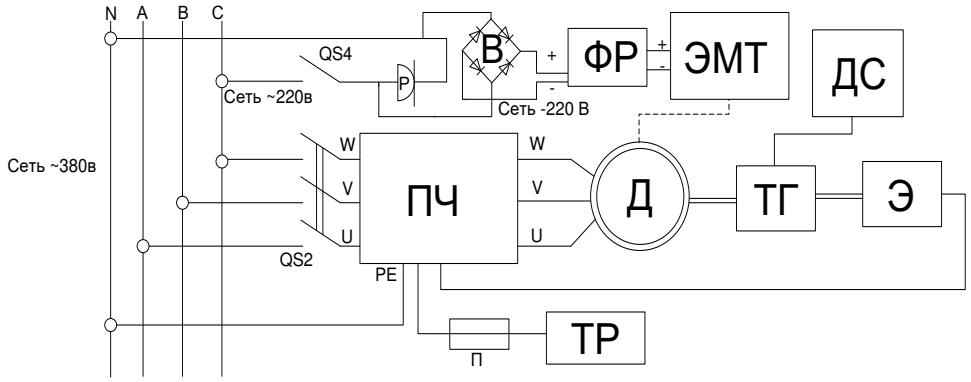


Рисунок 8.1 - Принципиальная электрическая схема лабораторного стенда

Таблица 8.1 - Буквенные обозначения схемы

Буквенные обозначения	Расшифровка
ПЧ	Преобразователь частоты
Д	Асинхронный двигатель
ТГ	Тахогенератор
ЭМТ	Электромагнитный тормоз
ДС	Датчик скорости
Э	Кодовый диск
QS2, QS4	Автоматический выключатель
Р	Розетка 220V
РЕ	Земля
П	Предохранитель тугоплавкий
ТР	Тормозной резистор
В	Выпрямитель
ФР	Фазовый регулятор

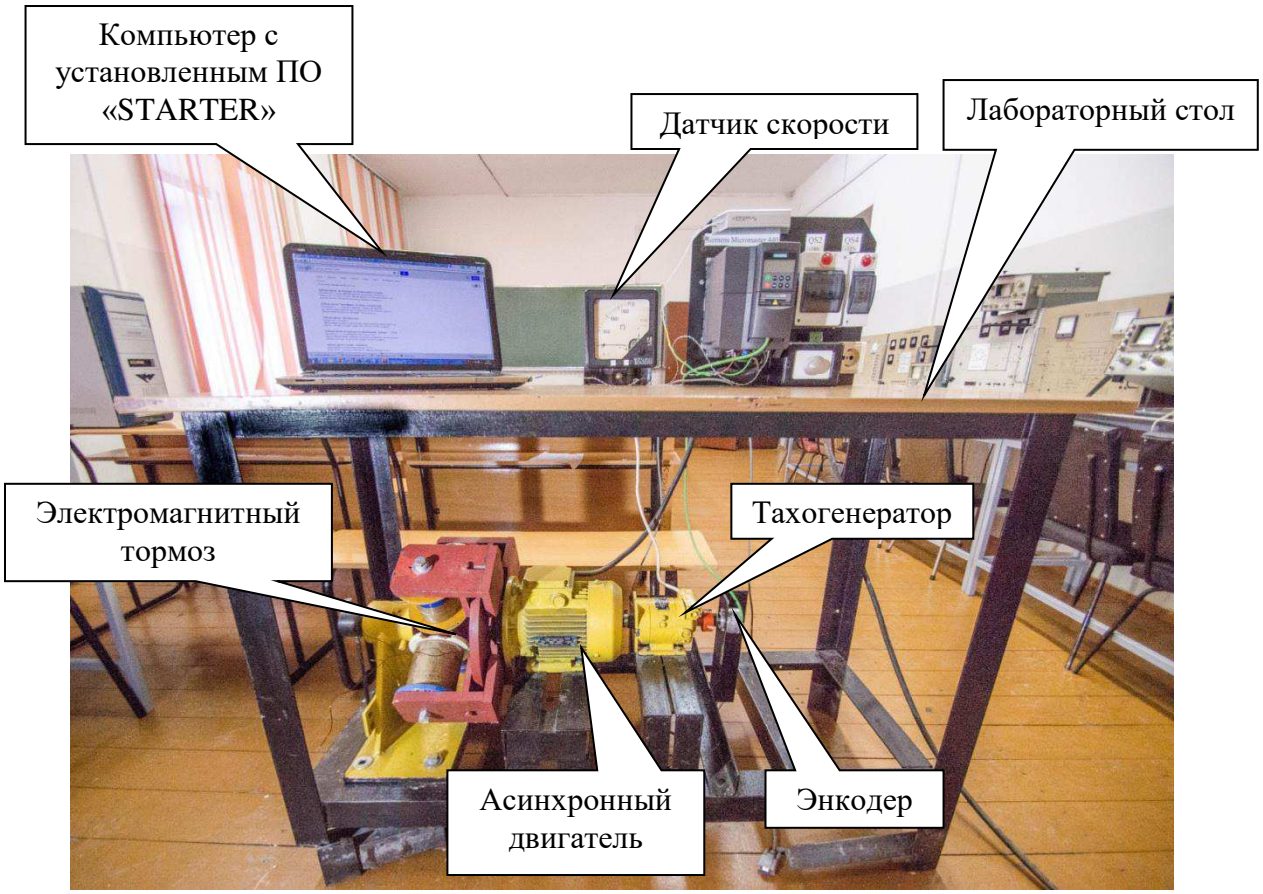


Рисунок 8.2 - лабораторный стенд «Частотно регулируемый асинхронный электропривод на основе преобразователя SIEMENS Micromaster 440»

Рисунок 8.3 - лабораторный стенд «Частотно регулируемый асинхронный электропривод на основе преобразователя SIEMENS Micromaster 440»

Все детали жестко закреплены на лабораторном столе, между двигателем, тахогенератором ТМГ-30П и энкодером - механическая связь (соединены резиновой муфтой)

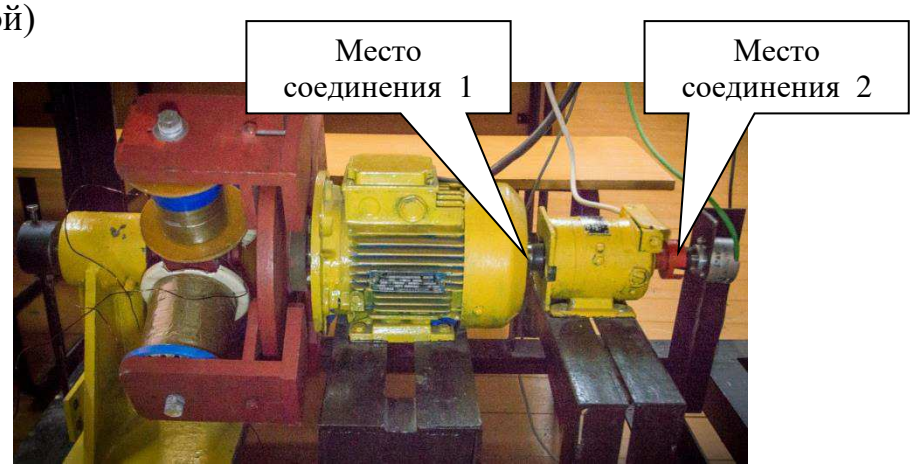


Рисунок 8.4 – Места механических соединений в лабораторном стенде

8.1 Наладка оборудования и ввод в эксплуатацию стенда

Установив оборудование на лабораторный стенд, нам предстояла задача его запустить и синхронизировать его с персональным компьютером для обмена данных, т.е для запуска преобразователя Micromasrter 440 требуется программное обеспечение от компании Siemens «STARTER»

8.1.1 Программное обеспечение для эксплуатации преобразователя частоты Micromaster 440- Siemens «STARTER»

Настройка и параметрирование преобразователя частоты может осуществляться как посредством панели управления BOP (Basic Operator Panel), так и посредством персонального компьютера с использованием специального программного продукта, например DriveMonitor или Starter и адаптера интерфейса USB/RS-485.

Программное обеспечение «STARTER» поддерживает вас в параметризации, вводе в эксплуатацию, диагностики и обслуживания. Настоящей изюминкой: «STARTER» можно импортировать все данные из электронных табличках компонентов привода. Это ускоряет параметризации, предотвращает любые неправильные записи, тем самым уменьшая затраты значительно. Интегрированные функции тестирования Вы можете проверить конфигурацию и автоматически оптимизировать. Заданные и фактические значения могут быть записаны и времени и частоты домена показ. Кроме того, «STARTER» предоставляет графический интерфейс конфигурации для хорошего обзора и удобного обращения, а также автоматическую генерацию отчетов приемки безопасности.

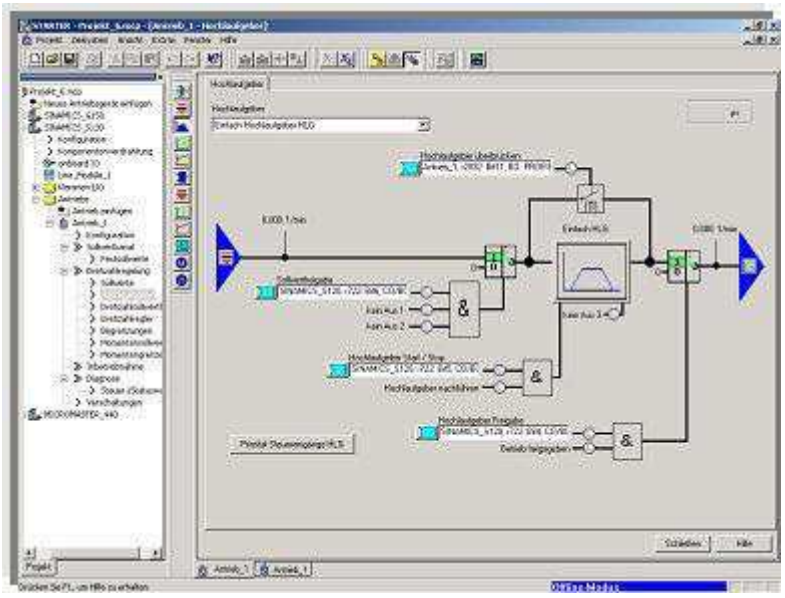


Рисунок 8.5 - Рабочее окно программы «STARTER»

Через данную программу производили настройку, т.е вбивали параметры оборудования использованного на стенде в преобразователь частоты (мощность двигателя, номинальный ток и обороты двигателя, частота сети, способ подключения к компьютеру). Более подробно это работа описана в главе 9 «Разработка методических указаний для выполнения лабораторных работ»

8.1.2 Принцип программирования частотного преобразователя

Система управления преобразователя работает по параметрам, доступ к контролю и изменению которых возможен по шине Profibus, а также, через базовую панель оператора. Это означает, что процессор частотного преобразователя уже имеет очень большой набор программ и подпрограмм, в которых наладчику достаточно лишь задать некоторые параметры (числа), чтобы процессор понимал и был готов выполнять требуемые функции по тому или иному способу управления выходным напряжением преобразователя, а следовательно, и двигателя.

Параметр это числовое значение, характеризующее физическую величину, некоторое свойство или команду управления. Параметр имеет имя (номер) в виде буквы и четырехзначного числа, и значение.

Имя параметра выглядит следующим образом - индекс и четыре цифры, например P0003. Индекс (буква) в имени параметра указывает на тип параметра, цифры – это порядковый номер в системе параметров.

Для того чтобы узнать значение параметра - нужно зайти в него. Означает это, что если требуется узнать значение параметра, нужно вывести это значение пользуясь, например, кнопками базовой панели оператора, на индикатор.

Любой параметр имеет свой разрешенный диапазон изменения и ему изначально присвоено какое-то значение, определенное на заводе-изготовителе. Частотный преобразователь Micromaster 440 имеет около 2000 всевозможных

параметров, часть из которых предназначена только для контроля, другая часть может изменяться наладчиком оборудования.

Параметры бывают двух видов:

- параметры с индексом «r» - только для просмотра
- параметры с индексом «P» - для изменения.

Изменяемые параметры предназначены для управления работой преобразователя,

читаемые – для контроля состояния и процесса работы преобразователя и двигателя.

Для удобства работы с обширным набором параметров они разбиты на 23 группы.

Дело в том, что индикация и управление параметрами осуществляется с весьма примитивной Базовой панели оператора, которая позволяет просматривать параметры только последовательно, в порядке изменения их номеров. Для изменения имени (номера) параметра на единицу нужно нажать кнопку "больше" или кнопку "меньше" один раз. И для просмотра всего двух параметров, например P0002 и P0502 пришлось бы нажимать кнопку 500 раз. На самом деле при длительном нажатии на кнопки "больше" или "меньше" происходит быстрое пролистывание списка параметров.

Но если выбрать некоторую группу параметров, например характеризующую работу асинхронного двигателя, то параметры будут индицироваться выборочно, только те, что относятся к конкретной группе.

Количество индицируемых при "перелистывании" параметров группы может быть изменено и выбором одного из пяти уровней доступа к параметрам группы.

Можно выбрать один из пяти уровней доступа в группе:

1. “Список параметров, определенных пользователем” : набор параметров определяемый пользователем. Здесь наладчик может задать список тех параметров, к которым он обращается чаще всего. И это ускорит его работу по настройке частотного преобразователя.
2. “Стандартный”: этот набор параметров позволяет настроить работу привода в технологическом процессе, обеспечить его связь с внешними системами управления через клеммы преобразователя.
3. “Расширенный”: позволяет конфигурировать и подстраивать вход/выходы преобразователя, производить выбор функциональных свойств преобразователя, настройка связи по шине Profibus;
4. “Экспертный”: предоставляет пользователю изменять все настройки преобразователя, влияющие на работу привода в технологическом процессе, осуществлять точную настройку, производить диагностику работы привода и его внутренних контуров регулирования и управления (для использования высококвалифицированным персоналом);
5. “Сервисный”: этим набором параметров пользуются при диагностировании работы системы управления привода на предмет определения неисправностей и специальной перенастройки привода под специальные задачи

привода. Обычному пользователю этот набор недоступен – может быть защищен паролем.

Выбрав группу параметров и уровень доступа (что меняет количество доступных к просмотру или изменению параметров в группе) можно ограничить рабочее меню параметров только необходимым в данный момент набором. Уровень доступа задается в значении параметра с именем (номером) P0003. Не все параметры можно изменять когда двигатель уже работает, поэтому изменять значение параметров следует только при остановленной работе привода!

8.1.3 Параметрирование привода

После того, как схема собрана, необходимо подать питание на преобразователь, включив источник. Преобразователь включиться, теперь можно произвести параметрирование преобразователя при помощи ВОР для работы с электродвигателем без изменения назначений кнопок управления с минимальным количеством вводимых данных (так называемый быстрый старт), проделав последовательно шаги, показанные на рисунке (8.6).

Будьте внимательны при параметрировании преобразователя, в случае некорректного задания параметров электродвигателя возможен выход дорогостоящего оборудования из строя.

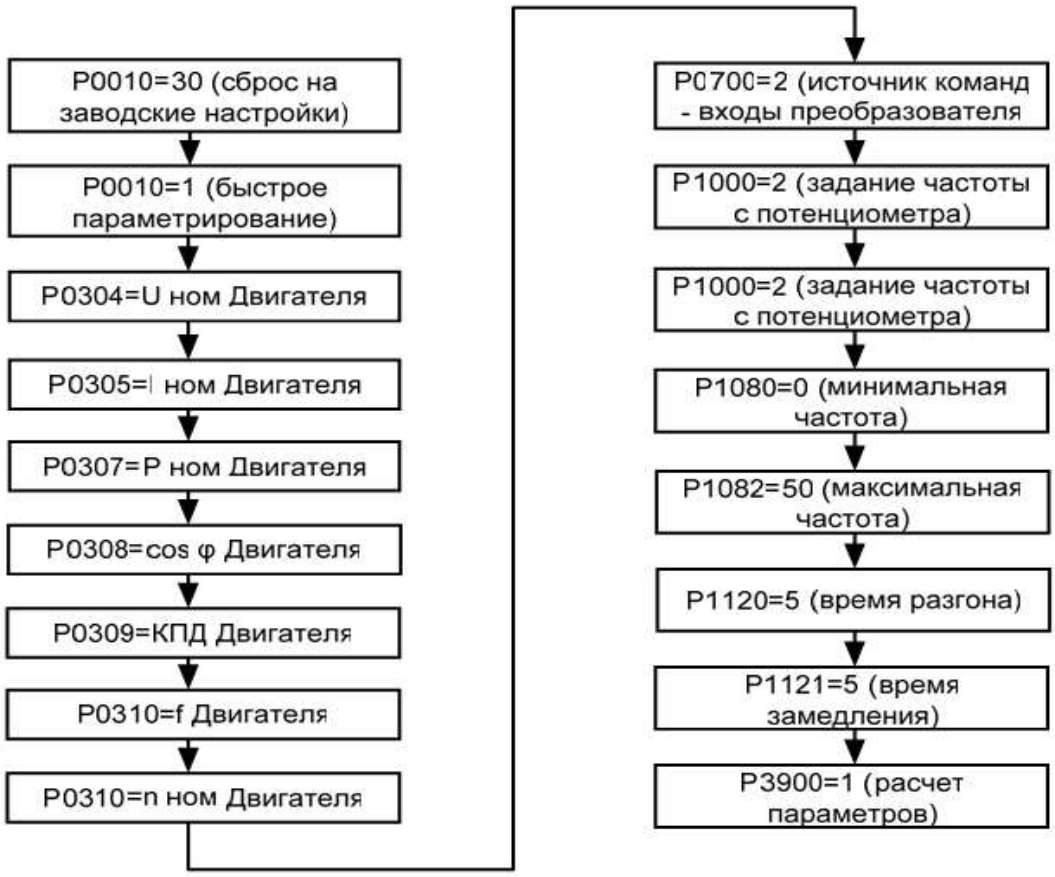


Рисунок 8.6 - Порядок параметрирования преобразователя при «быстром старте»

8.1.4 Ошибки при настройке оборудования

При возникновении ошибки связанной с чтением COM порта в программе «STARTER» появится следующее сообщение:

Рисунок 8.7 – Сообщение об ошибке в «STARTER»

Для устранения данной неисправности необходимо:

1. Проверить правильность подключения витой пары к преобразователю интерфейсов RS(контакты A-B).

Рисунок 8.8 – Преобразователь интерфейсов RS

2. Сравнить совпадают ли интерфейс и скорость передачи данный в программе «STARTER» и в параметрах порта «Windows».

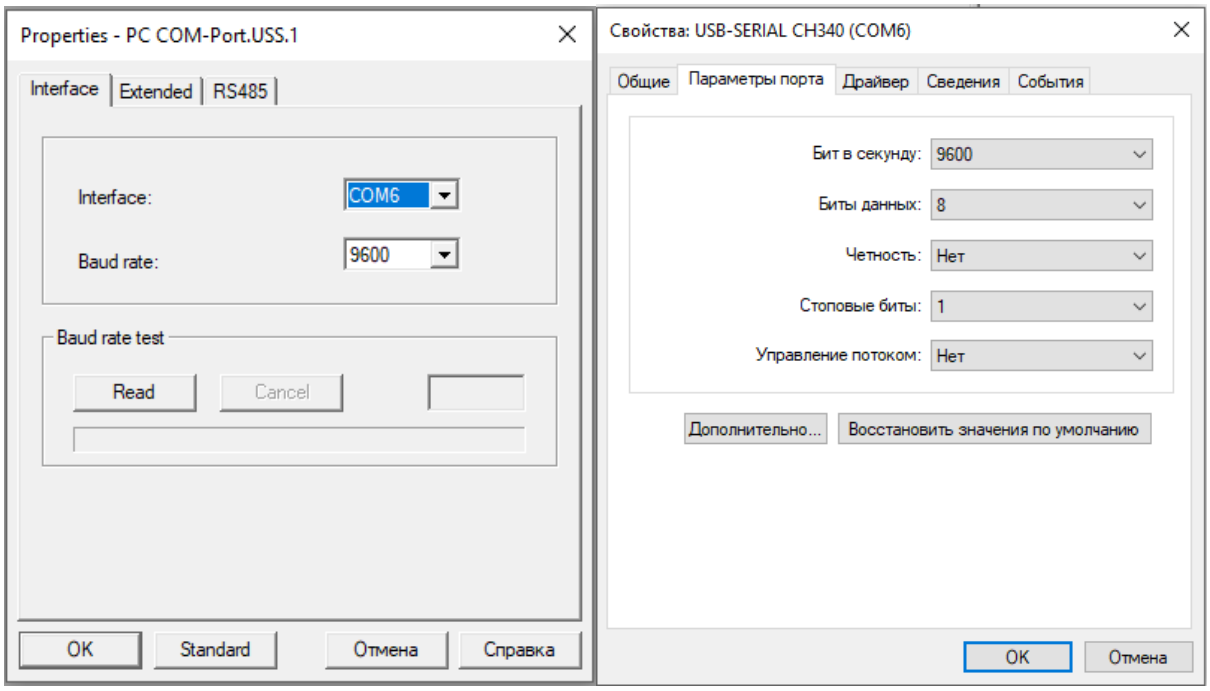


Рисунок 8.9 – Окна параметров интерфейса

3. Установить правильную версию устройства в настройках. Данный частотный преобразователь имеет версию 2.09, то есть в программе «STARTER» необходимо выбрать версию 2.00.

4. Проверить параметры P0918 и P0927.

При возникновении ошибки связанной со сменой очередности порта во время работы появится следующая ошибка:

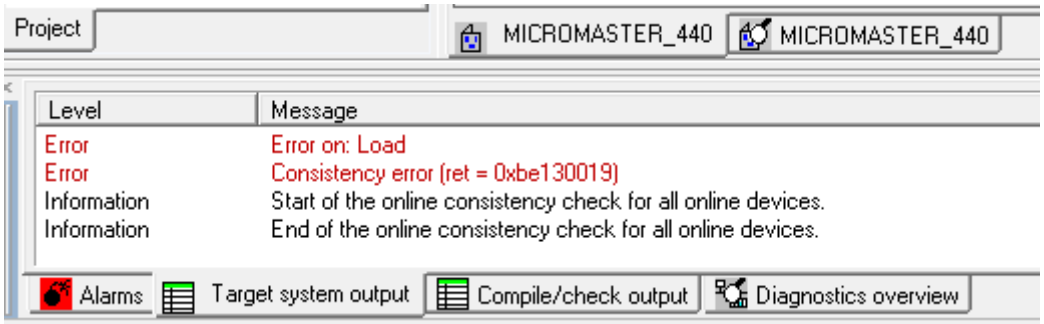


Рисунок 8.10 – Преобразователь интерфейсов RS

Данная неисправность решается с помощь перезагрузки «Windows».

Индикацией в работоспособности и процессе передачи данных является сообщение на экране частотного преобразователя.

Рисунок 8.11 – Сообщение на экране частотного преобразователя

9 Разработка методических указаний для выполнения лабораторных работ

9.1 Методические указания к лабораторным работам на стенде «Частотно регулируемый асинхронный электропривод на основе преобразователя SIEMENS Micromaster 440»

9.1.1 Лабораторная работа №1. Скалярное управление частотно-регулируемого электропривода с помощью базовой оперативной панели «BOP»

Цель работы:

Изучить управление электропривода с помощью базовой оперативной панели «BOP».

Программа работы:

1. Ознакомиться с методом настройки преобразователя MICROMASTER 440, с помощью базовой оперативной панели «BOP»;
2. Запуск частотно-регулируемого электропривода;
3. Регулирование скорости электропривода, заданием частоты.

Порядок работы:

1.Ознакомиться с внешним видом и назначением клавиш базовой оперативной панели (рисунок 9.1 и таблица 9.1 соответственно)

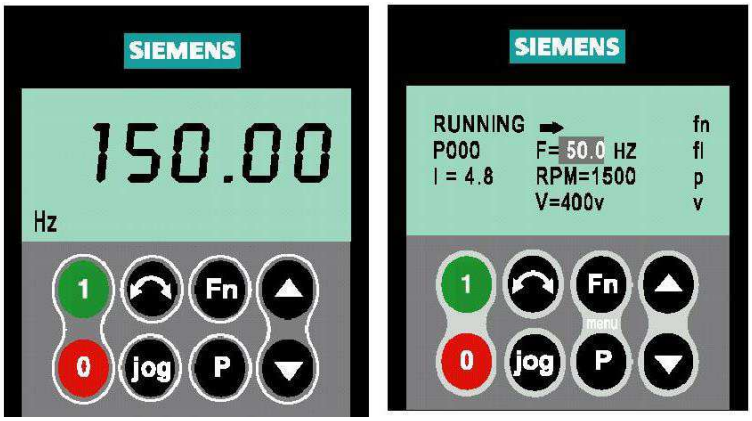
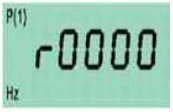


Рисунок 9.1 - Внешний вид базовой оперативной панели

Таблица 9.1 - Назначение клавиш базовой оперативной панели оператора

Клавиша	Функция	Назначение
	Индикатор состояния	LCD показывает установку или параметр, с которой преобразователь работает в данный момент.
	Пуск двигателя	При нажатии клавиши преобразователь пускается. Эта клавиша является по умолчанию пассивной. Клавишу активизируют установкой P0700 =1
	Стоп двигателя	OFF1 - Нажатие клавиши приводит к остановке преобразователя по выбранной рампе скорости. По умолчанию клавиша пассивна, активизируется установкой P0700 = 1. OFF 2 - Двойное нажатие (или длительное удержание) вызывает свободный выбег электродвигателя до остановки.
	Реверс вращения	Нажатие этой клавиши вызывает реверсирование (изменение направления вращения) электродвигателя. Обратное вращение отображается знаком минус (-) или мигающей десятичной точкой. По умолчанию клавиша пассивна, активизируется установкой P0700 = 1.

	Толчковый режим	Нажатие этой клавиши при остановленном преобразователе обеспечивает пуск электродвигателя с заданной JOG-частотой. После отпускания клавиши преобразователь останавливает двигатель. Нажатие клавиши при работающем преобразователе с электродвигателем, не приводит ни к каким действиям
	Функции	Эта клавиша может использоваться для отображения дополнительной информации. Клавиша должна нажиматься и удерживаться в течение 2 секунд. Она указывает при работе следующее 1.Напряжение звена постоянного тока (Обозначено буквой d) в (V); 2. Выходной ток (A); 3. Выходная частота (Hz); 4. Выходное напряжение (V); 5. Величину (выбранную в P0005).
	Доступ к параметрам	Нажатие этой клавиши обеспечивает доступ к параметрам и настройкам привода
	Увеличить значение	Нажатие этой клавиши увеличивает отображаемое значение. Для изменения задания частоты с помощью BOP необходимо установить P1000 = 1
	Уменьшить значение	Нажатие этой клавиши уменьшает отображаемое значение. Для изменения задания частоты с помощью BOP нужно установить P1000 = 1

2.3 апуск частотно-регулируемого электропривода:

-На MICOMASTER 440 устанавливается базовая оперативная панель BOP;

-Включаются автоматические выключатели *QS1, QS2;*

-На *MICROMASTER 440* нажимается клавиша «Доступ к параметрам» для доступа к параметрам;

-Клавиша «Увеличить значение» нажимается до появления требуемого параметра;

-Клавиша «Доступ к параметрам» нажимается для доступа к значению;

-Клавиши «Увеличить значение» и «Уменьшить значение» нажимаются до установки требуемого значения;

-Нажимается клавиша «Доступ к параметрам» для возврата и записи значения;

-Аналогичным образом вводятся значения для следующих параметров (таблица 2);

-Клавиша «Увеличить значение» нажимается до появления параметра r0000;

-Клавиша «Доступ к параметрам» нажимается для выхода из режима параметрирования и запуска;

-Клавиша «Пуск двигателя» нажимается для запуска двигателя.;

-Клавиши «Увеличить значение» и «Уменьшить значение» нажимаются для установки требуемого значения частоты;

-Клавиша « Стоп двигателя»нажимается для остановки двигателя;

-Выключаются автоматические выключатели *QS1, QS2*.

Таблица 9.2 - параметры для быстрого параметрирования

Параметр	Значение
P0010	1 - быстрое параметрирование
P0100	0- мощность кВт, частота 50Гц
P0304	380 - номинальное напряжение двигателя устанавливается в Вольтах
P0305	2,8 - номинальный ток двигателя, устанавливается в амперах
P0307	1,1 - номинальная мощность двигателя (кВт)
P0310	50 - номинальная частота двигателя, устанавливается в Герцах
P0311	1410 - номинальная скорость двигателя (об/мин)
P0700	1 - операторская панель
P1000	1 - операторская панель
P1080	5 - Минимальная частота. Устанавливает минимальную частоту двигателя
P1082	50 - Максимальная частота двигателя. Устанавливает максимальную частоту двигателя в Гц.
P1120	10 - Время разгона (Сек). Время, за которое двигатель разгоняется с остановленного состояния до максимальной скорости
P1121	10 - Время торможения (Сек). Время, за которое двигатель затормозится с максимальной скорости до полной остановки
P3900	1 - завершение быстрого ввода с расчетом двигателя и заводскими установками (рекомендуется)

Задание:

- Ввести параметры в *MICROMASTER 440*;
- Запустить частотно-регулируемый электропривод;
- Установить частоту: 10 Гц, 20 Гц, 30 Гц, 40 Гц, 50 Гц.

9.1.2 Лабораторная работа №2 Скалярное управление частотно – регулируемого асинхронного электропривода через BOP-Link RS485 (с компьютера)

Цель работы:

Изучить управление частотно-регулируемого асинхронного электропривода через BOP-Link RS485 (с компьютера). Исследование динамических регулировочных характеристик.

Программа работы:

1. Ознакомиться с конструкцией электромагнитного тормоза (ЭМТ), двигателя, тахогенератора, преобразователя;
2. Подготовка комплекса к запуску электропривода;
3. Снятие регулировочных характеристик в динамике.

Порядок работы

1. Ознакомиться с внешним видом панели связи MICROMASTER440 с персональным компьютером;
2. Подключается к компьютеру переходник «RS485(COM)-USB» в точно отведенное ему место (для сохранения очередности порта);

Рисунок 9.2 - Внешний вид переходника «RS485(COM)-USB» MICROMASTER440 с персональным компьютером (PC to MM440 Connection)

3. Включаются автоматические выключатели QS1, QS2;
4. Включается персональный компьютер;
5. Запускается программа «STARTER» на рабочем столе;

6. В появившемся окне «Project Wizard Starter» выбирается иконка «Arrange drive units' offline…»;

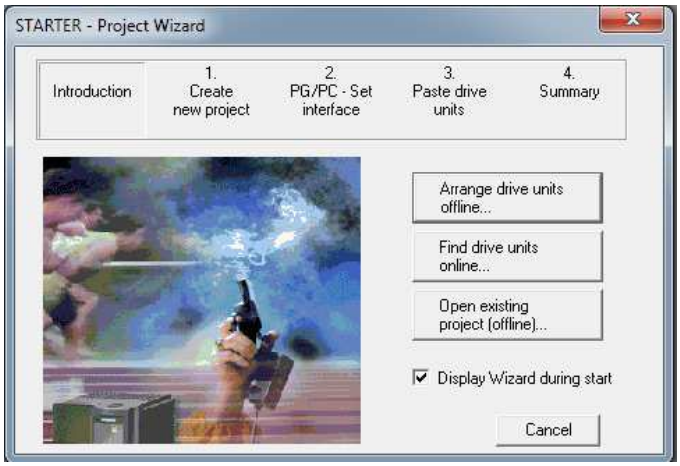


Рисунок 9.3- окно Project Wizard Starter

7. В окне «Project Wizard Starter → 1.Create new project», вводится название проекта и имя автора. Например «Project», автор Student;

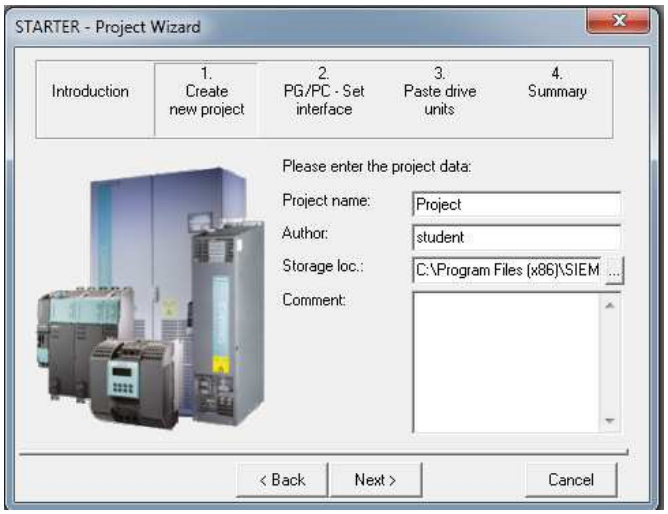


Рисунок 9.4 –окно «Create new project»

8. В окне «Project Wizard Starter → 2 PG/PC Set interface», нажимается иконка «PG/PC».;

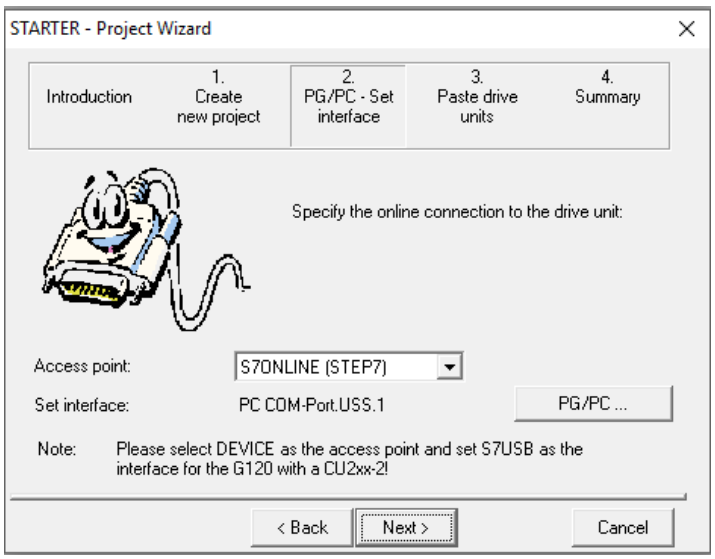


Рисунок 9.5 - окно «Project Wizard Starter → 2 PG/PC Set interface»

9. В появившемся окне «Set PG/PC Interface», в выделенной зоне «Interface» выбирается окно «S7ONLINE (STEP7)……»;

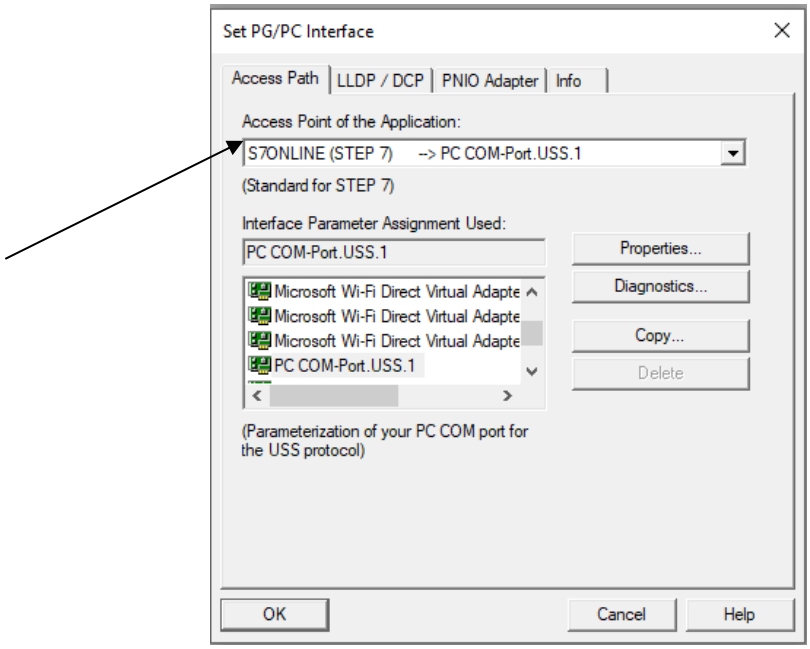


Рисунок 9.6 - Set PG/PC Interface

10. В окне «Install/Remove Interface» для инсталляции выбираем «PC COM-Port (USS)»;

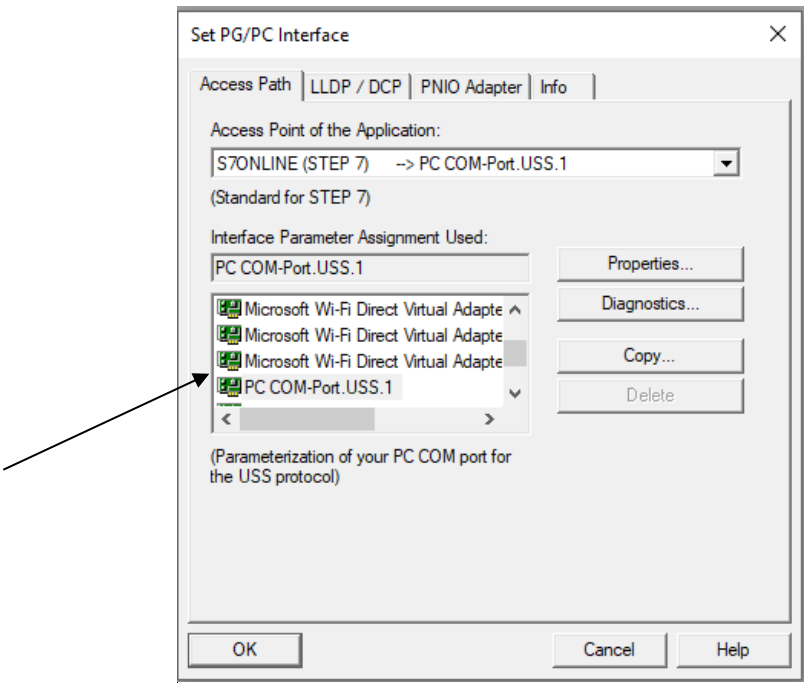


Рисунок 9.6 – окно «Install/Remove Interface»

11. Закрывается окно Install/Remove Interface. Иконкой «Properties...» изменяются настройки COM-порта, оставляем их по умолчанию. Иконкой «Diagnostics...» открывается окно «USS network diagnostics», в нем нажимается иконка «Test – slaves»;

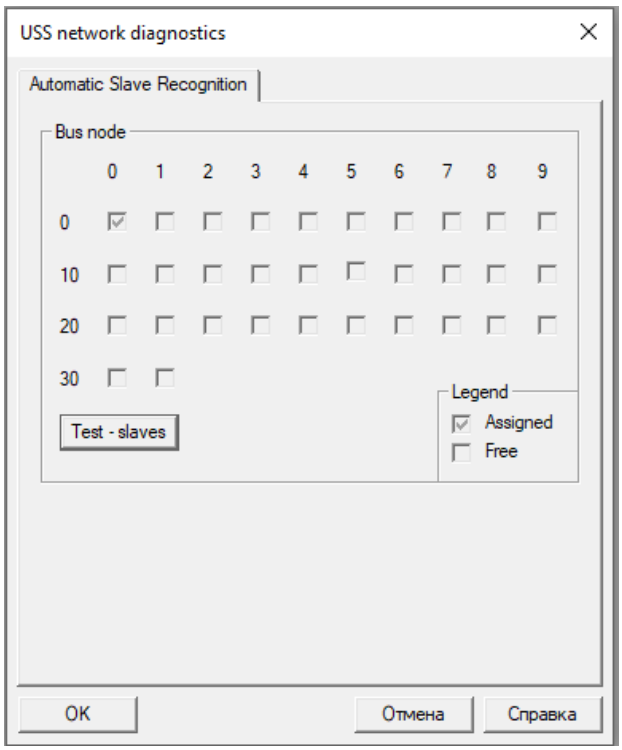


Рисунок 9.7 – окно «USS network diagnostics»

После окончания теста, в зоне «Bus node» на пересечении двух нулей появляется галочка. Нажимается «ОК», чтобы закрыть окно. В окне «Set PG/PC Interface» нажимается «ОК», чтобы закрыть окно. В окне «Project: Wizard Starter» нажимается «Continue».

12. В окне «Project Wizard Starter → 3. Paste drive units » вводятся параметры и адрес преобразователя, например:

- Device: Micromaster;
- Type: 440;
- Version: v2.0;
- Bus addr.: 0;
- Name: Drive unit 0.

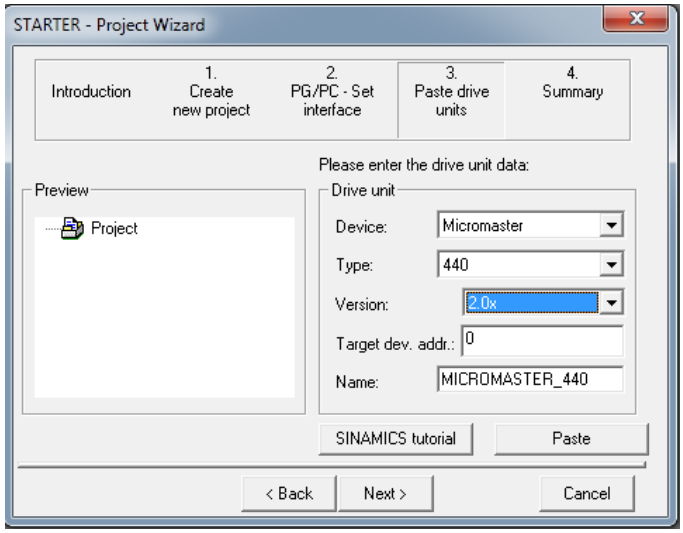


Рисунок 9.8 – «Paste drive units»

Для установки выбранного преобразователя нажимается Paste. Продолжить: «next».

13. В окне «Project Wizard Starter → 4. Summary», просматриваются данные введенные выше. Нажимается «Complete»;

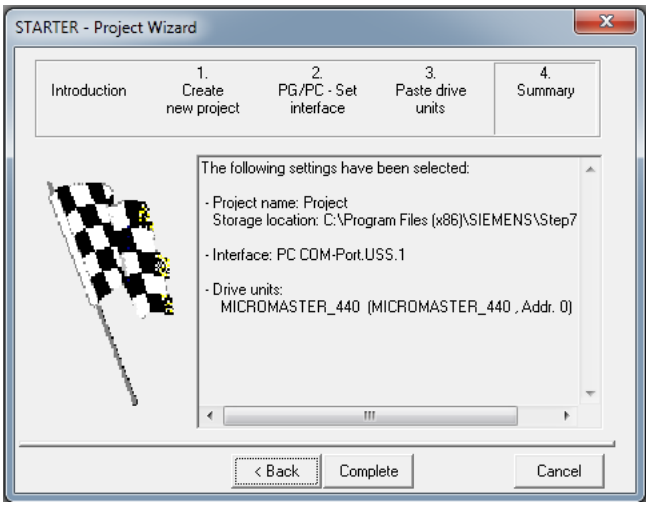


Рисунок 9.9 – окно «Project Wizard Starter → 4. Summary»

14. Открывается окно STARTER- Project, в левой области окна находится колонка Project navigator (подобие «Проводника»). В ней открывается “MICROMASTER_440”, далее открывается «MICROMASTER_440», в нем «Drive navigator»;

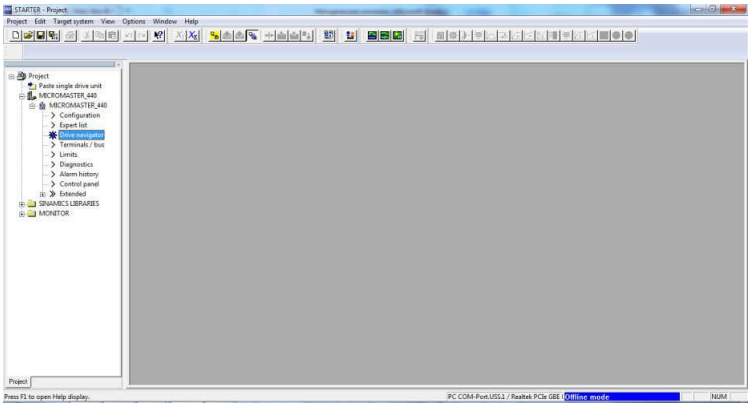


Рисунок 9.10-«окно STARTER- Project»

15. В правой области окна появляется закладка «Drive navigator»;

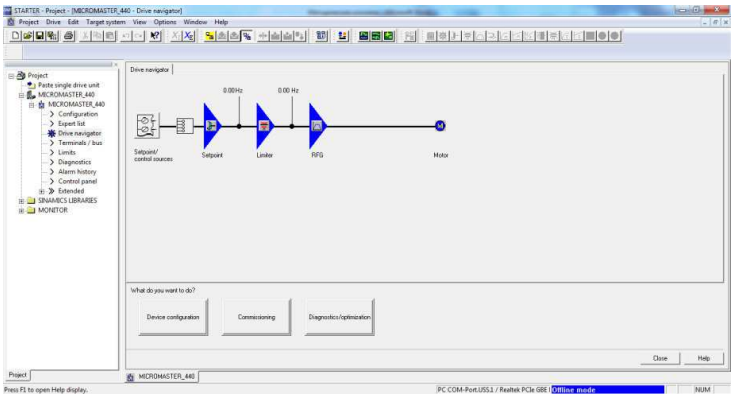


Рисунок 9.11- окно «Drive navigator»

16. Выбираем иконку “Device configuration”. В появившемся окне “Device configuration”, нажимается иконка “Carry out configuration”;

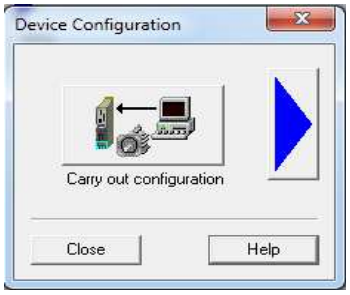


Рисунок 9.12 – окно «Device configuration»

17. В окне “Reconfiguration drive” подтверждается реконфигурация Драйвера;

Рисунок 9.13 - окно “Reconfiguration drive”

18. В окне “Drive configuration - MICROMASTER440 - Standard” устанавливаются следующие параметры:

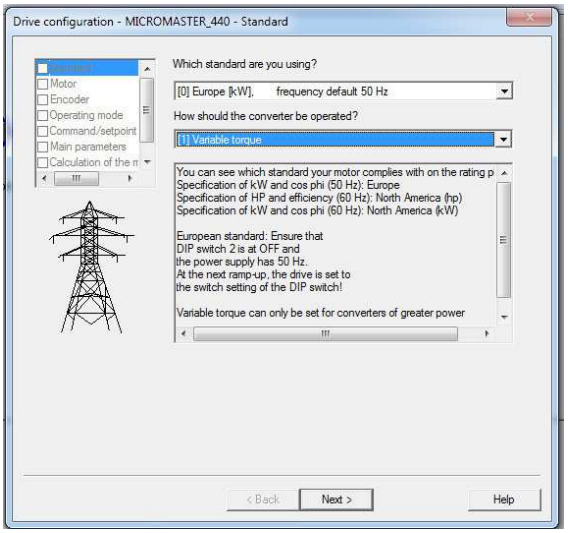


Рисунок 9.14 - окно “Drive configuration - MICROMASTER440 - Standard”

- Europe (kW), frequency default 50 Hz (0);
- Variable torque (1);
- Продолжить: «Continue».

19. В окне “Drive configuration - MICROMASTER 440 -Motor” устанавливаются параметры:

- Motor type: Asynchronous rotational motor;
- Rated voltage: 380 V;
- Rated current: 2,8 A;
- Rated power: 1,1 kW;
- Rated speed: 1410 rpm;
- Rated frequency: 50 Hz;
- Cos(phi): 0,8;
- Cooling: (Self-cooled: Using shaft mounted);

- Adapt motor temperature: 20 °C;
- Продолжить: «next».

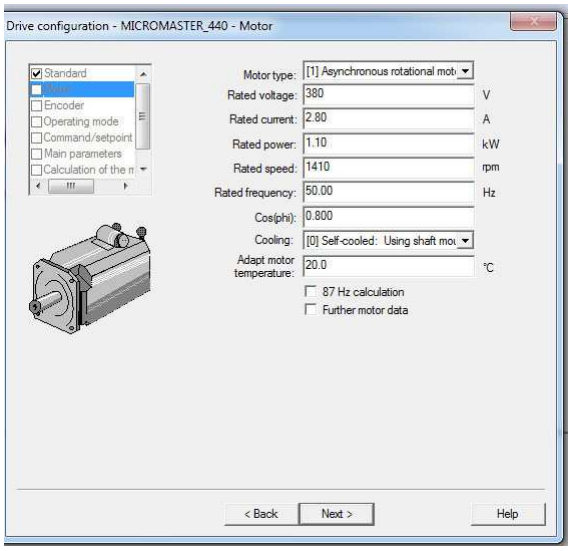


Рисунок 9.15 – окно “Drive configuration - MICROMASTER 440 -Motor”

20. В окне “Drive configuration - MICROMASTER440 - Encoder” устанавливаются параметры:
- Pulse encoder configuration: Quadrature encoder without zeropulse (2);
- Pulse encoder PPR: 1024;
- Продолжить: «Continue».

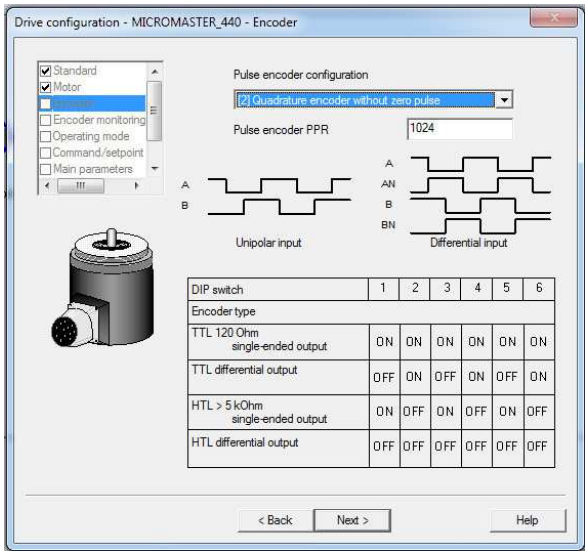


Рисунок 9.16 - окно “Drive configuration – MICROMASTER 440 - Encoder”

21. В окне “Drive configuration – MICROMASTER 440 - Encoder monitoring” устанавливаются параметры:
- Speed signal loss reaction: Change to SLVC (1);
- Permissible speed deviation: 10 Hz;

- Delay of speed signal loss reaction: 10 ms ;
- Продолжить: «Continue».

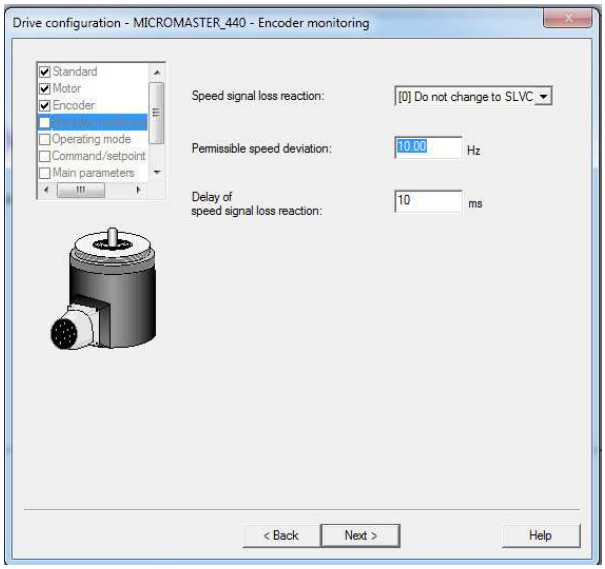


Рисунок 9.17 - окно “Drive configuration - MICROMASTER_440 - Encoder monitoring”

22. В окне “Drive configuration - MICROMASTER 440 – Operating mode” оставляются параметры по умолчанию;
- V/f with linear characteristic (0);
- Продолжить: «Continue».

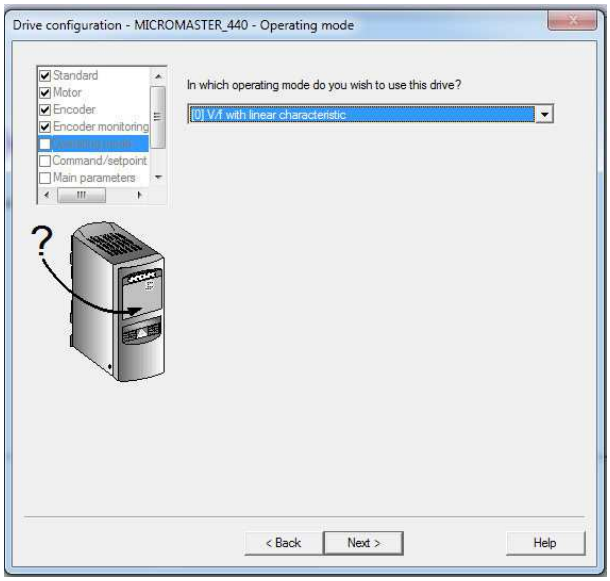


Рисунок 9.18 – окно “Drive configuration – MICROMASTER 440-Operating mode”

23. В окне “Drive configuration - MICROMASTER_440 -Command se: point source” устанавливаются параметры:
- Source of control signals: USS on COM link (5);
- Source of speed set point: USS on COM link (5);
- Продолжить: «Continue».

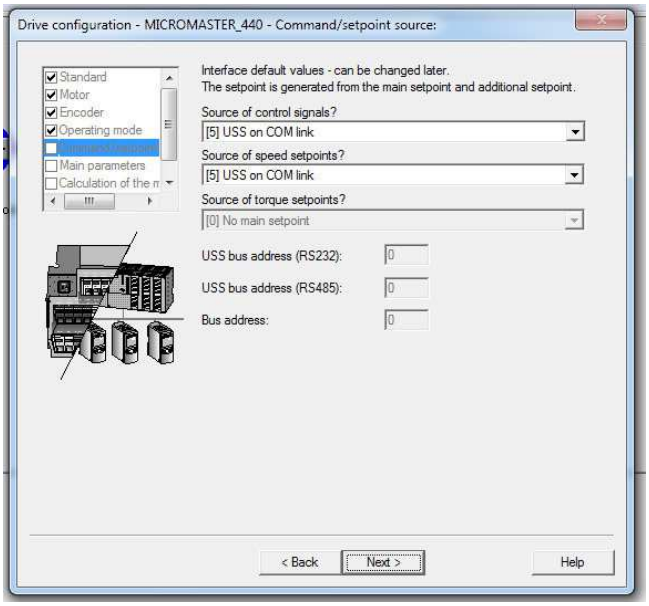


Рисунок 9.19 - окно “Drive configuration - MICROMASTER_440 -Command set point source”

24. В окне «Default setting of the relevant binector/connector» подтверждаются выбранные ранее параметры;

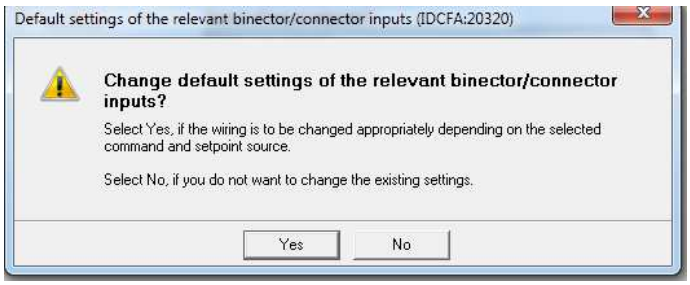


Рисунок 9.20 - окно «Default setting of the relevant binector/connector»

25. В окне “Drive configuration - MICROMASTER440 - Main parameters” устанавливаются параметры:
- Motor overload factor: 150%;
- Min. frequency: 5 Hz;
- Max. frequency: 50 Hz;
- Ramp-up time: 10 s;
- Ramp-down time: 10 s;
- OFF3 ramp-down time: 5 s ;
- Продолжить: «Continue».

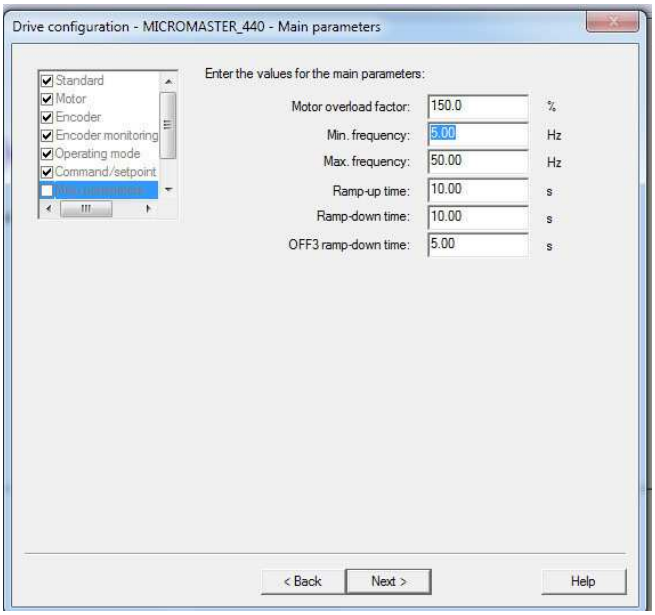


Рисунок 9.21 – окно“Drive configuration - MICROMASTER440 - Main parameters”

26. В окне “Drive configuration - MICROMASTER_440 -calculation of the motor data” выбираем “Complete calculation “;

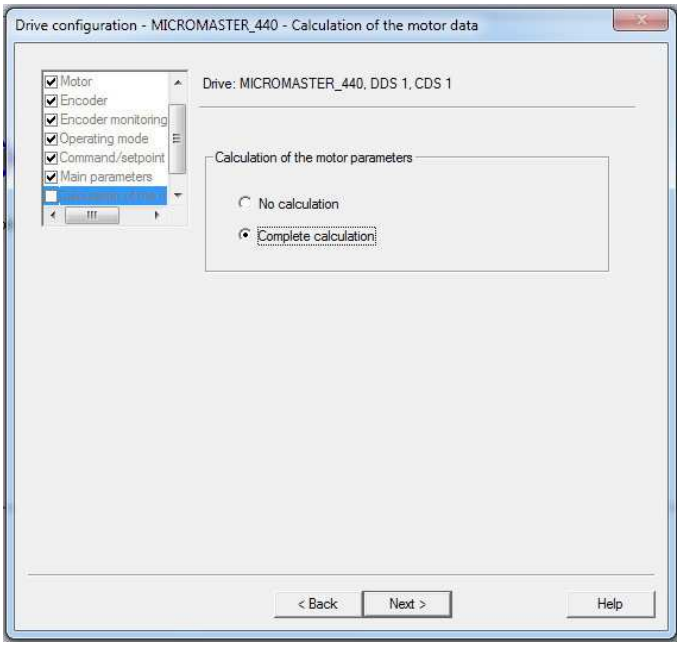


Рисунок 9.22 - В окне “Drive configuration - MICROMASTER_440 -calculation of the motor data”

27. В окне “Drive configuration - MICROMASTER_440 - Completion” просматриваются установленные ранее параметры и завершается создание проекта. Продолжить: «Finish»;

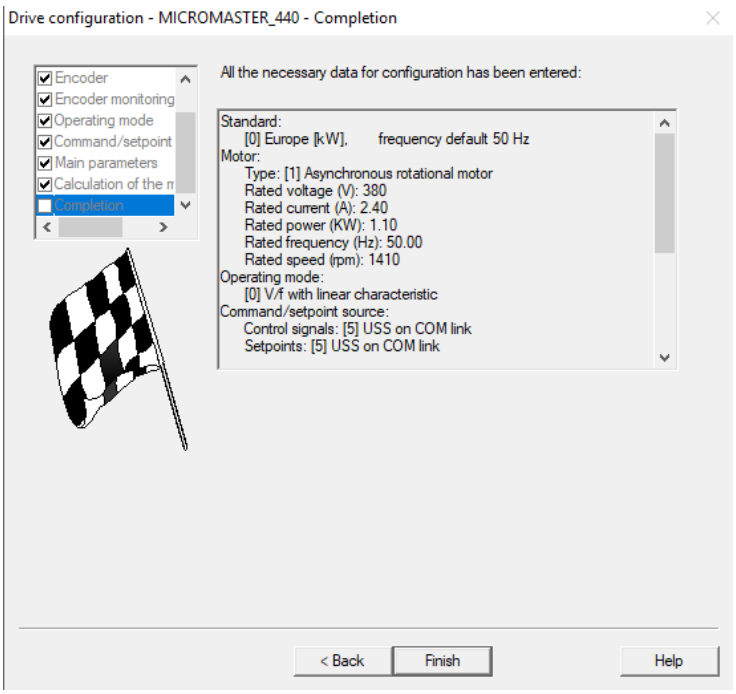


Рисунок 9.23 - окно “Drive configuration - MICROMASTER_440 - Completion”

28. В центре окна на закладке «Drive navigator» выбирается иконка “Commissioning”(показана стрелкой).

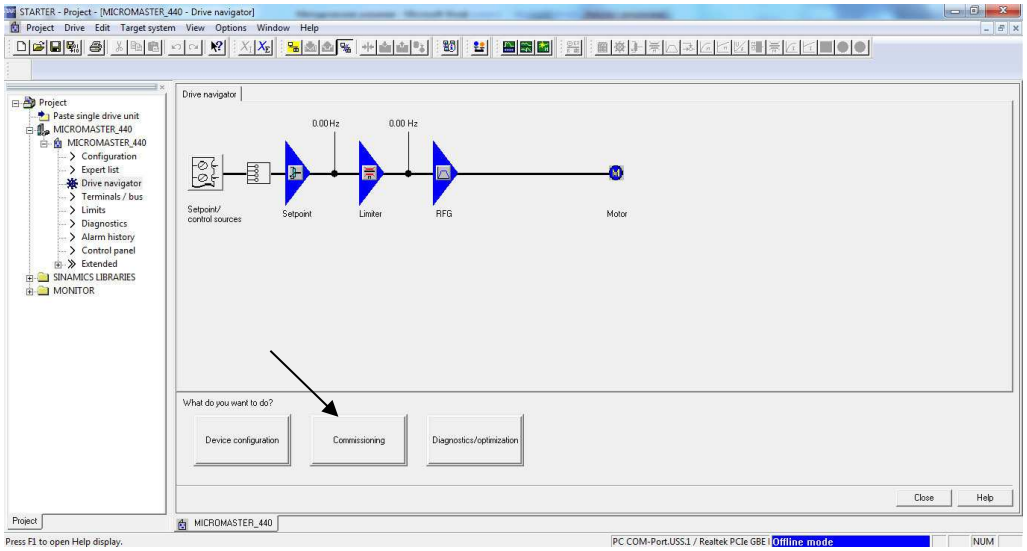


Рисунок 9.24 - закладка «Drive navigator»

29. В появившемся окне “Commissioning”, нажимается иконка “Load data to drive”.

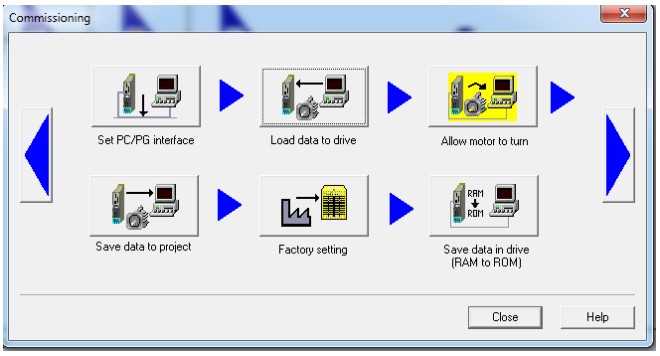


Рисунок 9.25 - окно “Commissioning”

30. В окне «Load data to drive » подтверждается подключение связи для загрузки данных;

Рисунок 9.26 - окно «Load data to drive»

31. В окне «Target Device Selection» подтверждается подготовка к загрузке данных в Micromaster 440;

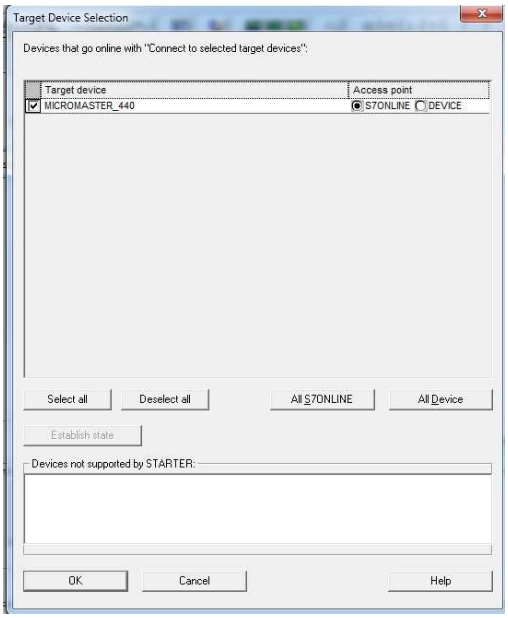


Рисунок 9.27 - окно «Target Device Selection»

32. В окне “Commissioning”, нажимается иконка “Allow motor to turn”;

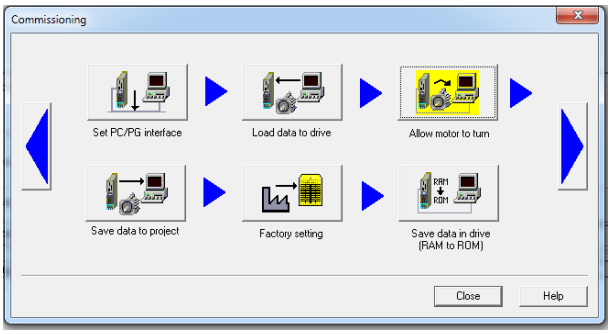


Рисунок 9.28 - окно “Commissioning”

33. В появившемся окне «Assume Control Priority» устанавливается приоритет связи :
- COM link (RS 485);
- Failure monitoring: 1000 ms;
- Application monitoring: 0 ms;
- Продолжить: «Accept».

Рисунок 9.29 - окно «Assume Control Priority»

34. В нижней части окна «STARTER - Project 01» появляется контрольная панель управления двигателем «Control panel». Иконка включает статусную панель, выводит на экран часть параметров двигателя и преобразователя;

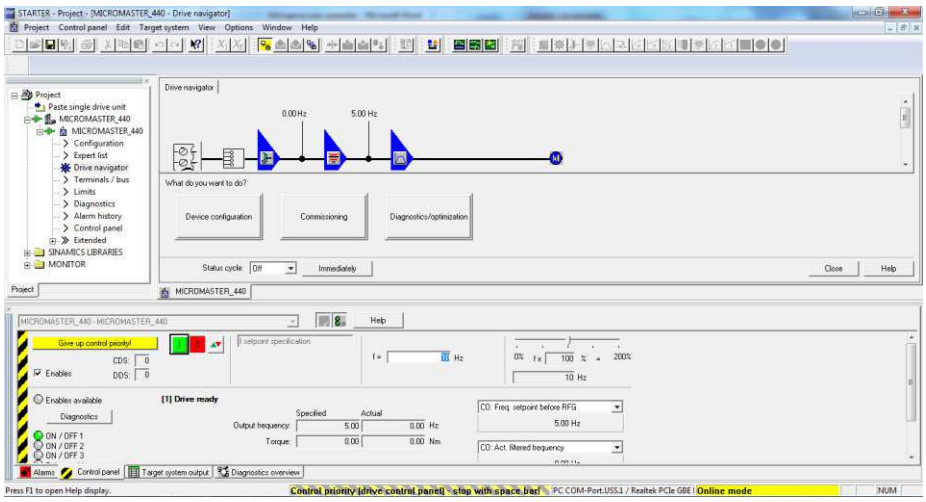


Рисунок 9.30 - окно «STARTER - Project 01»

Устанавливается значение частоты, множитель (%),требуемое значение частоты на выходе преобразователя. Для запуска нажимается иконка

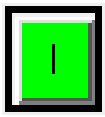


Рисунок 9.31 – иконка запуска

35. После запуска двигателя, регулирование частоты производится аналогичным способом:

-Устанавливается значение частоты;

-Устанавливается множитель(%);

-Требуемое значение частоты на выходе преобразователя.

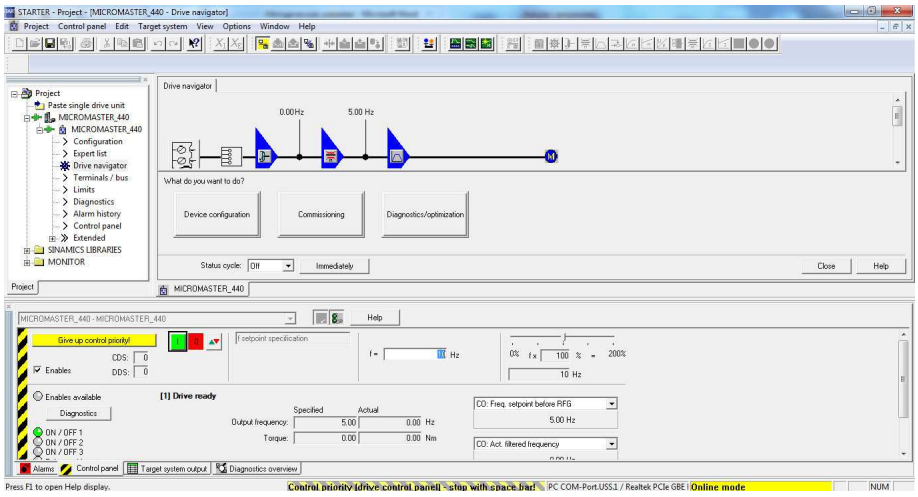


Рисунок 9.32 - окно «STARTER - Project 01»

Во время работы двигателя можно отслеживать следующие параметры:

- Нагрузка преобразователя;
- Ток двигателя;
- Заданное (specified) и фактическое (Actual) значение частоты на выходе инвертора (Output frequency), а также заданное (specified) и фактическо (Actual) значение момента (Torque) на валу двигателя.;
- Можно отследить также любые два параметра в ниже приведенной Таблице 9.3.

Таблица 9.3 - параметры лабораторного стенда

Параметр	Перевод
CO: Freq. setpoint before RFG	Уставка частоты перед R.F.G
CO: Act. filtered frequency	Акт. фильтрованная частота
Act. filtered rotor speed	Акт. фильтрованная скорость ротора
CO: Act. filtered output freq.	Акт. фильтрованная частота на выходе.
CO: Act. filtered output voltage	Акт. фильтрованное напряжение на выходе
CO: Act, filtered DC-Link volt.	Акт. фильтрованное напряжение линии постоянного тока.
CO: Act; filtered output current	Акт. фильтрованный ток на выходе
CO: Energy consumpt. meter (kWh)	Ваттметр (kWh)
CO: Inverter overload utilization	Уровень нагрузки инвертора
CO: Inverter temperature (°C), Measured heat sink temperature	Температура инвертора (°C), измеренная температура на теплоотводе (радиаторе).
CO: Act. output current limit	Акт. лимит(предел) тока на выходе
CO: Max. output voltage	Максимальное напряжение на выходе
CO: Act. active current	Акт. активный поток
CO: Total frequency setpoint	Уставка полной частоты
CO: Selected frequency setpoint	Уставка выборочной частоты
CO: Act. Output freq. of the MOP	Акт. частота на выходе МОС
CO: Act. fixed frequency	Акт. установленная частота
CO: Freq. setp. after dir. Ctrl	Уставка частоты после директора Г
CO: Frequency setpoint after RFG	Уставка частоты после RFC
CO: Flux gen. current	Ток датчика потока
CO: Act. filtered torque	Акт. фильтрованный крутящий момент
CO: Act. motor temperature,3rd.	Акт. температура двигателя, 3-ья
Drive data set (DDS)	Набор данных двигателя (DDS)
CO: Freq. setpoint	Уставка частоты
CO: Act. frequency	Акт. частота
CO: Slip frequency	Частота скольжения
CO: Act. DC-Link voltage	Активное напряжение линии постоянного тока
CO: Current setpoint lsd	Уставка тока lsd.
CO: Act. current lsd	Акт. ток lsd.
CO: Current setpoint lsq	Уставка тока lsq.
CO: Act. current lsd	Акт. поток lsd.

CO: Torque setpoint (total)	Значение момента (полное).

Для останова двигателя нажимается иконка выкл

Рисунок 9.33 – кнопка выкл

36. По окончании работы открыть окно «Project-disconnect from target system». В появившемся окне происходит разрыв связи с преобразователем;

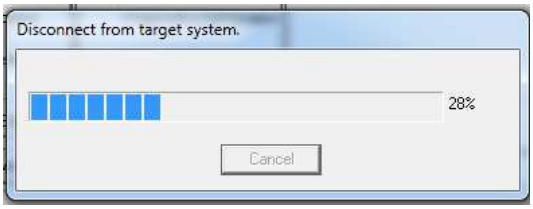


Рисунок 9.34 - окно «Project-disconnect from target system»

37. Выключается персональный компьютер;
38. Выключается автоматические выключатели QS1 и QS2.

9.1.3 Лабораторная работа №3 Исследование скоростных и механических характеристик асинхронного двигателя, методом непосредственной нагрузки, при частотном регулировании, по закону U/f=const

Цель работы:

Экспериментальное снятие механических характеристик асинхронного двигателя, при различной частоте.

Программа работы:

1. Подготовка комплекса к запуску электропривода;
2. Снять скоростные и механические характеристики асинхронного двигателя;

Порядок работы:

3. Подключается к компьютеру переходник «RS485(COM)-USB» в точно отведенное ему место (для сохранения очередности порта)

Рисунок 9.35 - Внешний вид переходника «RS485(COM)-USB» MICROMASTER440 с персональным компьютером (PC to MM4 Connection Kit)

4. Включаются автоматические выключатели QS1, QS2.
5. Включается персональный компьютер.
6. Запускается программа «STARTER» на рабочем столе.
7. В появившемся окне «Project Wizard Starter» выбирается иконка «Arrange drive units' offline…»

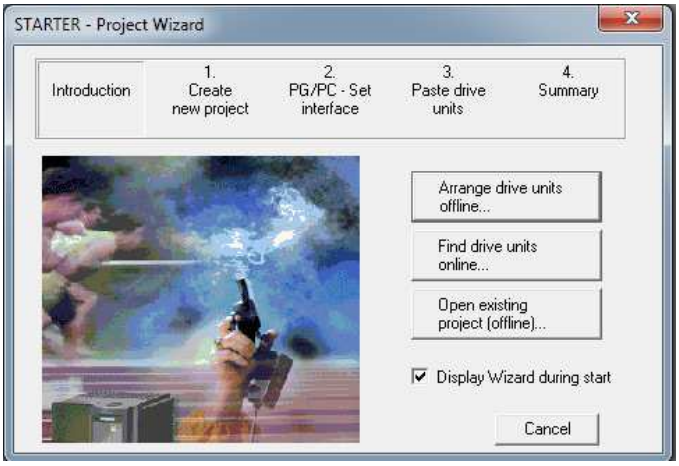


Рисунок 9.36 - окно «Project Wizard Starter»

8. Запускается программа «STARTER», на рабочем столе
9. В появившемся окне «Project Wizard Starter» выбирается иконка «Open existing project (offline)...»;
10. В окне «Open project» выбирается проект, созданный во второй лабораторной работе: Project_01;

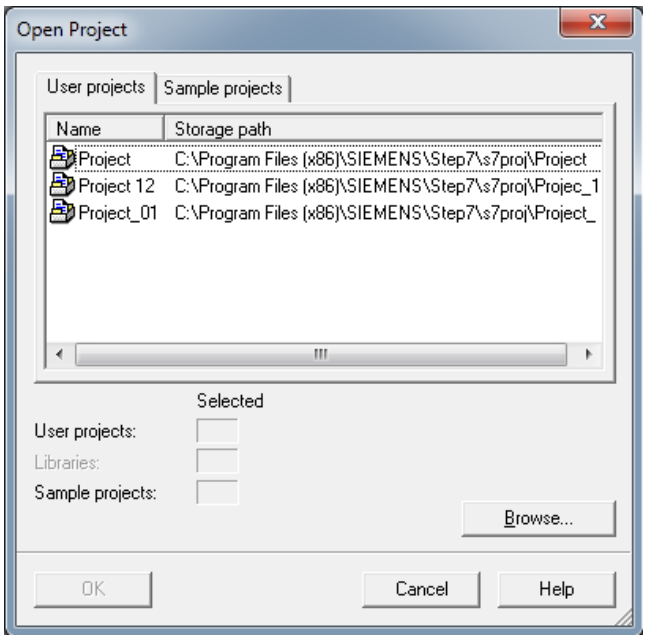


Рисунок 9.37 - окне «Open project»

11. В центре окна на закладке « Drive navigator» выбирается иконка «commissioning» (выделена красным цветом);

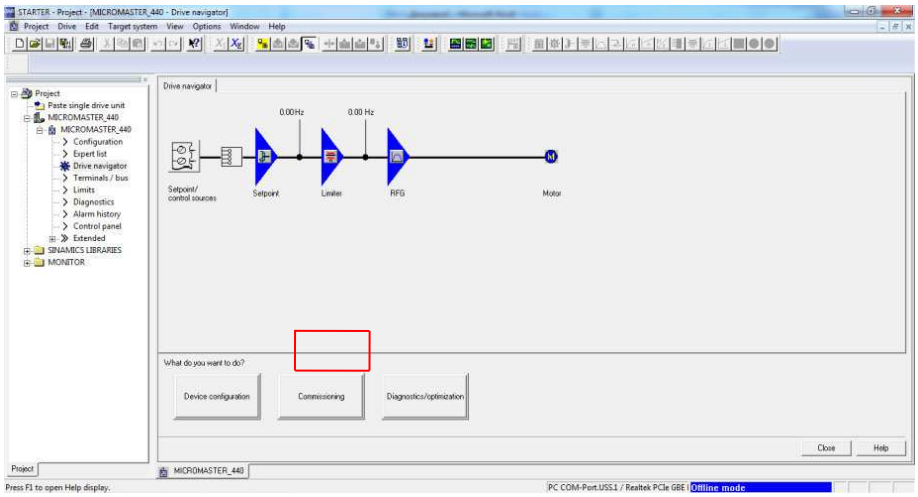


Рисунок 9.38 - закладка « Drive navigator»

12. В появившемся окне “Commissioning”, нажимается иконка “Load data to drive”;

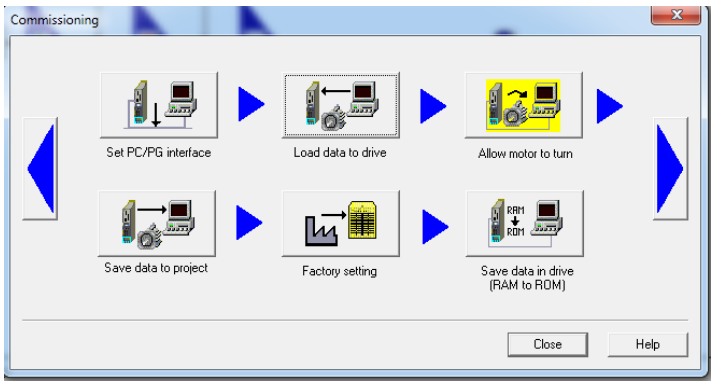


Рисунок 9.39 - окно “Commissioning”

13. В окне «Load data to drive » подтверждается подключение связи для загрузки данных;

Рисунок 9.40 - окно «Load data to drive»

14. В окне «Target Device Selection» подтверждается подготовка к загрузке данных в Micromaster 440;

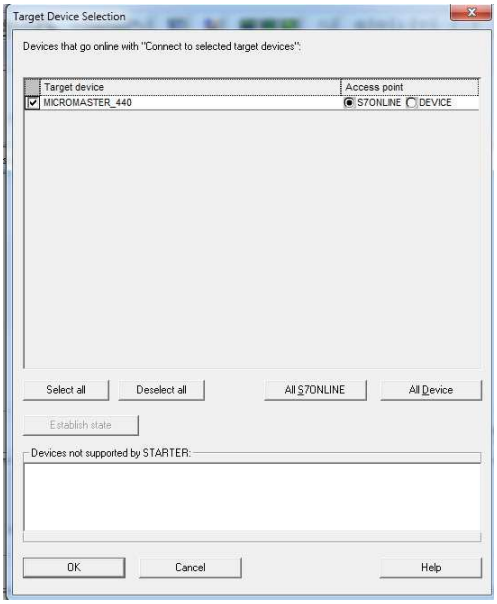


Рисунок 9.41 - окно «Target Device Selection»

15. В окне “Commissioning”, нажимается иконка “Allow motor to turn”;

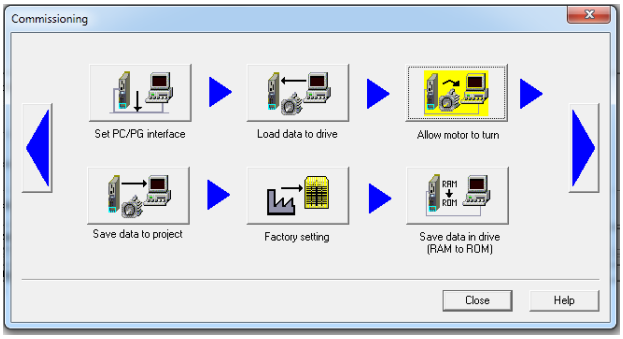


Рисунок 9.42 - окно “Commissioning”

16. В появившемся окне «Assume Control Priority» устанавливается приоритет связи :

- Failure monitoring: 1000 ms;
- Application monitoring: 0 ms;
- Продолжить: «Accept».

Рисунок 9.43 - окно «Assume Control Priority»

17. В нижней части окна «STARTER - Project 01» появляется контрольная панель управления двигателем «Control panel». Иконка включает статусную панель, выводит на экран часть параметров двигателя и преобразователя;

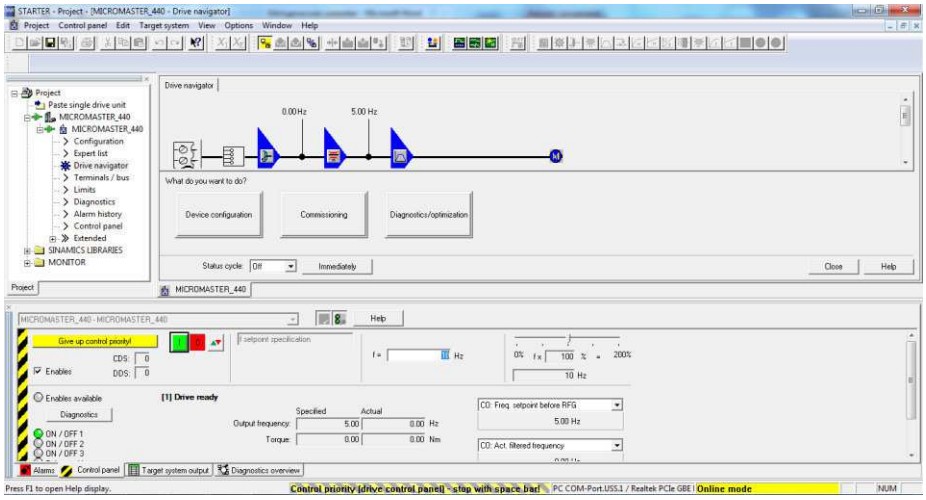


Рисунок 9.44 - окно «STARTER - Project 01»

Устанавливается значение частоты, множитель (%),требуемое значение частоты на выходе преобразователя. Для запуска нажимается иконка;

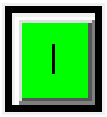


Рисунок 9.45 – иконка запуска

18. После запуска двигателя, регулирование частоты производится аналогичным способом:

- Устанавливается значение частоты;
- Устанавливается множитель(%);
- Требуемое значение частоты на выходе преобразователя.

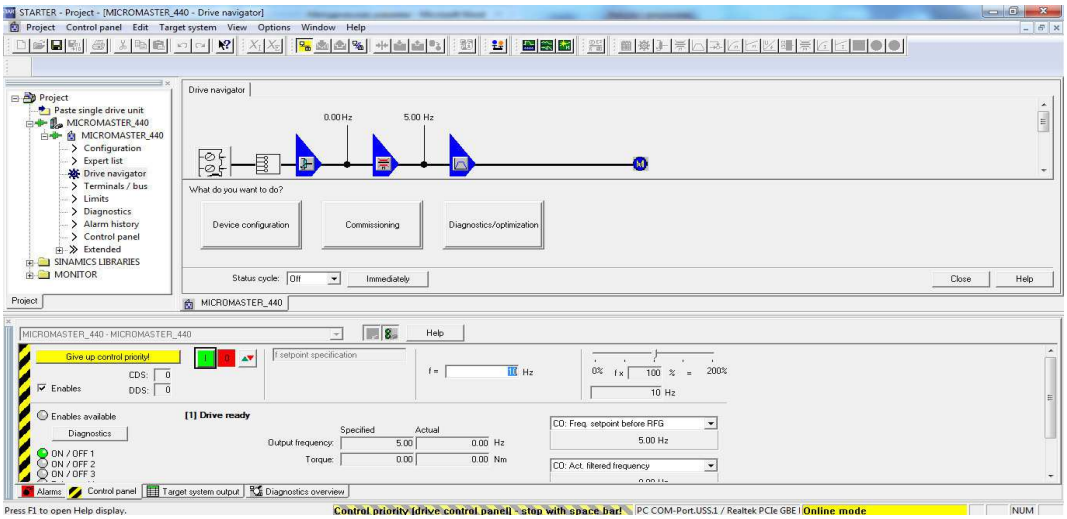


Рисунок 9.46 - окно «STARTER - Project 01»

19. Необходимо убедиться, что регулятор ЭМТ находится в крайнем положении по вращению часовой стрелки, это нулевое положение. Далее производится переключение тумблера ЭМТ в одно из крайних положений. Затем с помощью электромагнитного тормоза (ЭМТ) создается нагрузочный момент M_2 и увеличивается постепенно. При росте M_2 делается первый отсчет по приборам. После этого, увеличивая нагрузочный момент M_2, через приблизительно одинаковые интервалы снимаются показания приборов и заносятся в таблицу. Последний отсчет по приборам делается при токе не более 3.5 А, рекомендуется на длительное время не давать нагрузку свыше 3 А. Всего необходимо снять не менее пяти показаний:

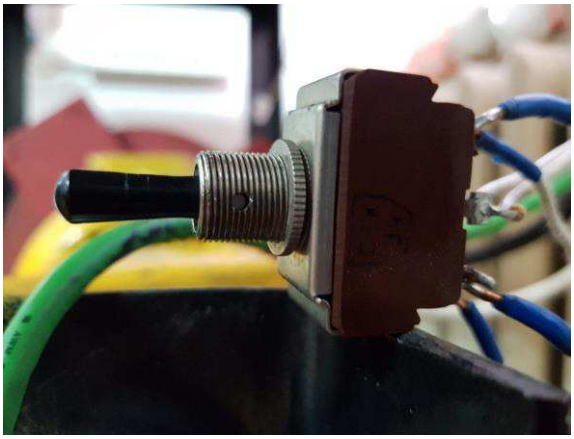


Рисунок 9.47 - Тумблер электромагнитного тормоза (ЭМТ)

Рисунок 9.48 - Регулятор электромагнитного тормоза (ЭМТ)

Таблица 9.4 –примерные расчетные данные при 43Гц

№	I_1	M	Ω
1	2.4	4.4	1290
2	2.6	5.6	1290
3	2.8	6.8	1290
4	3	7.7	1290
5	3.1	8.1	1285

6	3.2	8.4	1270
7	3.3	9.9	1250
8	3.4	11.2	1190
9	3.5	11.8	1100
10	3.6	10.5	930
11	3.7	8.8	620
12	3.8	7.9	310

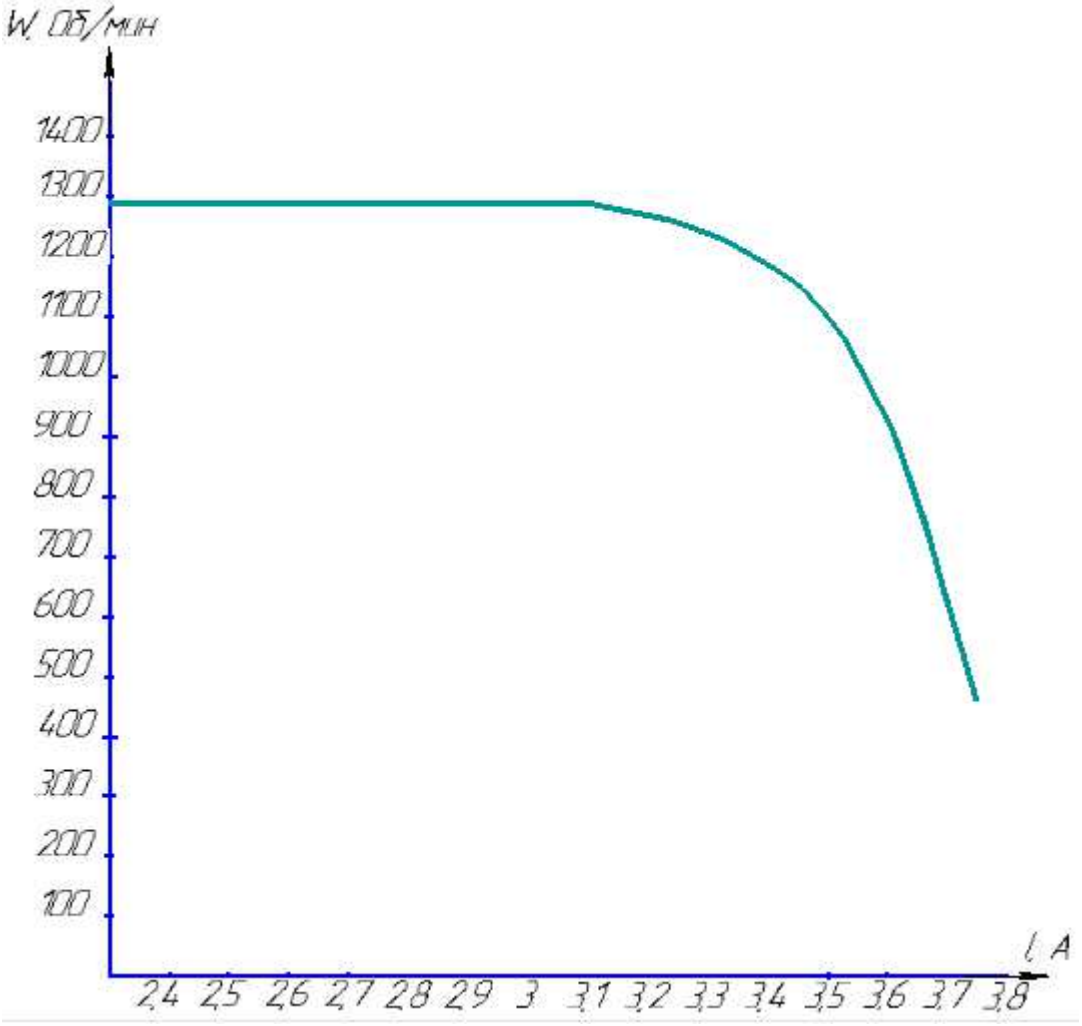


Рисунок 9.49- Электромеханическая характеристика

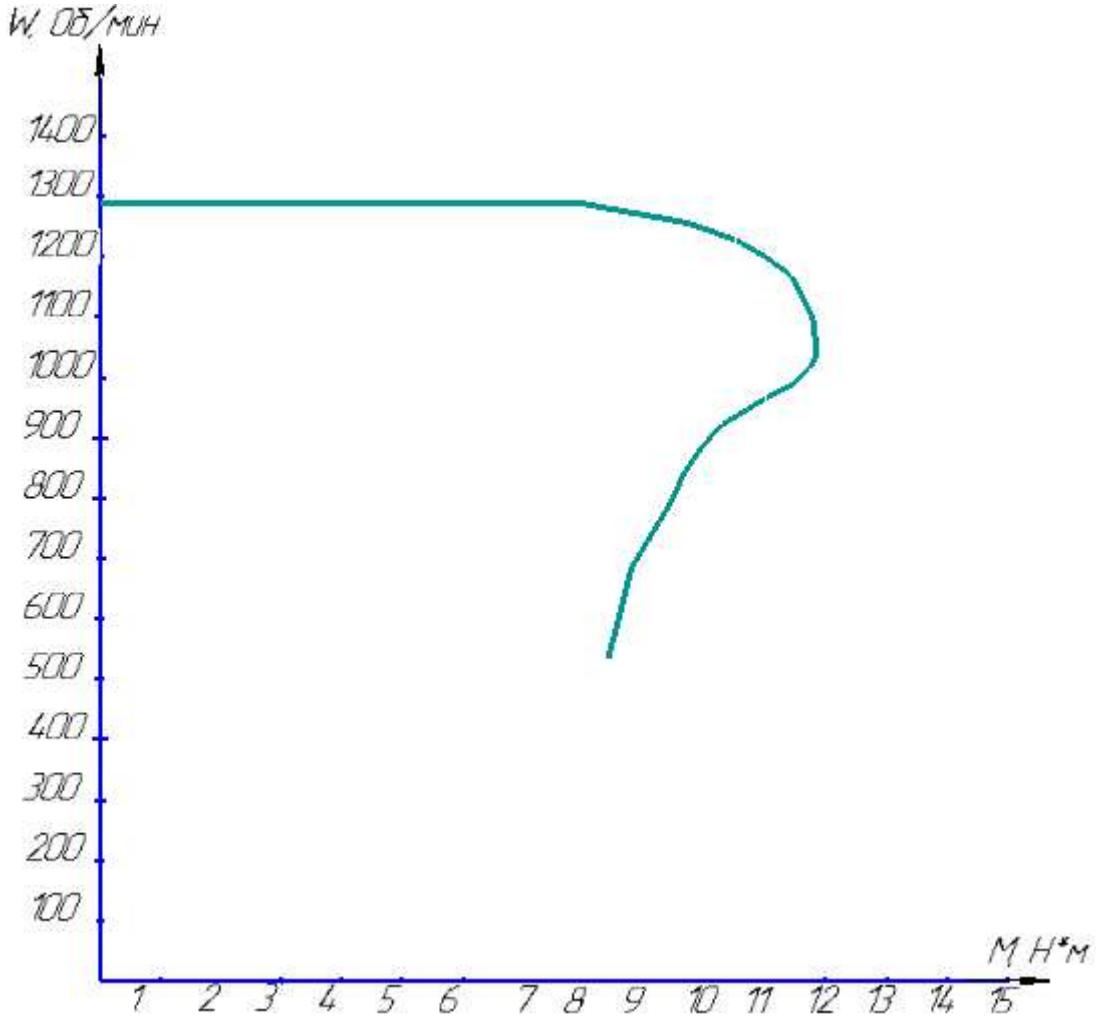


Рисунок 9.50- Механическая характеристика

- Ток двигателя ;
- Заданное (Specified) и фактическое (Actual) значение частоты на выходе инвертора (Output frequency), а также заданное (Specified) и фактическое(Actual) значение момента (Torque) на валу двигателя;
- Скорость двигателя определяется по тахометру.

Рисунок 9.51 – Тахометр

20. По данным таблицы 9.4 строятся механические характеристики Двигателя;

21. По окончании работы открыть окно «Project-disconnect from target system». В появившемся окне происходит разрыв связи с преобразователем;

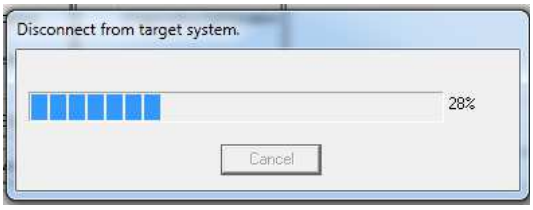


Рисунок 9.52 - окно «Project-disconnect from target system»

22. Выключается персональный компьютер;
23. Выключается автоматические выключатели QS1 и QS2.

9.1.4 Лабораторная работа №4 Параметрирование и управление частотно-регулируемым электроприводом с использованием универсального последовательного интерфейса (uss protocol)

Цель работы: изучение принципов управления и параметрирования преобразователей частоты фирмы Siemens с использованием программного пакета Drive Monitor.

Самым удобным и наглядным способом наладки преобразователя является настройка с помощью программы Drive monitor. По умолчанию заводские установки позволяют установить связь с приводом через последовательный интерфейс.

Включение стенда.

Перед включением стенда необходимо установить панель модуля связи с персональным компьютером и соединить преобразователь частоты с персональным компьютером. Следует заметить, что панель для связи с ПК и базовую панель оператора BOP можно устанавливать и снимать при поданном питающем напряжении на привод.

Включение стенда производится в следующей последовательности:

1. На правой и лицевой панелях вывести поворотом ручек против часовой стрелки все потенциометры до упора.

2. Установить переключатели задания режимов электропривода (SA5-SA7) и нагрузочного устройства (SA2-SA4) в нижнее положение.

3. С помощью автоматов подать на стенд напряжение (~380 В) и (~220 В) переменного тока, а также напряжение (=220 В) постоянного тока.

4. Для включения преобразователя частоты нажать кнопку "Пуск преобразователя".

5. Для включения нагрузочного устройства нажать последовательно кнопки контакторов "Пуск ОВ НМ" и "Пуск нагрузочной машины".

6. Включение персонального компьютера.

Программа работы.

1. Параметрирование микропроцессорной системы управления асинхронного электропривода с помощью модуля связи с персональным компьютером и программного пакета Drive Monitor.

2. Исследование различных режимов задания выходной частоты.

Методические указания по выполнению работы

1. Запустить программу Drive Monitor.

2. Выбрать новый набор параметров с заводскими установками.

Рисунок 9.53 - окно «DriveMon»

3. В диалоговом окне свойства привода выбрать тип преобразователя частоты и указать версию программного обеспечения. Версию программного обеспечения можно посмотреть в параметре r0018 с помощью BOP. В случае неправильного указания версии ПО программа предупредит вас об этом.

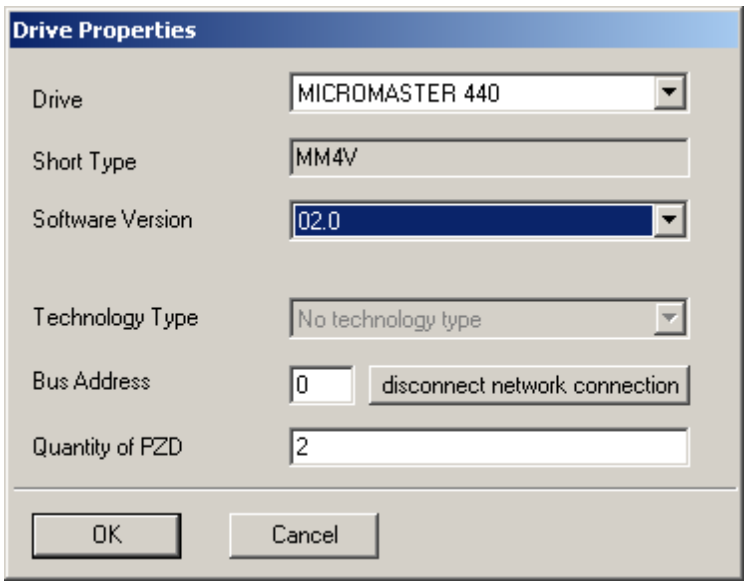


Рисунок 9.54 - окно «Drive Properties»

4. После этого необходимо заменить существующий файл "Micromaster 440_tmp" с заводскими настройками. После этого появится список параметров по умолчанию (заводские установки) Parameter list complete.

5. Установить связь с преобразователем частоты, нажав Online-RAM на панели управления. В случаи успешного соединения в строке состояния будет выведено сообщение "Connection with device OK" и будет произведено считывание параметров из преобразователя частоты.

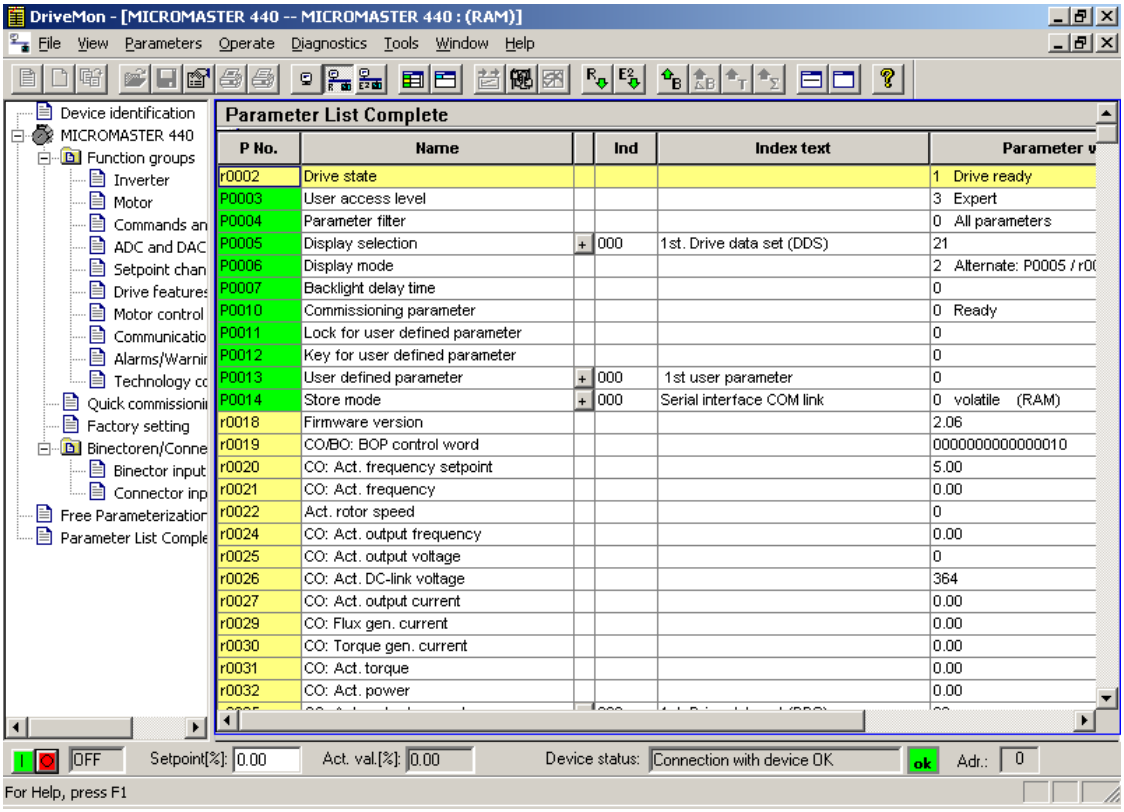


Рисунок 9.55 - окно «DriveMon»

Если связь с приводом не устанавливается, необходимо проверить настройки Online Settings в строке меню Tools.

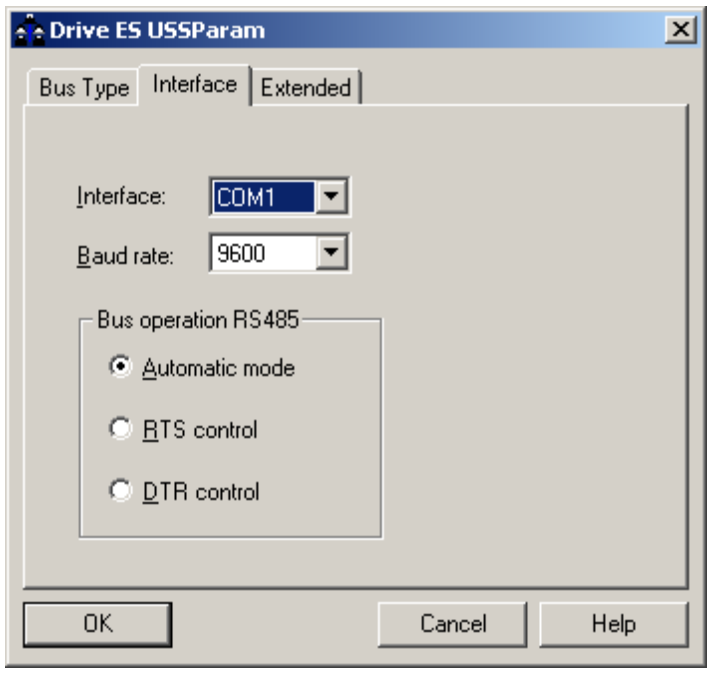


Рисунок 9.56 - окно «Drive ES USSParam»

6. Произвести сброс параметров преобразователя на заводские установки. Для этого необходимо перейти на вкладку заводские установки:

- установить **P0010=30;**
- установить **P0970=1.**

После этого появится сообщение, что привод занят.

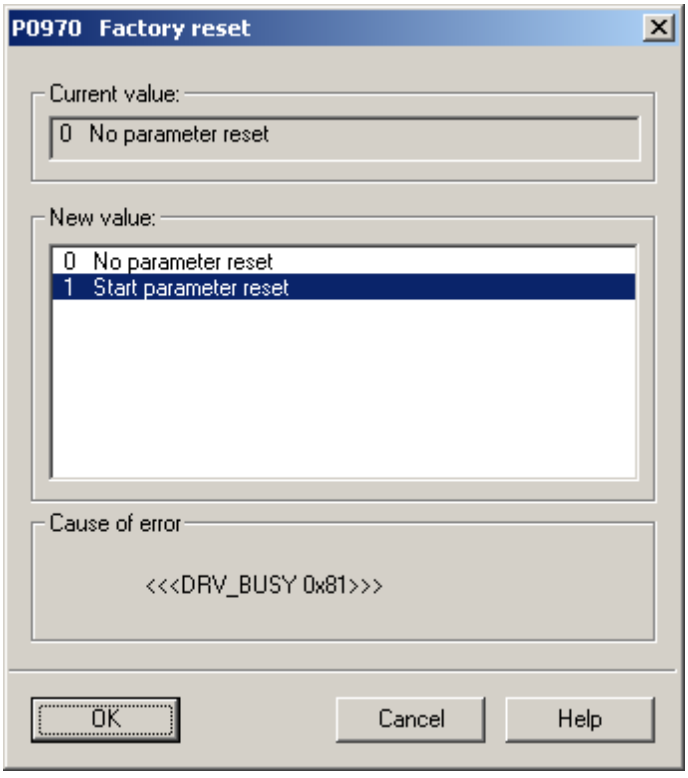


Рисунок 9.57 - окно «P0970 Factory reset»

7. Установить P003=2 – расширенный уровень доступа пользователя.

8. На вкладке "Быстрый ввод в действие" (Quick accommodation) установить параметр P0010=1 – Быстрый ввод в действие и ввести номинальные данные двигателя:

- P0304=380 (Номинальное напряжение двигателя, В);
- P0305=1,6 (Номинальный ток двигателя, А);
- P0307=0,55 (Номинальная мощность двигателя, кВт);
- P0308=0,73 (Номинальный cosϕ);
- P0309=0,71 (Номинальный КПД двигателя);
- P0311=1360 (Номинальная частота вращения двигателя, об/мин).

9. Установить выбор источника дискретных команд P0700=4 – "USS on BOP-Link" (RS-232).

10. Установить выбор задания частоты P1000=4 – "USS on BOP-Link" (RS-232).

11. Установить времена разгона и торможения 15 секунд:

- P1120=15 (Время разгона, с);
- P1121=15 (Время торможения, с).

12. Установить P1300=0 (Режим управления U/f=const).

13. Перейти в режим готовности привода к работе P0010=0.

14. Установить P0003=3 – Расширенный уровень доступа пользователя.

15. Убрать добавку напряжения на низких частотах P1310=0 (Постоянное повышение напряжения U/f характеристики отсутствует).

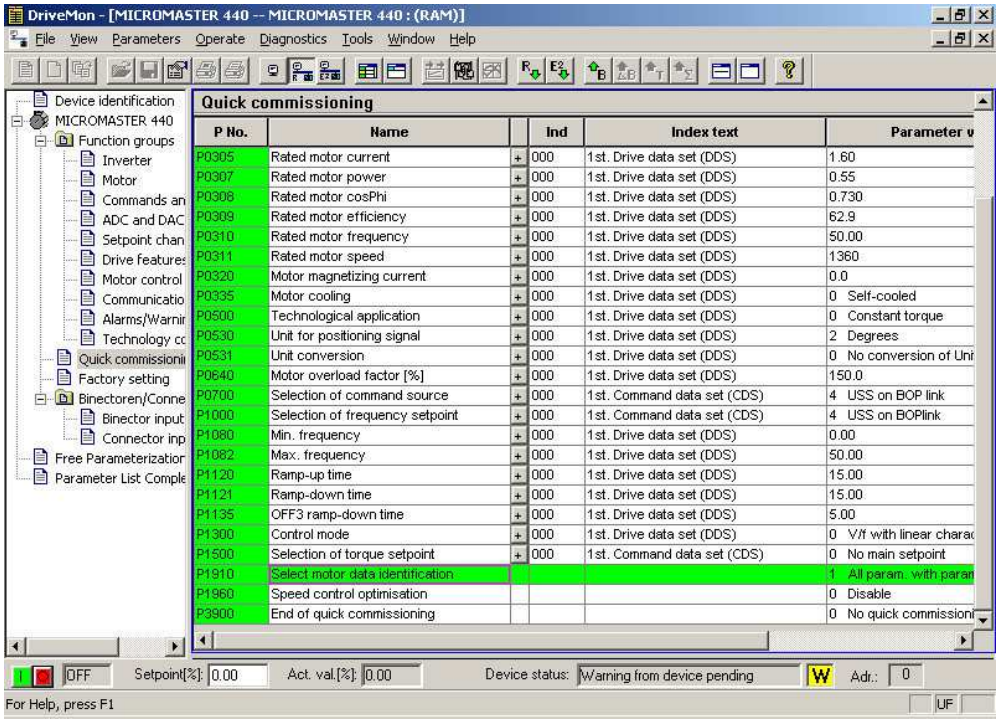


Рисунок 9.58 - окно «DriveMon»

Измерить параметры двигателя с записью данных в память преобразователя частоты. Для этого установить P1910=1 и нажать кнопку "I" – Включение привода. Во время измерения параметров появится предупреждение, которое исчезнет после окончания вычисления параметров асинхронного двигателя. Вычисленные параметры двигателя можно посмотреть на вкладке "Motor".

После идентификации параметров двигателя, значения параметров P3900 и P0010 возвращаются к исходным значениям. Преобразователь готов к запуску.

16. Установить необходимое значение заданной частоты в строке "Setpoint [%]" и запустить двигатель кнопкой "I" в программе – Включение привода. Значение выходной частоты смотрим в окне "Act.val (%)". Задание в % берется от максимальной частоты, которая установлена в параметре P1082=50. Во время работы на вкладке "Motor control" можно посмотреть параметры, отвечающие за работу привода, например:

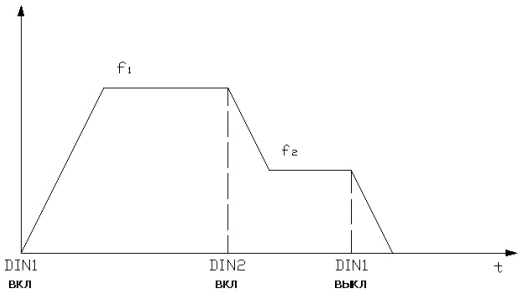
- r0025 – напряжение статора;
- r0027 – ток статора;
- r0031 – момент;
- r0032 – мощность.

4. Управление приводом через фиксированные частоты

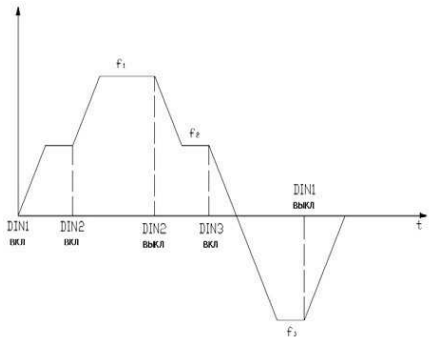
1. Установить выбор задания частоты P1000=3 – фиксированные частоты.

2. Перевести все цифровые входы P701-P706=17 на фиксированные входы (Бинарный код).

3. Реализовать тахограмму, используя три цифровых входа DIN1 (SA5) и DIN2 (SA6), DIN3 (SA7) и таблицу бинарного кода фиксированных частот.



f_1=40 Гц, f_2=15 Гц



f_1=45 Гц, f_2=10 Гц, f_3=-50 Гц

Рисунок 9.59 - Тахограмма

Используя ниже приведенную таблицу и тахограмму, установите значения параметров P1001–P1015. Затем, используя переключатели SA5-SA7, реализуйте последовательность на тахограмме и проверьте правильность задания фиксированных частот.

Таблица 9.5 - Бинарный код фиксированных частот

	DIN4	DIN3	DIN2	DIN1
OFF	0	0	0	0
P1001	0	0	0	1
P1002	0	0	1	0
P1003	0	0	1	1
P1004	0	1	0	0
P1005	0	1	0	1
P1006	0	1	1	0
P1007	0	1	1	1
P1008	1	0	0	0
P1009	1	0	0	1
P1010	1	0	1	0
P1011	1	0	1	1
P1012	1	1	0	0
P1013	1	1	0	1
P1014	1	1	1	0
P1015	1	1	1	1

5. Управление приводом через аналоговый вход

1. Установить цифровые входы DIN1-DIN3 в исходное положение с помощью следующих параметров:

- P0701=1 – вращение вправо;
- P0702=12 – реверс;
- P0703=9 –подтверждение сбоя.

2. Переключить задание частоты на аналоговый вход P1000=2 – аналоговый вход. Перевести SA5 в положение включено. Двигатель при этом разгоняется до минимальной частоты заданной в параметре P1080.

3. Задать необходимую частоту поворачивая потенциометр по часовой стрелке.

4. Переключателем SA6 произвести реверс двигателя.

5. Перевести выключатель SA5 в положение выключено. Двигатель остановиться с заданным темпом замедления.

9.1.5 Техника безопасности при выполнении лабораторной работы

Работа выполняется в присутствии преподавателя (лаборанта).

К работе допускаются студенты, прошедшие инструктаж по технике безопасности и ознакомившиеся с данным методическим указанием по проведению работ на стенде стенде «Частототно регулируемый асинхронный электропривод на основе преобразователя SIEMENS Micromaster 440».

Выполнение лабораторной работы производится строго в соответствии с методическим указанием к работе. В процессе работы нужно помнить, что соединительные провода и клеммы находятся под опасным для жизни напряжением!

Сборка схемы и ее разборка производиться при выключенном стенде вынутом ключе на управляющем пускателе. Подача и снятие напряжения со стенда производится только преподавателем (лаборантом).

В случае наличия неисправностей выполнение работы прекратить и сообщить об этом преподавателю.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполненная работа по восстановлению и модернизации стенда на основе преобразователя частоты для проведения лабораторных работ позволяет использовать его в качестве учебного пособия студентов технических заведений, обучающихся по специальности «Электропривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов».

В работе реализованы следующие задачи:

- Восстановлены механические конструкции стенда;
- Произвелась Наладка оборудования, ввели стенд в эксплуатацию;
- Разработали Методические указания для выполнения лабораторных работ.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АД – Асинхронный двигатель, стр. 9.
АИТ – Автономный инвертор тока, стр. 26.
АИН – Автономный инвертор напряжения, стр. 26.
ДПТ – Двигатель постоянного тока, стр. 9.
ПЧ –Преобразователь частоты, стр. 25.
ШИП – Широтно-импульсный преобразователь, стр. 29.
ЭМТ – Электромагнитный тормоз, стр. 48.
AOP – Advanced Operator Panel, стр. 17.
BOP – Basic Operator Panel, стр. 17.
COM –Communications Port, стр. 57.
IGBT – Insulated Gate Bipolar Transistor, стр. 16.
FCC – Flux Current Control, стр. 17.
FCL – Fast Current Limitation, стр. 17.
IP – Ingress Protection Rating, стр. 18.
LED – Liquid Crystal Display, стр. 21.
PTC – Positive Temperature Coefficient, стр. 17.
PID – Proportional Integral Derivative, стр. 17.
RAM – Random Access Memory, стр. 22.
ROM – Read Only Memory, стр. 22.
SDP – Standart Display Panel, стр. 21.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Micromaster 440. Руководство по эксплуатации. Издание A1. (6SE6400-5AA00-0AP00)

2. Учеб. пособие / Г.С. Зиновьев –Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2003. Основы силовой электроники.

3. М.А Панасенков. Расчет электромагнитного тормоза. Глава 5-1. Устройство и принцип действия электромагнитных тормозов, стр.179-184

4. Научно-технический центр схемотехники и интегральных технологий. Россия, Брянск 2007г. Схема фазового регулятора.

5. Электронный портал https://support.industry.siemens.com

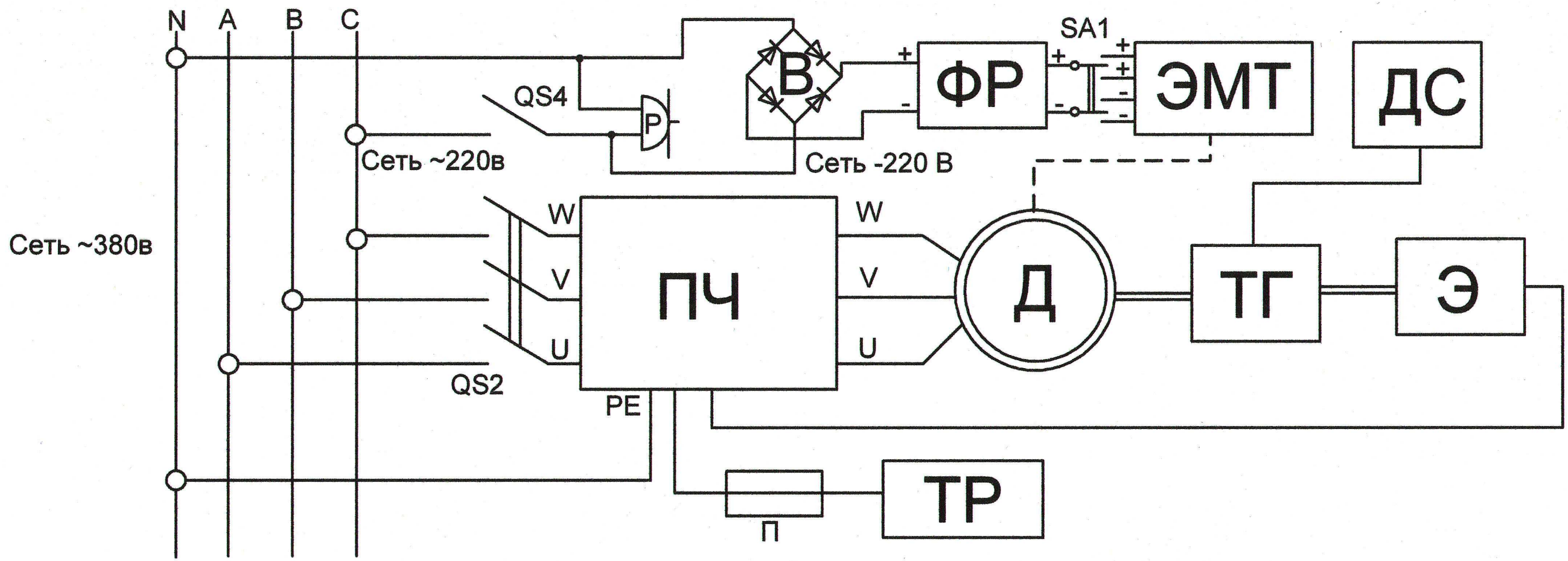
6. Е.В. Аристов, Р.А. Хузин.- Пермь . Исследование датчика скорости: методические указания к лабораторной работе по курсу «Элементы систем автоматики» 2007г

7. Соколовский Г.Г. Электроприводы переменного тока с частотным регулированием : учебник для студ. высш. учеб. заведений / Г.Г. Соколовский. - М. : Издательский центр «Академия», 2006. - 272 с.

8. Терехов В.М. Системы управления электроприводов: Учебник для студ. высш. учеб. заведений / В.М. Терехов, О.И. Осипов; Под ред. В.М. Терехова. - М. : Издательский центр «Академия», 2005. - 304 с.

9. Дипломное проектирование: Метод. Указания для студентов специальности 180400- «Электропривод и автоматика промышленных установок и технических комплексов»/Сост. Е. В. Бочарова, В. М. Бычков, А.Л. Встовский. Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2002. 55 с

10. Преобразователь частоты micromaster 440. Учебно-методическое пособие / Романов В. П. Новокузнецк: ФГОУ ВПО «СибГИУ», 2010.



ПЧ	Преобразователь частоты
Д	Асинхронный двигатель
ТГ	Тахогенератор
ЭМТ	Электромагнитный тормоз
ДС	Датчик скорости
Э	Кодовый диск
QS2, QS4	Автоматический выключатель
SA1	Переключатель
Р	Розетка 220V
PE	Земля
П	Предохранитель тугоплавкий
ТР	Тормозной резистор
В	Выпрямитель
ФР	Фазовый регулятор

Инв. № подл. | Подп. и дата | Взам. инв. №

Изм.	Колич.	Лист	№док.	Подп.	Дата	БР – 13.03.02 – 071401136 ПС			
						Частотно регулируемый асинхронный электропривод на основе преобразователя Siemens Micromaster 440	Стадия	Масса	Масштаб
									1:1
Разработ.		Конюшок Д.О.					Лист 1	Листов 3	
Проверил		Молодецкий В.Б.				Принципиальная схема лабораторного стенда	ЭТКиС		
Утвердил		Пантелеев В.И.							
Норм. контроль		Молодецкий В.Б.							

Диаграмма пути быстрого ввода в работу

P0010
Начало быстрого ввода параметров
0 – Готовность к пуску
1 – Быстрое параметрирование
30 – Заводские установки
Примечание
Параметр P0010 должен всегда устанавливаться в 0 перед работой привода. После установки параметра P3900 в 1 он автоматически устанавливается в 0

↓

P0100
Параметры Европы или С.Америки
0 – мощность кВт, частота 50Гц
1 – мощность л.с., частота 60Гц
2 – мощность кВт, частота 60Гц
Примечание
Назначения 0 или 1 должны быть установлены в соответствии с DIP переключателями

↓

P0304
номинальное напряжение двигателя[1)]
10-2000В, устанавливается в Вольтах

↓

P0305
номинальный ток двигателя[1)]
2xxx , устанавливается в Амперах

↓

P0307
номинальная мощность двигателя[1)]
0-2000кВт(л.с), в зависимости от P0100

↓

P0310
номинальная частота двигателя[1)]
12-650Гц, устанавливается в Герцах

↓

P0311
номинальная скорость двигателя[1)]
0-40000 1/мин, в оборотах двигателя

↓

P0700
Выбор места команд управления[2)]
0 – Заводская установка
1 – Операторская панель
2 – Дискретные входы

↓

P1000
Выбор места задания частоты[2)]
0 – Нет задания частоты
1 – Операторская панель ↑ ↓
2 – Аналоговый вход

↓

P1080
Минимальная частота двигателя
0-650Гц. Устанавливает минимальную частоту двигателя в Гц. При любых заданиях выходная частота будет не ниже указанной.

↓

P1082
Максимальная частота двигателя
0-650Гц. Устанавливает максимальную частоту двигателя в Гц. При любых заданиях выходная частота будет не выше указанной.

↓

P1120
Время разгона.
0-650 Сек. Время, за которое двигатель разгоняется с остановленного состояния до максимальной скорости.

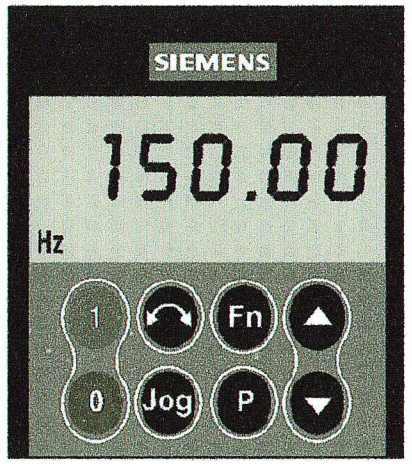
↓

P1121
Время торможения.
0-650 Сек. Время, за которое двигатель затормозится с максимальной скорости до полной остановки.

↓

P3900
Завершение быстрого ввода.
0 – завершение быстрого ввода без расчета двигателя и заводских установок
1 – завершение быстрого ввода с расчетом двигателя и заводскими установками (рекомендуется)
2 - завершение быстрого ввода с расчетом двигателя и сбросом ввода/вывода
3 - завершение быстрого ввода с расчетом двигателя без сброса ввода/вывода

Базовая Панель Привода (BOP)



Клавиши панели управления

Клавиша	Функция	Назначение
r0000	Индикатор состояния	LCD показывает установку или параметр, с которой преобразователь работает в данный момент.
I	Пуск двигателя	При нажатии клавиши преобразователь пускается. Эта клавиша является по умолчанию пассивной. Клавишу активизируют установкой P0700 =1
O	Стоп двигателя	OFF1 - Нажатие клавиши приводит к остановке преобразователя по выбранной рампе скорости. По умолчанию клавиша пассивна, активизируется установкой P0700 = 1. OFF 2 - Двойное нажатие (или длительное удержание) вызывает свободный выбег электродвигателя до остановки.
	Реверс вращения	Нажатие этой клавиши вызывает реверсирование (изменение направления вращения) электродвигателя. Обратное вращение отображается знаком минус (-) или мигающей десятичной точкой. По умолчанию клавиша пассивна, активизируется установкой P0700 = 1.
jog	Толчковый режим	Нажатие этой клавиши при остановленном преобразователе обеспечивает пуск электродвигателя с заданной JOG-частотой. После отпускания клавиши преобразователь останавливает двигатель. Нажатие клавиши при работающем преобразователе с электродвигателем, не приводит ни к каким действиям
Fn	Функции	Эта клавиша может использоваться для отображения дополнительной информации. Клавиша должна нажиматься и удерживаться в течение 2 секунд. Она указывает при работе следующее: 1.Напряжение звена постоянного тока (Обозначено буквой d) в (V) 2. Выходной ток (A) 3. Выходная частота (Hz) 4. Выходное напряжение (V) 5. Величину (выбранную в P0005) Повторные нажатия возвращают показания дисплея текущему значению.
P	Доступ к параметрам	Нажатие этой клавиши обеспечивает доступ к параметрам и настройкам привода
	Увеличить значение	Нажатие этой клавиши увеличивает отображаемое значение. Для изменения задания частоты с помощью BOP необходимо установить P1000 = 1
	Уменьшить значение	Нажатие этой клавиши уменьшает отображаемое значение. Для изменения задания частоты с помощью BOP нужно установить P1000 = 1.

Взам. инв. №
Подп. и дата
Инв. № подл.

Изм.	Колич.	Лист	№док.	Подп.	Дата
Разработ.		Конюшок Д.О.			
Проверил		Молодецкий В.Б.			
Утвердил		Пантелеев В.И.			
Норм. контроль		Молодецкий В.Б.			

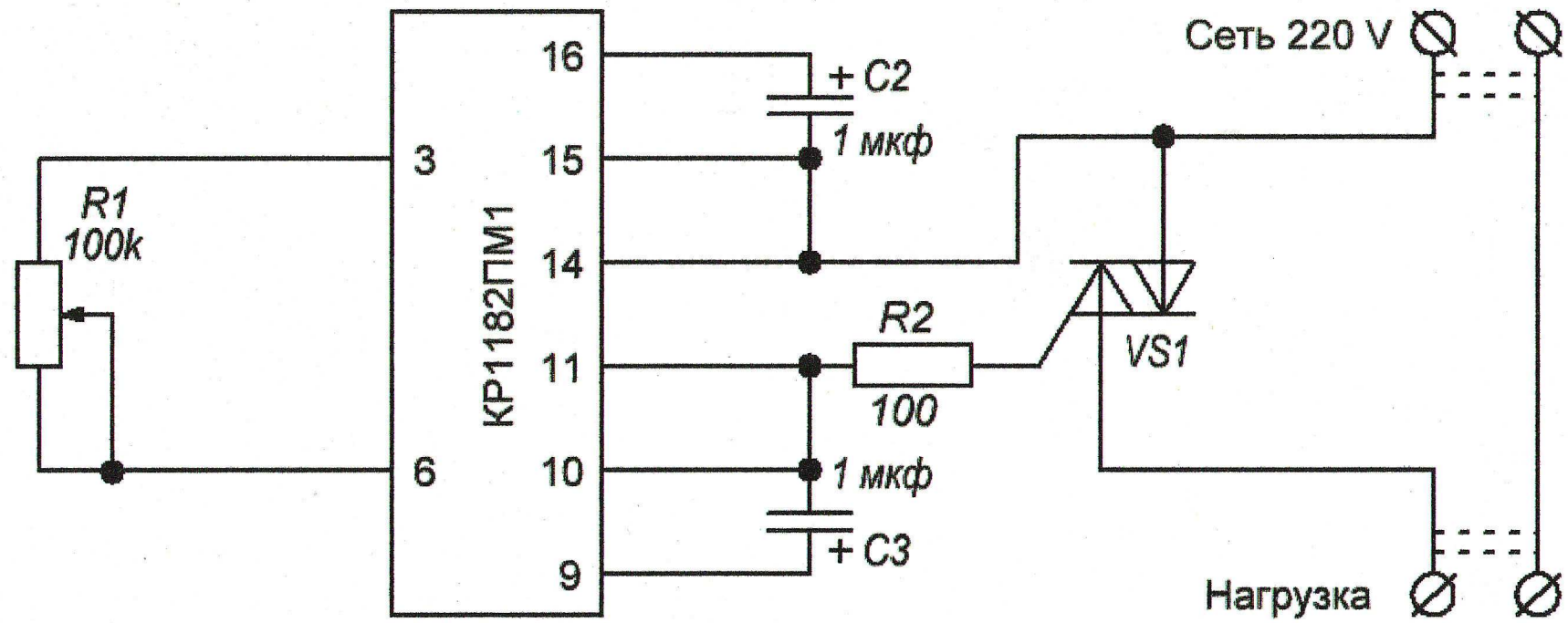
БР – 13.03.02 – 071401136 СУ

Частотно регулируемый асинхронный электропривод на основе преобразователя Siemens Micromaster 440

Стадия	Масса	Масштаб
		1:1
Лист 2	Листов 3	

Фазовый регулятор

ЭТКиС



Описание выводов микросхемы К1182ПМ1Р фазового регулятора

3 С– подключение емкости
6 С+ подключение емкости
15 АС1 Напряжение сети
16 UST1+ управляющий электрод
9 UST2+ управляющий электрод
10 АС2 Напряжение сети
11 АС2 Напряжение сети
14 АС1 Напряжение сети

Описание элементов Фазового регулятора

R1	Потенциометр
С2,С3	Конденсатор электролитический
VS1	Симистор
R2	Резистор
К1182ПМ1Р	Микросхема фазового регулятора

Взам. инв. №
Подп. и дата
Инв. № подл.

Изм.	Колич.	Лист	№док.	Подп.	Дата	БР – 13.03.02 – 071401136 ФР			
						Частотно регулируемый асинхронный электропривод на основе преобразователя Siemens Micromaster 440	Стадия	Масса	Масштаб
									1:1
							Лист 3	Листов 3	
Разработ.		Конюшок Д.О.				Схема фазового регулятора	ЭТКиС		
Проверил		Молодецкий В.Б.							
Утвердил		Пантелеев В.И.							
Норм. контроль		Молодецкий В.Б.							

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Кафедра «Электротехнические комплексы и системы»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ В. И. Пантелеев
«16» 06 2018 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

13.03.02– Электроэнергетика и электротехника

Частотно регулируемый асинхронный электропривод на основе преобразователя SIEMENS Micromaster 440

Руководитель _____ к.т.н., доцент В.Б. Молодецкий
подпись, дата; должность, ученая степень; инициалы, фамилия

Выпускник _____ Д.О. Конюшок
подпись, дата; инициалы, фамилия

Нормоконтролер _____ В.Б. Молодецкий
подпись, дата; инициалы, фамилия

Красноярск 2018

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Кафедра «Электротехнические комплексы и системы»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____В. И. Пантелеев
«07» 05 2018 г.

ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме бакалаврской работы.

Студенту Конюшку Даниилу Олеговичу

Группа ФЭ14-06Б Направление (специальность) 13.03.02.10

Электроэнергетика и электротехника (Электропривод и автоматика)

Тема выпускной квалификационной работы Частотно регулируемый асинхронный электропривод на основе преобразователя SIEMENS Micromaster 440

Утверждена приказом по университету № 2890/с от 28.02.2018

Руководитель ВКР Молодецкий В.Б, к.т.н. доцент кафедры "ЭТКиС"

Исходные данные для ВКР: Преобразователь частоты Micromaster 440, асинхронный двигатель 5А80МА4, энкодер инкриментальный, электромагнитный тормоз, тахогенератор ТМГ-30П, фазовый регулятор, программное обеспечение Siemens « STARTER».

Перечень разделов ВКР: Способы регулирования частоты вращения АД, Восстановление механической конструкции и потерянных деталей а также сборка всех аппаратных частей, Наладка оборудования, ввод в эксплуатацию стенда, Разработка методических указаний для выполнения лабораторных работ.

Перечень графического материала: Принципиальная электрическая схема установки, схема управления.

Руководитель ВКР _____ В.Б. Молодецкий
подпись инициалы, фамилия

Задание принял к исполнению _____ 7.05.18 Д.О. Конюшок
подпись инициалы, фамилия

«7» 05 2018 г.

КАЛЕНДАРНЫЙ ГРАФИК

выполнения этапов ВКР

Наименование и содержание этапа	Срок выполнения
1 Получение задания на дипломное проектирование	28.04.2018
2 Сбор материала для дипломного проектирования	29.04.2018-5.05.2018
3 Изучение технической документации	06.05.2018-13.05.2018
4 Разработка схем управления и принципиальных электрических схем	14.05.2018-22.05.2018
5 Изучение программного обеспечения	23.05.2018-28.05.2018
6 Оформление пояснительной записки	29.05.2018-6.06.2018
7 Оформление графической части проекта	7.06.2018-12.06.2018
8 Срок сдачи студентом законченного проекта	19.06.2018

Руководитель выпускной квалификационной работы _____ В.Б. Молодецкий
подпись, дата

Студент _____ Д.О. Конюшок
подпись, дата

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Кафедра «Электротехнические комплексы и системы»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ В. И. Пантелеев
«16» 06 2018 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

13.03.02– Электроэнергетика и электротехника

Частотно регулируемый асинхронный электропривод на основе преобразователя SIEMENS Micromaster 440

Руководитель _____ к.т.н., доцент В.Б. Молодецкий
подпись, дата; должность, ученая степень; инициалы, фамилия

Выпускник _____ Д.О. Конюшок
подпись, дата; инициалы, фамилия

Нормоконтролер _____ В.Б. Молодецкий
подпись, дата; инициалы, фамилия

Красноярск 2018