



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



УТВЕРЖДАЮ
Директор ИЭиАС
В.Р. Храпшин
04.02.2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД SHNEIDER ELECTRIC

Направление подготовки (специальность)
13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Направленность (профиль/специализация) программы
Современный автоматизированный электропривод в производственных и технических системах

Уровень высшего образования - магистратура

Форма обучения
заочная

Институт/ факультет	Институт энергетики и автоматизированных систем
Кафедра	Автоматизированного электропривода и мехатроники
Курс	2

Магнитогорск
2025 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - магистратура по направлению подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника (приказ Минобрнауки России от 28.02.2018 г. № 147)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Автоматизированного электропривода и мехатроники
27.01.2025, протокол № 3

Зав. кафедрой  А.А. Николаев

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЭиАС
04.02.2025 г. протокол № 3

Председатель  В.Р. Храмшин

Рабочая программа составлена:
доцент кафедры кафедры АЭПиМ, канд. техн. наук  А.А.
Мурзиков

Рецензент:
зам. начальника ЦЭТЛ ПАО «ММК» по электроприводу, канд. техн. наук
 А.Ю. Юдин



Лист актуализации рабочей программы

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2026 - 2027 учебном году на заседании кафедры Автоматизированного электропривода и

Протокол от ____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ А.А. Николаев

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2027 - 2028 учебном году на заседании кафедры Автоматизированного электропривода и

Протокол от ____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ А.А. Николаев

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2028 - 2029 учебном году на заседании кафедры Автоматизированного электропривода и

Протокол от ____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ А.А. Николаев

1 Цели освоения дисциплины (модуля)

Целью освоения дисциплины «Автоматизированный электропривод Shneider Electric» является формирование у студентов знаний и компетенций в области электропривода переменного тока на основе транзисторных преобразователей частоты Shneider Electric, выбора основного и вспомогательного электрооборудования, и построения автоматизированных систем управления производственных агрегатов, а так же овладение студентами необходимым и достаточным уровнем профессиональных компетенций в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника», профиль подготовки «Электропривод и автоматика»»

2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Автоматизированный электропривод Shneider Electric входит в часть учебного плана формируемую участниками образовательных отношений образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Компьютерные, сетевые и информационные технологии

Моделирование электротехнических комплексов и систем

Регулируемый электропривод постоянного тока

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/практик:

Производственная - проектная практика

Регулируемый электропривод переменного тока

Инновационные направления в электроприводе

3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины (модуля) «Автоматизированный электропривод Shneider Electric» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ПК-2	Способность контролировать полный цикл разработки проекта системы электропривода
ПК-2.1	Осуществляет контроль полного цикла разработки проекта системы электропривода
ПК-3	Способность осуществлять мероприятия по защите авторских прав на проектные решения системы электропривода
ПК-3.1	Обеспечивает мероприятия по защите авторских прав на проектные решения системы электропривода

4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 зачетных единиц 252 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 8,6 акад. часов;
- аудиторная – 6 акад. часов;
- внеаудиторная – 2,6 акад. часов;
- самостоятельная работа – 234,7 акад. часов;
- в форме практической подготовки – 0 акад. час;
- подготовка к экзамену – 8,7 акад. час

Форма аттестации - экзамен

Раздел/ тема дисциплины	Курс	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1. Лекции и самостоятельные работы								
1.1 Введение. Низковольтное электрооборудование Shneider Electric. Цели и задачи изучения дисциплины	2	0,25			15	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы	устный опрос (собеседование)	ПК-2.1
1.2 Асинхронный двигатель, как объект регулирования. Т - образная схема замещения. Основные соотношения. Способы регулирования скорости. Механические и скоростные характеристики		0,25			15	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы	устный опрос (собеседование)	ПК-2.1
1.3 Транзисторные преобразователи частоты. Инвертор напряжения. Энергетические характеристики. Система скалярного регулирования.		0,25			15	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы	устный опрос (собеседование)	ПК-2.1
1.4 Система векторного регулирования скорости с энкодером. Преобразование координат. Расчет промежуточных переменных. Структурная схема.		0,25			15	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы	устный опрос (собеседование)	ПК-2.1, ПК-3.1
1.5 Бездатчиковая система векторного регулирования. Система		0,25			15	Самостоятельное изучение учебной и	устный опрос (собеседование)	ПК-2.1

векторного регулирования потока. Система регулирования момента.						научной литературы		
1.6 Преобразователь частоты ATV71. Назначение, схемы, дополнительное оборудование. Преобразователь ATV71. Функционирование, программирование.	2	0,25			15	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы	устный опрос (собеседование)	ПК-2.1, ПК-3.1
1.7 Пакет программ «SoMove». Наладка преобразователя, параметрирование, осциллографирование.		0,25			15	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы	устный опрос (собеседование)	ПК-2.1, ПК-3.1
1.8 Управление преобразователем частоты от логического контроллера M251. Сеть CanOpen. Подключение энкодера, датчиков		0,25			15	Самостоятельное изучение учебной и научной литературы	устный опрос (собеседование)	ПК-2.1, ПК-3.1
Итого по разделу		2			120			
2. Практическая работа								
2.1 Конструкция лабораторных стендов. Энергетические характеристики. Уровни доступа. Пароль.	2			0,5	15	Подготовка к лабораторной работе	лабораторные работы	ПК-2.1, ПК-3.1
2.2 Схемы и оборудование преобразователя частоты ATV71				0,5	15	Подготовка к лабораторной работе	лабораторные работы	ПК-2.1, ПК-3.1
2.3 Программирование преобразователя с помощью графического терминала. Ускоренный запуск				0,5	15	Подготовка к лабораторной работе	лабораторные работы	ПК-2.1
2.4 Параметрирование преобразователя. Заводские настройки. Идентификация				0,5	12	Подготовка к лабораторной работе	лабораторные работы	ПК-2.1
2.5 Настройка входов/выходов. Предварительное задание скоростей. Подключение ПК к преобразователю. Программа SoMove.				0,5	15	Подготовка к лабораторной работе	лабораторные работы	ПК-2.1
2.6 Прикладные функции. Осциллографирование. Система векторного регулирования.				0,5	15	Подготовка к лабораторной работе	лабораторные работы	ПК-2.1
2.7 Работа ПЧ в режиме сервопривода.				0,5	15	Подготовка к лабораторной работе	лабораторные работы	ПК-2.1
2.8 Коммуникация с контроллером M251				0,5	12,7	Подготовка к лабораторной работе	лабораторные работы	ПК-2.1
Итого по разделу				4	114,7			

3. Подготовка к экзамену								
3.1 Экзамен	2					Подготовка к экзамену	экзамен	ПК-2.1, ПК-3.1
Итого по разделу								
Итого за семестр		2		4	234,7		экзамен	
Итого по дисциплине		2		4	234,7		экзамен	

5 Образовательные технологии

Для реализации предусмотренных видов учебной работы в качестве образовательных технологий в преподавании дисциплины «Автоматизированный электропривод Shneider Electric» используются традиционная и модульно - компетентностная технологии.

Передача необходимых теоретических знаний и формирование основных представлений по курсу «Автоматизированный электропривод Shneider Electric» происходит с использованием мультимедийного оборудования.

Лекции проходят в традиционной форме и в форме лекций-консультаций. На лекциях – консультациях изложение нового материала сопровождается постановкой вопросов и дискуссией в поисках ответов на эти вопросы.

6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Представлено в приложении 1.

7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

Представлены в приложении 2.

8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) Основная литература:

1. Пашков, Е.В. Автоматизация в промышленности: Практикум. В 4 ч. Ч. III. Автоматизированный электропривод и моделирование механотронных модулей движения [Электронный ресурс] / Е.В. Пашков, А.Н. Круговой, В.А. Крамарь, Л.Л. Беляева, В.В. Альчаков; под ред. Е.В. Пашкова. - Севастополь: СевНТУ, 2011. - 225 с., ил. - ISBN 978-617-612-011-7. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/526410> (дата обращения: 24.04.2023). – Режим доступа: по подписке.

2. Епифанов, А. П. Электропривод: учебник / А. П. Епифанов, Л. М. Малайчук, А. Г. Гуцинский. — Санкт-Петербург: Лань, 2022. — 400 с. — ISBN 978-5-8114-1234-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/210941> (дата обращения: 24.04.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

б) Дополнительная литература:

1. Schneider Electric. Руководство по программированию Altivar 71 (Программное обеспечение V1.2) Текст : электронный. - URL: https://download.schneider-electric.com/files?p_enDocType=User+guide&p_File_Name=ATV71_Programming_Guide.pdf&p_Doc_Ref=ATV71_Programming_Guide (дата обращения: 24.04.2023). – Режим доступа: свободный.

2. Schneider Electric. Руководство по программированию Altivar 32. Текст : электронный. - URL: https://download.schneider-electric.com/files?p_enDocType=User+guide&p_File_Name=ATV32+%D0%A0%D1%83%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%BE+%D0%BF%D0%BE+%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BC%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8E+%2B+12-13%D0%B3%D0%BB.pdf&p_Doc_Ref=ATV32_Ruk_prg&ga=2.49370914.503592978.1682397775-111491794.1682397775 (дата обращения: 24.04.2023). – Режим доступа: свободный.

3. Schneider Electric. Руководство по решениям в автоматизации. Текст :

электронный. - URL: <https://www.se.com/kz/ru/download/document/МКР-CAT-AUGUIDE-11> (дата обращения: 24.04.2023). – Режим доступа: свободный.

в) Методические указания:

Методические указания представлены в приложении 3.

г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Программное обеспечение

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
7Zip	свободно распространяемое ПО	бессрочно
MathWorks MathLab v.2014 Classroom License	К-89-14 от 08.12.2014	бессрочно

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)	URL: https://elibrary.ru/project_risc.asp
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	https://host.megaprolib.net/M/P0109/Web

9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Тип и название аудитории	Оснащение аудитории
Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа (123М, 227М, 139М)	- мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации. - комплекс тестовых заданий для проведения промежуточных и рубежных контролей
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (139М)	- мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации. - комплекс тестовых заданий для проведения промежуточных и рубежных контролей
Помещения для самостоятельной работы (227а, 139М)	персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета

Приложение 1 «Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся»

По дисциплине «Автоматизированный электропривод Shneider Electric» предусмотрена аудиторная и внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся.

Аудиторная самостоятельная работа студентов выполнение лабораторных работ
Перечень лабораторных работ:

Лабораторная работа 1: Конструкция лабораторных стендов. Энергетические характеристики. Уровни доступа. Пароль

Лабораторная работа 2: Схемы и оборудование преобразователя частоты ATV71

Лабораторная работа 3: Программирование преобразователя с помощью графического терминала. Ускоренный запуск

Лабораторная работа 4: Параметрирование преобразователя. Заводские настройки. Идентификация

Лабораторная работа 5: Настройка входов/выходов. Предварительное задание скоростей. Подключение ПК к преобразователю. Программа SoMove.

Лабораторная работа 6: Прикладные функции. Осциллографирование. Система векторного регулирования.

Лабораторная работа 7: Работа ПЧ в режиме сервопривода.

Лабораторная работа 8: Коммуникация с контроллером M251

Внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся осуществляется в виде изучения литературы по соответствующему разделу с проработкой материала.

Приложение 2 «Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации»

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
ПК-2: Способность разрабатывать концепции системы электропривода		
ПК-2.1	Формирует компетенции и задачи на разработку системы электропривода	1. Низковольтное электрооборудование промышленных предприятий Shneider Electric. 2. Цепи управления преобразователя ATV71. 6. Параллельное подключение преобразователей частоты.. 7. Схема подключения и расчет тормозного резистора 8. Активный выпрямитель и его свойства 9. Механические характеристики АД в системе ПЧ со скалярным регулированием. Диапазон регулирования. 10. Механические характеристики АД в системе ПЧ с векторным регулированием. Диапазон регулирования. Бездатчиковое регулирование. 11. Графический терминал. Кнопки управления 12. Быстрый пуск преобразователя. Заводские уставки. 13. Программа SoMove. Основные характеристики 14. Диагностика преобразователя 15. Прикладные функции ПЧ 16. Коммуникация преобразователя с контроллером 17. Ускоренный запуск преобразователя 18. Идентификация электродвигателя 19. Уровни доступа. Пароль.
ПК-3: Способность разработать комплект конструкторской документации системы электропривода		
ПК-3.1	Осуществляет подготовку комплекта конструкторской документации, технических и рабочих проектов системы электропривода	Схемы подключения токоограничивающих реакторов и сглаживающих дросселей. Коэффициент пульсаций. Схемы подключения пассивных фильтров и синусных фильтров. Схемы подключения двигателей на большие расстояния Схема подключения и расчет тормозного резистора

б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания.

Промежуточная аттестация по дисциплине «Автоматизированный электропривод Shneider Electric» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений. Дисциплина «Система управления электроприводами» длится 1 семестр заканчивается экзаменом

Экзамен по данной дисциплине проводится в устной форме по экзаменационным би-летам, каждый из которых включает 2 теоретических вопроса и одно практическое задание.

Показатели и критерии оценивания экзамена:

– на оценку «отлично» (5 баллов) – обучающийся демонстрирует высокий уровень сформированности компетенций, всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, свободно выполняет практические задания, свободно оперирует знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.

– на оценку «хорошо» (4 балла) – обучающийся демонстрирует средний уровень сформированности компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.

– на оценку «удовлетворительно» (3 балла) – обучающийся демонстрирует пороговый уровень сформированности компетенций: в ходе контрольных мероприятий допускаются ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

– на оценку «неудовлетворительно» (2 балла) – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

– на оценку «неудовлетворительно» (1 балл) – обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

Приложение 3. Методические указания.

Лабораторная работа № 1

АСИНХРОННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД НА БАЗЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЧАСТОТЫ *ALTIVAR 71*

Цель работы:изучить и знать основные понятия, принципиальные электрические схемы и технические характеристики лабораторного стенда, преобразователя частоты *ALTIVAR 71*, владеть методиками подключения периферийных устройств преобразователя частоты (ПЧ).Объектом исследования в лабораторной работе является микропроцессорная система «преобразователь частоты – асинхронный двигатель» (ПЧ-АД) на основе ПЧ *ALTIVAR 71*фирмы SchneiderElectric.

1. Учебные задачи

Изучить основные определения, технические характеристики и принципиальную электрическую схему лабораторного стенда.

Изучить принципиальную электрическую схему и назначение основных элементов преобразователя частоты.

Изучить принципиальную схему пульта управления преобразователя частоты *ALTIVAR 71*.

2. Лабораторный стенда на базе преобразователя частоты *ALTIVAR 71*

Лабораторный стенд предназначен для обучения студентов различных специальностей средних специальных и высших учебных заведений, изучающих дисциплины «Электрические машины», «Электрические машины и основы электропривода», «Основы электропривода», «Теория электропривода», «Автоматизированный электропривод», «Системы управления электроприводов».

Оборудование стенда предназначено для выполнения следующих задач:

ввод и распределение трехфазного переменного тока напряжением 380В, 50Гц;

регулирования частоты вращения оборотов электродвигателей с помощью преобразователей частоты;

формирование момента сопротивления на валу испытуемого электродвигателя;

отображения состояния работы электродвигателей с помощью терминалов управления из комплекта преобразователя частоты;

защита от перегрузок и токов короткого замыкания.

В состав лабораторной установки входят:

Электромашинный агрегат;

Инженерная станция (персональный компьютер);

Шкаф управления электрического привода.

Лабораторный стенд представляет собой функционально законченное устройство в виде шкафа, в котором смонтированы коммутационная и защитная аппаратура, необходимые блоки питания, преобразователи частоты *ALTIVAR 71*, программируемый промышленный контроллер с сигнальными модулями и пультом управления и терминалами управления.

На лицевой дверце шкафа расположены графический терминал для параметрирования, сигнальные лампы, кнопки управления и переключатели. Для управления режимами работы преобразователей частоты предусмотрены переносные пульты.

В состав лабораторной установки входит машинный агрегат, состоящий из двух сочлененных асинхронных электродвигателей. На валу одного из электродвигателей установлен цифровой датчик скорости (инкрементальный энкодер). Технические данные силового электрооборудования лабораторного стенда № 1 представлены в таблице 1. Лабораторные стенды № 2 и № 3 отличаются нагрузочными преобразователями *UF2* типа *ATV 930* и *ATV 32*, соответственно.

Однолинейная электрическая схема силовой части лабораторной установки приведена на рисунке 1. Через автоматический выключатель QF1, контактор KM1 и сетевой дроссель L_{cd1} на вход выпрямительного моста UD1 ПЧ испытуемой установки подается напряжение питания ~ 380 В. Выход инвертора напряжения UF1 ПЧ через контактор KM4 подается на испытуемый асинхронный электродвигатель M1. Автоматический выключатель QF3 и контактор KM5 обеспечивают прямой пуск испытуемого асинхронного электродвигателя M1. Контакторы KM4 и KM5 механически и электрически заблокированы, что предотвращает возможность подачи входного напряжения на выход ПЧ. Через автоматический выключатель QF2, контактор KM2 и сетевой дроссель L_{cd2} на вход выпрямительного моста UD2 ПЧ нагрузочной установки подается напряжение питания ~ 380 В. Выход инвертора напряжения UF2 ПЧ подается на нагрузочный асинхронный электродвигатель M2. Каждый преобразователь частоты снабжен тормозным транзистором и тормозным резистором, что позволяет исследовать электропривод в генераторном режиме. Звенья постоянного тока испытуемого и нагрузочного ПЧ возможно соединить между собой посредством контактора KM3 и предохранителей FU, что обеспечивает режим рекуперации энергии между ПЧ. Цифровой датчик скорости VI обеспечивает обратную связь по скорости для электропривода.

Таблица 1

Технические данные оборудования лабораторного стенда № 1

Преобразователь частоты UF1 Тип <i>ALTIVAR 71</i> ATV71HU30N4 $U_{BX} = 380-480 \text{ В}$ $P_H = 3 \text{ кВт}$ $I_{BX} = 10,7 \text{ А}$ $U_{ВЫХ} = 0-(380-480) \text{ В}$ $f_{ВЫХ} = 0,1 - 599 \text{ Гц}$ $I_{ВЫХ} = 7,8 \text{ А (длительно)}$ $I_{ВЫХ} = 11,7 \text{ А (в течении 60 секунд)}$ $I_{ВЫХ} = 12,9 \text{ А (в течении 2 секунд)}$ $L_{ПТ} = 6,8 \text{ мГн (дрросель звена постоянного тока)}$ $L_{CD} = 4 \text{ мГн (сетевой дроссель)}$	Преобразователь частоты UF2 Тип <i>ALTIVAR 71</i> ATV71HU30N4 $U_{BX} = 380-480 \text{ В}$ $P_H = 3 \text{ кВт}$ $I_{BX} = 10,7 \text{ А}$ $U_{ВЫХ} = 0-(380-480) \text{ В}$ $f_{ВЫХ} = 0,1 - 599 \text{ Гц}$ $I_{ВЫХ} = 7,8 \text{ А (длительно)}$ $I_{ВЫХ} = 11,7 \text{ А (в течении 60 секунд)}$ $I_{ВЫХ} = 12,9 \text{ А (в течении 2 секунд)}$ $L_{ПТ} = 6,8 \text{ мГн (дрросель звена постоянного тока)}$ $L_{CD} = 4 \text{ мГн (сетевой дроссель)}$
Асинхронный электродвигатель M1 Тип 4A90L4Y3 $U_H = 380 \text{ В}$ $P_H = 2,2 \text{ кВт}$ $n_H = 1400 \text{ об/мин}$ $I_H = 5,78 \text{ А}$ $\cos\phi = 0,8$ Режим работы S1 Соединение обмоток Y	Асинхронный электродвигатель M2 Тип 4A90L4Y3 $U_H = 380 \text{ В}$ $P_H = 2,2 \text{ кВт}$ $n_H = 1400 \text{ об/мин}$ $I_H = 5,78 \text{ А}$ $\cos\phi = 0,8$ Режим работы S1 Соединение обмоток Y
Датчик скорости (инкрементальный энкодер) VI	

Тип –LiKaC100

$U_{\text{пит}} = 10\text{-}30 \text{ В дс}$

Число имп/об = 1024

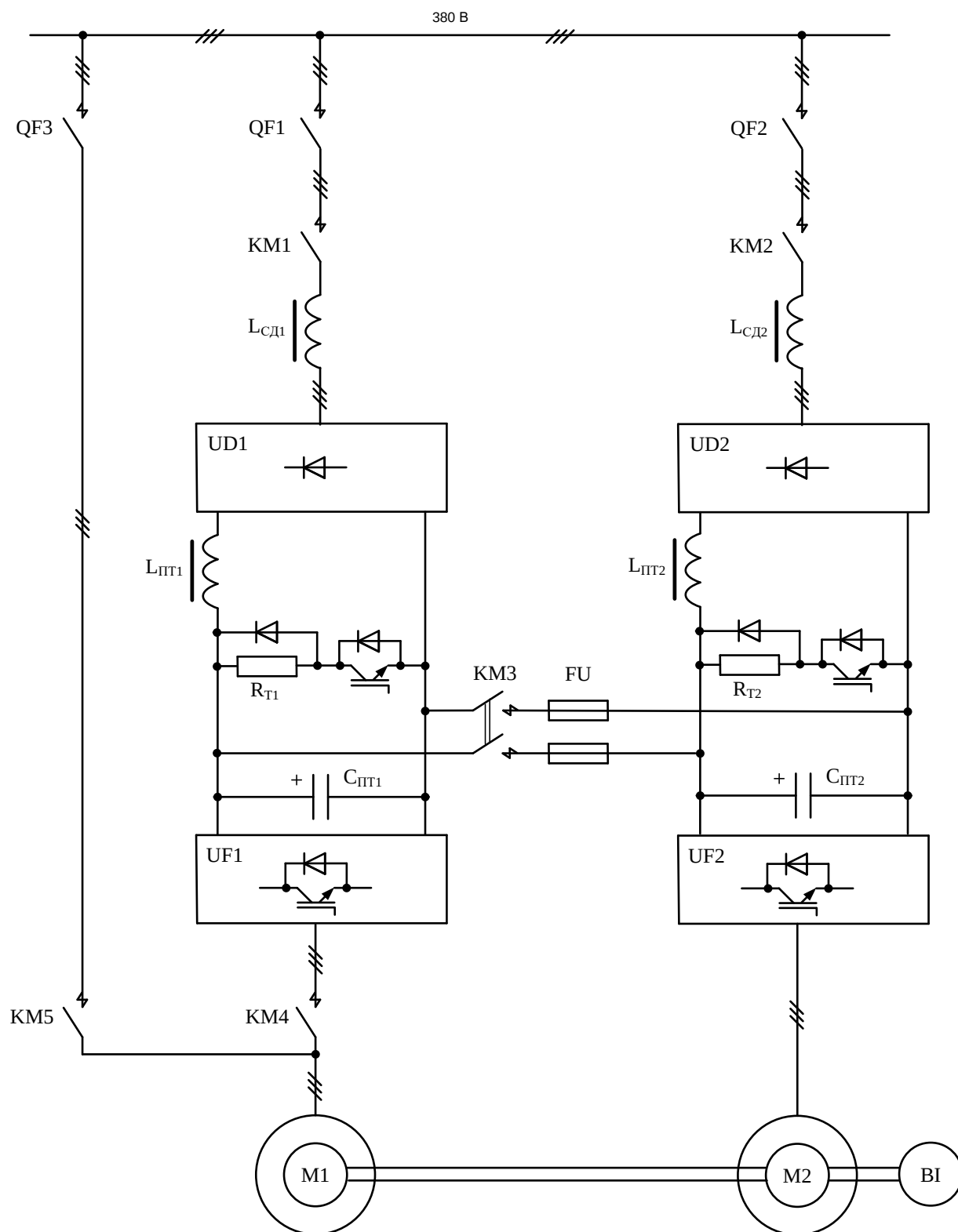


Рисунок 1. Однолинейная схема лабораторного стенда

3. Силовая схема преобразователя частоты *ALTIVAR 71*

Силовые цепи преобразователя частоты *ALTIVAR 71* выполнены по схеме, представленной на рисунке 2.

Основные элементы схемы:

1. Сетевой дроссель (токоограничивающий реактор) $L_{сд}$. Применение сетевого дросселя позволяет уменьшить гармоники тока вырабатываемые ПЧ, ограничить линейный ток. Величина напряжения короткого замыкания сетевого дросселя составляет 3 – 5%. Использование сетевого дросселя рекомендовано в следующих случаях:
 - а) при наличии в сети питания значительных помех от другого оборудования;
 - б) при асимметрии напряжения питания между фазами $> 1,8\%$ номинального напряжения;
 - в) при параллельном включении нескольких преобразователей с близко расположенными соединениями;
 - г) при установке большого количества ПЧ на одной линии;
 - д) преобразователь питается от трансформатора, мощность которого в 10 раз больше ПЧ.
2. Неуправляемый трёхфазный выпрямитель, выполненный на шести диодах VD1-VD6.
3. Дроссель постоянного тока $L_{пт}$. Применение дросселя постоянного тока позволяет уменьшить гармоники тока вырабатываемые ПЧ, ограничить ток заряда конденсатора звена постоянного тока при кратковременных просадках напряжения.
4. Тормозной транзистор VT7 и подключённый к нему внешний тормозной резистор R_T . Тормозной транзистор совместно с тормозным резистором предназначен для ограничения напряжения звена постоянного тока при рекуперативном торможении электропривода.
5. Цепи предварительного заряда конденсатора звена постоянного тока. При подаче напряжения на вход выпрямителя происходит заряд конденсатора звена постоянного тока. Ток заряда ограничивается резистором предварительного заряда $R_{пз}$. После окончания заряда конденсатора происходит шунтирование резистора $R_{пз}$ контактором К.
6. Конденсатор звена постоянного тока $C_{пт}$. Сглаживает пульсаций напряжения звена постоянного тока и предназначен для обмена реактивной энергией с асинхронным электродвигателем.
7. Автономный инвертор напряжения, выполненный по трёхфазной мостовой схеме на транзисторах VT1-VT6 с обратными диодами. Служит для преобразования напряжения звена постоянного тока в трёхфазное переменное напряжение заданной частоты и амплитуды.

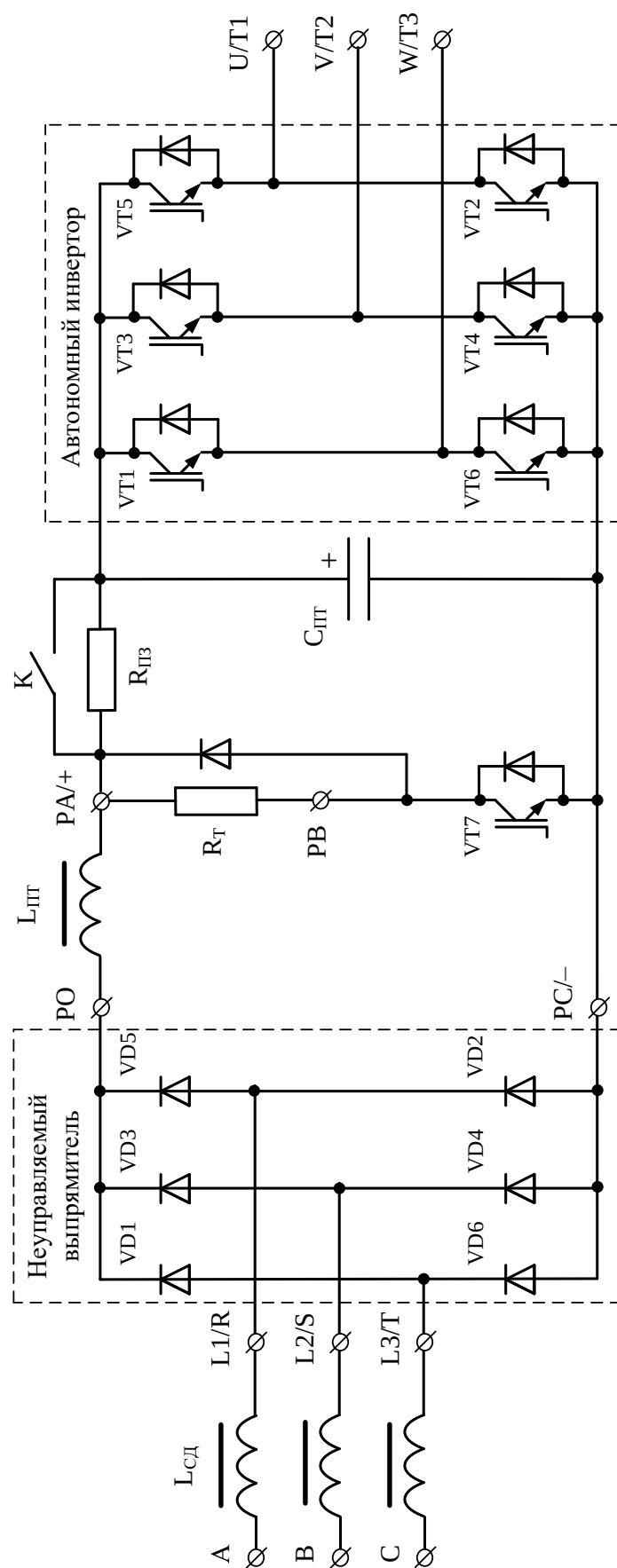


Рисунок 2. Силовые цепи преобразователя частоты ALTIVAR 71

4. Цепи управления преобразователем частоты ALTIVAR 71

Для изучения работы дискретных входов, дискретных выходов, аналоговых входов, аналоговых выходов, релейных выходов к каждому преобразователю частоты подключен переносной пульт управления с необходимым набором входов и выходов. Схема подключения пульта управления к ПЧ *ALTIVAR 71* представлена на рисунке 3.

Обозначения на пульте управления и обозначения на преобразователе частоты *ALTIVAR 71* представлено в таблице 2. Дискретные входы LI1-LI5, PWR получают питание от внутреннего источника питания +24В ПЧ. Релейные выходы R1, R2 получают питание от внешнего источника питания +24В. Вход безопасности PWR предназначен для блокировки работы ПЧ.

Аналоговые выходы AO2, AO3 и дискретные выходы LO3, LO4 находятся на модуле расширения входов-выходов. Аналоговые выходы AO2, AO3 необходимо настраивать на напряжение $\pm 10В$. Дискретные выходы LO3, LO4 с открытым коллектором допускают подключение нагрузки (реле, световая индикация) с током потребления не более 200 мА.

Цифровой датчик скорости подключается к интерфейсной карте энкодера.

Таблица 2

Обозначения на пульте управления и обозначения на ПЧ *ALTIVAR 71*

Обозначение на пульте управления	Обозначение на ПЧ <i>ALTIVAR 71</i>	Описание
AI1	AI1+	Аналоговый вход 1
AI2	AI2	Аналоговый вход 2
AO1	AO2	Аналоговый выход 1
AO2	AO3	Аналоговый выход 2
DI1-DI5	LI1-LI5	Дискретные входы
DI6	PWR	Вход безопасности
DO1	LO3	Дискретный выход 1
DO2	LO4	Дискретный выход 2
RO1	R1	Релейный выход 1
RO2	R2	Релейный выход 2

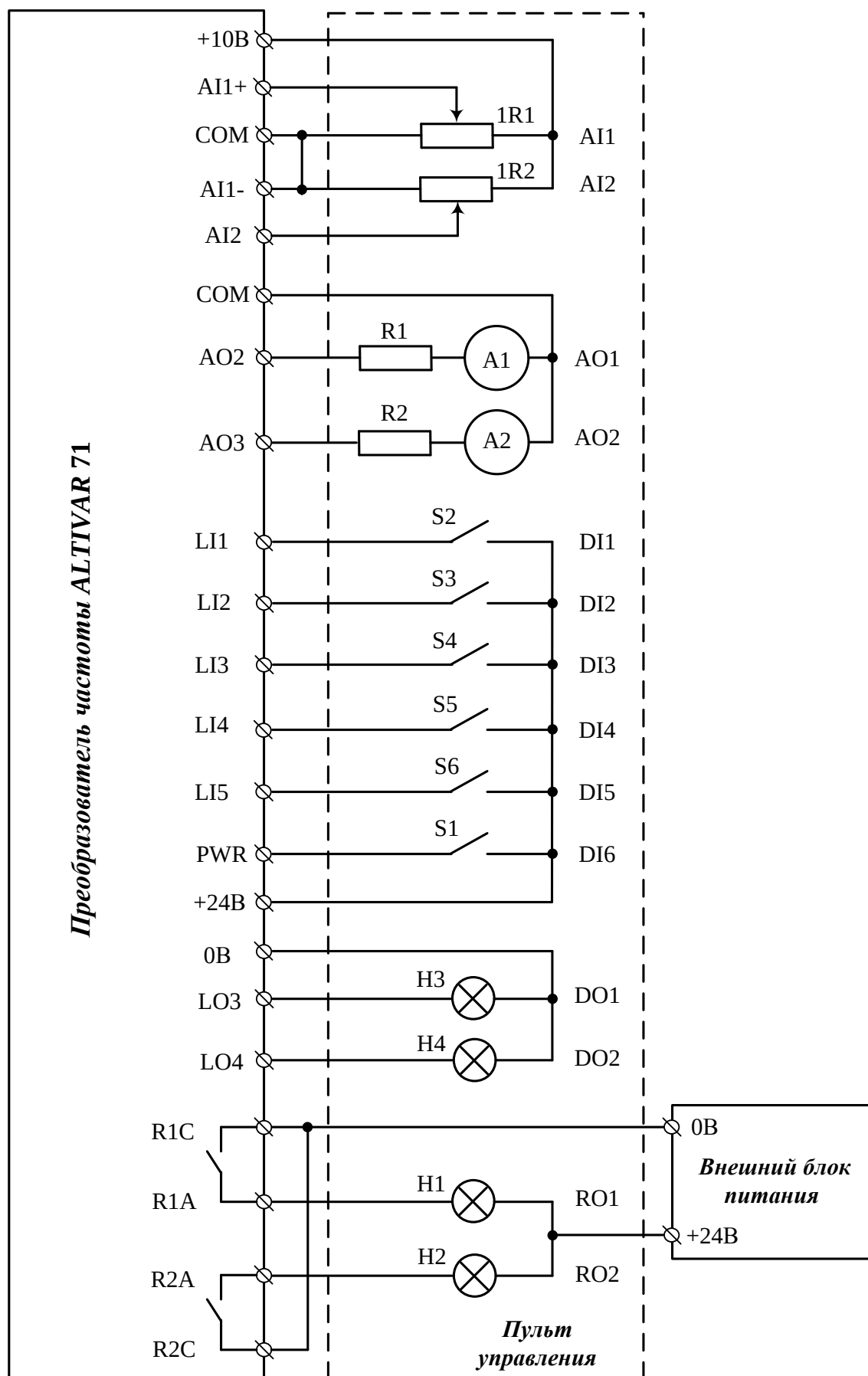


Рисунок 3. Схема подключения пульта управления к ПЧ ALTIVAR 71

5. Порядок выполнения работы

5.1. Изучить технические характеристики и принципиальную электрическую схему лабораторного стенда.

5.2. Изучить принципиальную электрическую схему и назначение основных элементов преобразователя частоты *ALTIVAR 71*.

5.3. Изучить схему подключения пульта управления к преобразователю частоты *ALTIVAR 71*.

6. Содержание отчета

Титульный лист (МГТУ, кафедра, дисциплина, тип и название работы, состав бригады, руководитель, год).

Содержание.

Цель работы.

Однолинейная электрическая схема и технические характеристики лабораторного стенда.

Описание основных элементов лабораторного стенда.

Электрическая схема силовых цепей и перечень основных элементов преобразователя частоты *ALTIVAR 71*.

Схема подключения пульта управления к преобразователю частоты *ALTIVAR 71* и назначение переключателей.

Выводы по работе.

Отчет оформляется и распечатывается один на бригаду. Защита лабораторной работы выполняется бригадой по отчету.

7. Вопросы для самопроверки

Состав электрооборудования лабораторного стенда.

Назначение контакторов КМ1 – КМ6.

Назначение контактора К и сопротивления $R_{пз}$.

Порядок включения лабораторного стенда.

Режимы работы оборудования при работе двигателя М1 в двигательном режиме.

Режимы работы оборудования при работе двигателя М1 в генераторном режиме.

Механические характеристики АД при IR-компенсации и компенсации скольжения в системе ПЧ-АД.

Основные элементы силовой схемы ПЧ *ALTIVAR 71*.

Подключение цепей управления к ПЧ *ALTIVAR 71*.

Лабораторная работа № 2

ПАРАМЕТРИРОВАНИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЧАСТОТЫ *ALTIVAR 71* С ПОМОЩЬЮ ТЕРМИНАЛОВ УПРАВЛЕНИЯ

Цель работы: изучить и знать назначение кнопок и дисплеев графического и встроенного терминалов, уметь с помощью терминалов управления параметрировать преобразователь частоты (ПЧ) *ALTIVAR 71* и овладеть методикой снятия основных характеристик этого преобразователя. Объектом исследования в лабораторной работе является микропроцессорная система «преобразователь частоты – асинхронный двигатель» (ПЧ-АД) на основе ПЧ *ALTIVAR 71* фирмы Schneider Electric.

8. Учебные задачи

Изучить основные функции, назначение кнопок и дисплеев графического и встроенного терминалов, проверить работу терминалов в режиме запуска ПЧ.

Исследовать работу графического терминала в режимах основного меню: ускоренный запуск, мониторинг, настройки, привод и др.

Исследовать работу встроенного терминала в режимах: уровень отображения состояния, уровень меню, уровень параметров, уровень значений.

С помощью графического терминала снять характеристики ПЧ и АД на холостом ходу при скоростях от 0 до максимальной.

9. Терминалы управления преобразователем *ALTIVAR 71*

9.1. Основные понятия

Программирование преобразователя частоты, т.е. настройку его для управления конкретным электродвигателем (параметрирование), производят путем изменения его настраиваемых параметров, таких, как частота коммутации, длительность разгона, номинальная частота питания двигателя, закон управления двигателем, назначение логических входов и т.д. Каждый из таких параметров имеет **имя, код и ряд значений**. Имя используется при программировании с графического терминала (см. п. 2.2). Код состоит из нескольких символов (до 4 латинских букв или цифр, например, AC2, nSPS) и применяется при программировании с терминала,

встроенного в ПЧ (см. п. 2.4). Присвоение параметру нужного значения и является содержанием программирования или настройки ПЧ на двигатель.

Параметры, как и их значения, могут быть разного типа:

- цифровыми (как, например, значение максимальной частоты HSP=60Гц);
- текстовыми (OFI=Нет или Да, tUS=CUS, FAIL или dOnE).

Параметры для удобства доступа упорядочены в тематические меню и подменю (вложенные меню). **Некоторые параметры для удобства одновременно присутствуют в нескольких меню.** К сожалению, структура и перечень меню и подменю встроенного и графического терминалов совпадают не полностью.

Совокупность нескольких тематически близких параметров, реализующих некоторую прикладную задачу, называют функцией. Зачастую параметры, реализующие функцию, размещаются в общем подменю и становятся доступными только после ее активизации.

Для удобства чтения данного пособия приняты следующие правила написания имен и кодов меню (параметров), а также значений последних:

- имя меню (подменю) графического терминала дается в квадратных скобках и пишется заглавными русскими буквами (например, [1.4 УПРАВЛЕНИЕ ДВИГАТЕЛЕМ]);
- коды меню и параметров встроенного терминала даются без скобок английскими буквами в виде, максимально приближенном к индикации на терминале, причем код меню всегда заканчивается тире (например, drC- для меню и SFr для параметра);
- имя и текстовое значение параметра на графическом терминале дается в квадратных скобках курсивными русскими буквами (например [Да]);
- текстовое значение параметра на встроенном терминале дается без скобок английскими буквами в виде, максимально приближенном к индикации на терминале (например, PEnD, dOnE);
- при упоминании имен меню или параметров их коды, а также английские и русские версии обычно даются через запятую;
- в выражениях типа [Автоподстройка]=[Нет], tUn=YES слева от знака равенства расположено имя параметра, справа – присвоенное ему значение.

Некоторые параметры изменяются только автоматически и служат лишь для чтения (например, tUS=PROG). Совокупность значений параметров образует конфигурацию ПЧ. Ее можно сохранить для последующего использования. Имеется 7 макроконфигураций (реализованных программно заводских конфигураций, поставляемых с ПЧ, см. п. 10.1), которые соответствуют наиболее распространенным применениям системы ПЧ-АД.

Макроконфигурации отличаются значениями некоторых параметров и назначениями входов/выходов. Пользователь может воспользоваться любой из них непосредственно или как основой для создания собственной, пользовательской, конфигурации.

Каждый из параметров имеет значение по умолчанию (заводская на-стройка), которое он получает после выбора одной из макроконфигураций. Не-которые параметры связаны друг с другом.

Изменение параметров возможно с помощью следующих средств:

- встроенного четырехразрядного терминала;
- съемного графического терминала;

- человеко-машинного интерфейса (графической панели программирования), подключаемого извне;
- коммуникационной сети (*ModBus, CANOpen* и др.);
- персонального компьютера (программа *Sove Move*).

В зависимости от квалификации пользователя возможны 4 уровня доступа к параметрам:

- базовый, bAS – доступ к некоторым наиболее употребительным меню и подменю, назначение только одной функции для программируемого входа;
- стандартный, StD – доступ ко всем меню и подменю, назначение только одной функции для программируемого входа (уровень доступа по умолчанию);
- расширенный, AdU – доступ ко всем меню и подменю, назначение нескольких функций для каждого входа;
- экспертный, EPr – доступ ко всем меню и подменю, а также к дополнительным параметрам, назначение нескольких функций для каждого входа.

В процессе нормального функционирования ПЧ может находиться в различных состояниях, коды которых могут отображаться на графическом и встроенном терминалах:

9.2. Графический терминал

Съемный графический терминал (ГТ) является дополнительной принадлежностью для малых типоразмеров ПЧ и обязательной – для больших. Он может быть установлен непосредственно на лицевой панели ПЧ (над встроенным терминалом) или вынесен на дверцу шкафа. Он позволяет:

- настраивать преобразователь и управлять им;
- отображать текущее состояние ПЧ;
- сохранять и возобновлять информацию в энергонезависимой памяти терминала;
- переносить настройки с одного ПЧ на другой.

На терминале (рисунок. 1) расположены:

- графический дисплей (1);
- функциональные кнопки *F1, F2, F3, F4* (2);
- кнопка *STOP/RESET* (3) для остановки привода или сброса неисправности;
- кнопка *RUN* (4) для пуска привода;
- навигационная рукоятка (5) для изменения значения ранее выбранного параметра, перехода от строки к строке меню, изменения уровня задания при управлении с терминала (вращение +/–), а также для сохранения текущего значения параметра или входа в избранное ранее меню или параметр (нажатие, *ENT*)
- . кнопка *FWD/REV* (6) для изменения направления вращения привода;
- кнопка *ESC* (7) для отказа текущего значения параметра или текущего меню и возврата к предыдущему выбору;
-

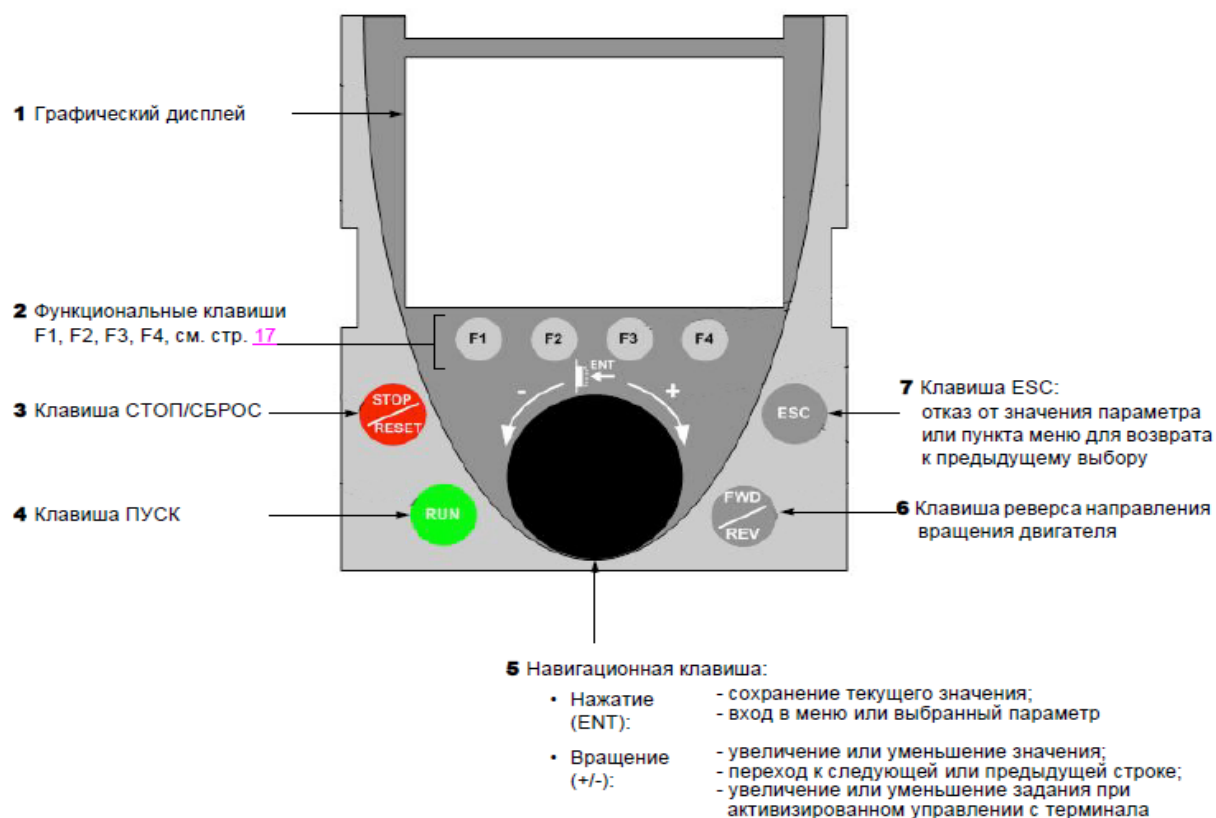


Рисунок 1. Графический терминал

Восьмистрочный графический дисплей (рисунок 2) при заводской настройке отображает:

- в строке 1 (строке состояния):
 - код состояния ПЧ (см. таблицу 1);
 - активизированный канал управления:
 - *Term* (клеммник логических и аналоговых входов);
 - *HMI* (человеко- машинный интерфейс);
 - *MDB* (встроенный *ModBus*);
 - *CAN* (встроенный *CANopen*);
 - *NET* (коммуникационная карта);
 - *APP* (программируемая карта встроенного контроллера);
 - текущую заданную частоту;
 - текущий ток двигателя;
- в строке 2 – имя текущего меню, подменю или параметра;
- в строках 3 (экран отображения) – содержание текущего меню (подменю), значения текущего параметра, заданных параметров отображения) в виде окна прокрутки размером не более 5 строк;
- в строке 4 (строка подсказок) – подсказки о текущих функциях функциональных кнопок.

По умолчанию на функциональные кнопки назначены следующие функции (могут быть переназначены):

- *F1* – *Code* (при нажатии на экране отображения ГТ вместо имени текущего параметра индицируется его код);

- *F2* – << (перемещение в строке значения параметра влево от младшего разряда к старшему);
- *F3* – >> (перемещение в строке значения параметра вправо от старшего разряда к младшему);
- *F4* – *Quick* (быстрый поиск параметра).

Кроме того, в строках 2 и 4 могут отображаться индикаторы  и , показывающие возможность прокрутки списка в окне отображения вверх (6) или вниз (5).

№ п/п	Графический терминал	Наименование	Встроенный терминал
-------	----------------------	--------------	---------------------

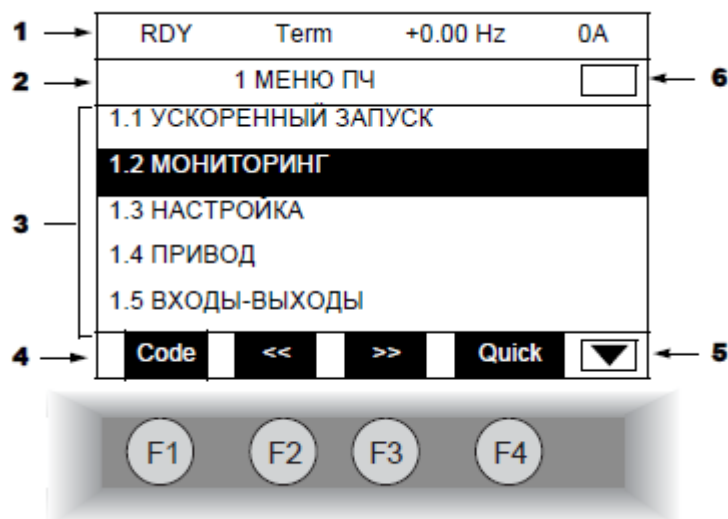


Рисунок 2. Графический дисплей

В процессе нормального функционирования ПЧ может находиться в различных состояниях, коды которых могут отображаться на графическом и встроенном терминалах (таблица 1).

Таблица 1.

1		Отображение выбранного параметра в меню SUP (по умолчанию: заданная частота)	50.0
2	ACC	Разгон	
3	CLI	Ограничение тока	CLI
4	CTL	Контролируемая остановка при обрыве фазы сети	CtL
5	DCB	Динамическое торможение	dCb
6	DEC	Замедление	
7	FLU	Намагничивание двигателя	FLU
8	FST	Быстрая остановка	FSt
9	NLP	Отсутствие сетевого питания	nLP
10	NST	Остановка на выбеге	nSt
11	OBR	Автоматическая адаптация темпа торможения	Obr
12	PRA	Внешняя блокировка ПЧ	PrA
13	RDY	Готовность ПЧ к работе	rdY
14	SOC	Контроль обрыва фазы на выходе ПЧ активен	SOC
15	TUN	Автоподстройка активна	tUn

Коды состояния преобразователя частоты

9.3. Меню графического терминала

Главное меню ГТ (рисунок 3) состоит из 7 пунктов:

- [1 МЕНЮ ПЧ];
- [2 УРОВЕНЬ ДОСТУПА] – определяет доступность меню (уровень сложности);
- [3 ОТКРЫТЬ/СОХРАНИТЬ] – обмен файлами конфигурации между ГТ и ПЧ;
- [4 ПАРОЛЬ] – защита конфигурации с помощью пароля;
- [5 ЯЗЫК] – выбор языка общения с ПЧ;
- [6 ЭКРАН КОНТРОЛЯ] – выбор перечня и способа отображения внутренних переменных на ГТ в процессеработы;
- [7 КОНФИГУРАЦИЯ ОТОБРАЖЕНИЯ] – пользовательские параметры (свои имена, единицы измерения, масштаб), создание пользовательского меню, разграничение доступа и защита меню и параметров.

Большинство параметров, необходимых в процессе настройки, расположено в меню [1 МЕНЮ ПЧ] в состав которого входят следующие вложенные меню:

■

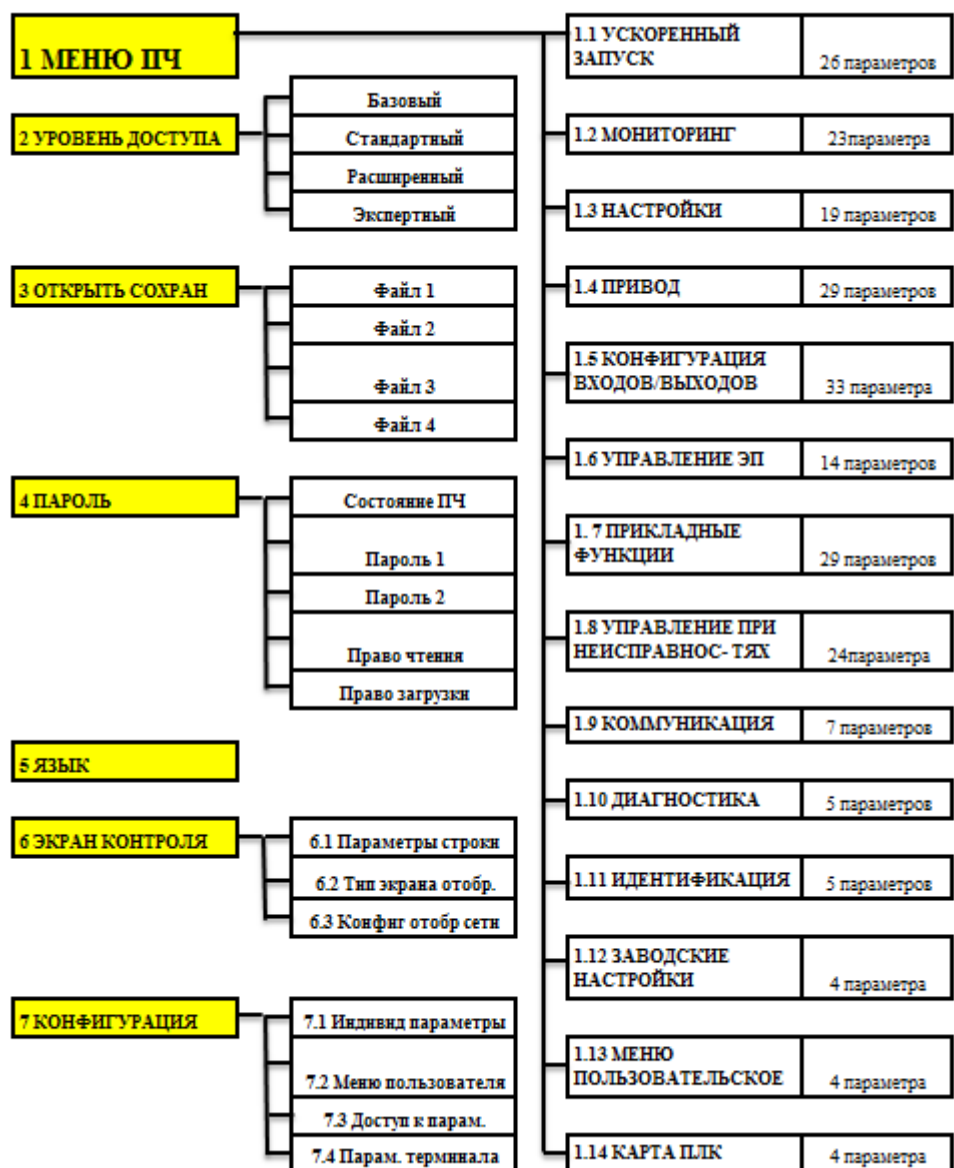


Рисунок 3. Меню графического терминала

- [1.1 УСКОРЕННЫЙ ЗАПУСК] – упрощенное меню для быстрого ввода ПЧ в эксплуатацию (приложение П1);
- [1.2 МОНИТОРИНГ] – отображение текущих переменных двигателя и ПЧ, а также состояния входов/выходов (приложение П2);
- [1.3 НАСТРОЙКИ] – настроечные параметры, изменяемые в процессе работы (тахограммы, торможение, намагничивание двигателя, ПИД-регулятор, приложение П3);
- [1.4 ПРИВОД] – параметры привода (номинальные параметры двигателя, автоподстройка, законы частотного управления, ограничение тока и момента, приложение П4);
- [1.5 КОНФИГУРАЦИЯ ВХОДОВ/ВЫХОДОВ] (приложение П5);
- [1.6 УПРАВЛЕНИЕ ЭП];– назначение канала управления (ГТ, клеммник, сети, приложение П6);
- [1.7 ПРИКЛАДНЫЕ ФУНКЦИИ] (приложение П7);
- [1.8 УПРАВЛЕНИЕ ПРИ НЕИСПРАВНОСТЯХ] (приложение П8);

- [1.9 КОММУНИКАЦИЯ] – коммуникационные параметры (шины, сети и т.п.) (приложение П9);
- [1.10 ДИАГНОСТИКА] – отображение неисправностей, причин их появления и осуществлениетестирования (приложение П10);
- [1.11 ИДЕНТИФИКАЦИЯ] – идентификация ПЧ и встроенных дополнительных узлов (приложение П11);
- [1.12 ЗАВОДСКИЕ НАСТРОЙКИ] – доступ к файлам конфигурации и возврат к заводскимнастройкам (приложение П12);
- [1.13 ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОЕ МЕНЮ] – специальное меню, созданное пользователем в меню [6 ЭКРАН КОНТРОЛЯ].

После первого включения ПЧ на графическом дисплее отображается окно с типоразмером ПЧ и номером конфигурации (рисунки 4).

Через 3 с открывается меню выбора языка [5 ЯЗЫК]. После выбора языка и нажатия навигационной рукоятки (*ENT*) открывается окно меню уровня доступа [2 УРОВЕНЬ ДОСТУПА]. Выбрав уровень, следует нажать навигационную рукоятку для перехода к меню ПЧ [1 МЕНЮ ПЧ]. После настройки необходимых параметров и возврата на уровень меню ПЧ для возврата на уровень главного меню нажимают кнопку *ESC*.

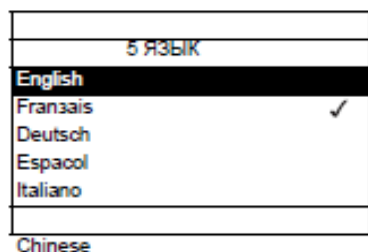
При последующих включениях окно выбора языка не открывается, а через 3 с после появления окна типоразмера открывается окно [1 МЕНЮ ПЧ], а через 10 с при отсутствии дальнейшего выбора – окно мониторинга с индикацией в соответствии с выбранной конфигурацией. Возврат к окну главного меню возможен после нажатия на *ESC* или на навигационную рукоятку (*ENT*).

Для перелистывания списков меню и параметров используется вращение навигационной рукоятки, для углубления в структуру меню – ее нажатие (*ENT*), для отказа от выбора – кнопка *ESC*, для горизонтального перемещения по разрядам значения – кнопка *F2*, для изменения значения текущего разряда – вращение навигационной рукоятки, для сохранения выбора – ее нажатие (*ENT*).

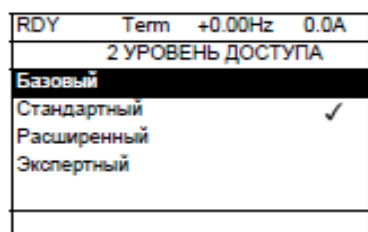


Отображается в течение 3 с после включения питания

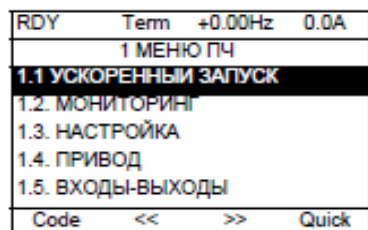
3 с



Переход к меню [5 ЯЗЫК] автоматически через 3 с.
Выберите язык и нажмите клавишу ENT

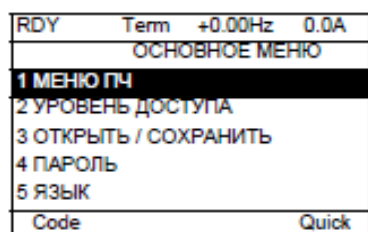


Переход к меню [2 УРОВЕНЬ ДОСТУПА] (см. стр. 29).
Выберите нужный уровень и нажмите ENT



Переход к [1 МЕНЮ ПЧ] (см. стр. 25)

ESC



Возврат к пункту [ОСНОВНОЕ МЕНЮ] нажатием на клавишу ESC

Рисунок 4. Графический терминал. Первое включение ПЧ

9.4. Встроенный терминал

Преобразователи частоты мощностью до 15 кВт имеют встроенный терминал (рисунок 5).

На терминале расположены 2 светодиода состояния Modbus, 4 семисегментных индикатора, кнопки прокрутки, кнопки ENT и ESC, 2 светодиода состояния CANopen

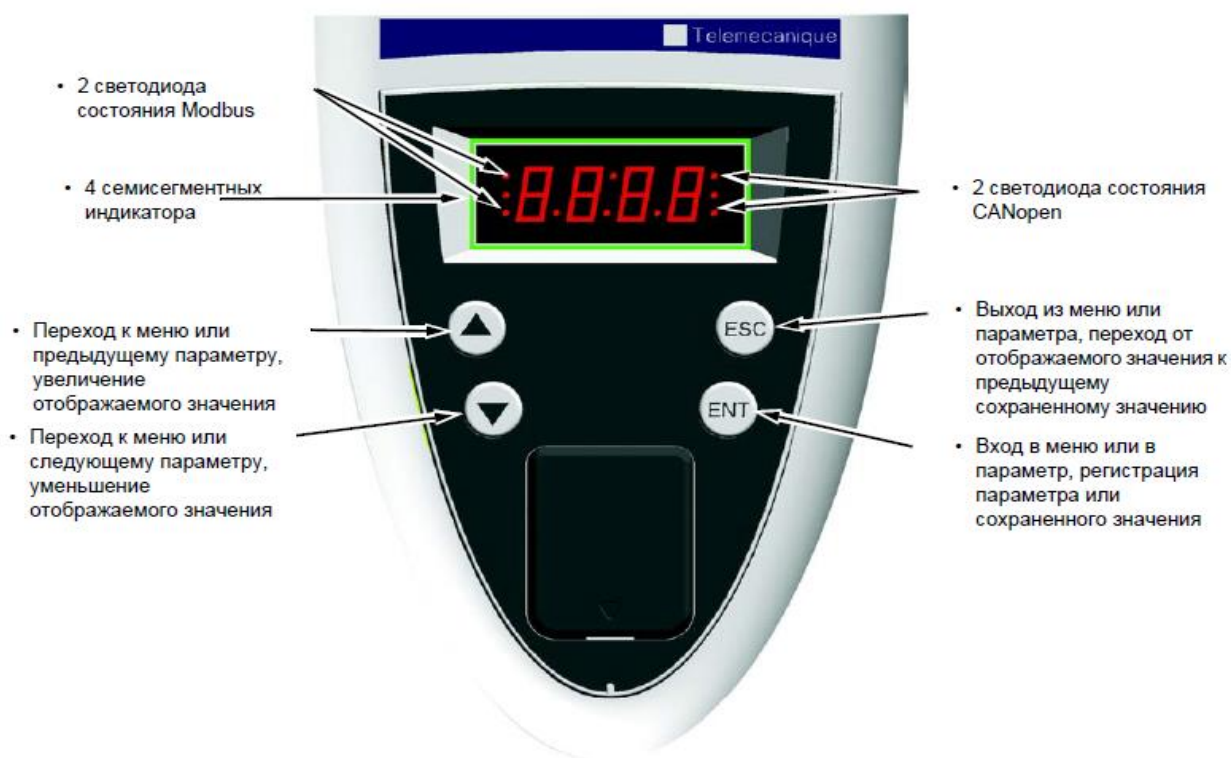


Рисунок 5. Встроенный терминал

Меню встроенного терминала имеет более простую структуру по сравнению с меню ГТ. В нем отсутствуют вложенные меню, а также меню 3, 5, 6, 7, 1.10 и 1.11 (рисунок 3). Коды меню, в отличие от кодов параметров, заканчиваются символом «-». Меню имеет четыре уровня иерархии (в порядке понижения уровня):

- **уровень отображения состояния** (активен после включения питания, отображаются состояния ПЧ, (см. таблицу 1) и текущее значение одной ранее выбранной переменной двигателя или ПЧ);
- **уровень меню** (отображается код текущего меню);
- **уровень параметров** (отображается код текущего параметра);
- **уровень значений** (отображается значение текущего параметра).

Меню является классическим ниспадающим. Поэтому с помощью кнопок прокрутки можно пролистать весь список меню (кроме SIM- и SUP-) по кольцу в обоих направлениях. Для выхода к этим меню следует с уровня меню выйти на уровень отображения, нажав *ESC*, а затем с помощью кнопок *ENT* и выбрать нужное меню.

Сравнение меню, доступных с графического и встроенного терминалов

Графический терминал	Встроенный терминал	Уровень доступа			
[2 УРОВЕНЬ ДОСТУПА] [3 ОТКРЫТЬ/СОХРАНИТЬ] [4 ПАРОЛЬ] [5 ЯЗЫК] [1 МЕНЮ ПЧ] 1.1 УСКОРЕННЫЙ ЗАПУСК 1.2 МОНИТОРИНГ 1.3 НАСТРОЙКА 1.11 ИДЕНТИФИКАЦИЯ 1.12 ЗАВОДСКАЯ НАСТРОЙКА 1.13 МЕНЮ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ Назначение только одной функции для каждого входа	LAC- (Уровень доступа) - COA- (Пароль) - SIM- (Ускоренный запуск) SUP- (Мониторинг) SEI- (Настройка) - FCS- (Заводская настройка) USR- (Меню пользователя) Назначение только одной функции для каждого входа	БАЗОВЫЙ BAS	СТАНДАРТНЫЙ Std (заводская настройка)	РАСШИРЕННЫЙ Adv	ЭКСПЕРТНЫЙ Exp
1.4 ПРИВОД 1.5 ВХОДЫ-ВЫХОДЫ 1.6 УПРАВЛЕНИЕ ЭП 1.7 ПРИКЛАДНЫЕ ФУНКЦИИ 1.8 УПРАВЛЕНИЕ ПРИ НЕИСПРАВНОСТЯХ 1.9 КОММУНИКАЦИЯ 1.10 ДИАГНОСТИКА 1.14 КАРТА ПЛК (1) [6 ЭКРАН КОНТРОЛЯ] Назначение только одной функции для каждого входа	drc- (Привод) I-O- (Входы-выходы) ctl- (Управление ЭП) FUN- (Прикладные функции) FLI- (Управление при неисправностях) COM- (Коммуникация) - SPL- (Карта ПЛК) (1) - Назначение только одной функции для каждого входа				
[7 КОНФИГУРАЦИЯ ОТОБРАЖЕНИЯ] Назначение нескольких функций для каждого входа	- Назначение нескольких функций для каждого входа				
Экспертные параметры Назначение нескольких функций для каждого входа	Экспертные параметры Назначение нескольких функций для каждого входа				

(1) Доступно при наличии карты ПЛК.

Рисунок 6. Сравнение меню графического и встроенного терминалов

2.5. Ввод параметров двигателя и автоподстройка

После первого включения для обеспечения корректной работы ПЧ должны быть введены номинальные параметры двигателя, указанные на его заводской табличке. Настроечные параметры расположены в меню 1.4 ПРИВОД], drC-, а также в меню быстрого запуска [1.1 УСКОРЕННЫЙ ЗАПУСК].

Первым шагом должен быть выбор стандартной частоты питания двигателя (параметр bFr). Для отечественных двигателей в соответствии со стандартом МЭК bFr=50 Гц IEC. Номинальные данные двигателя вводят как значения параметров:

- $nPr, [Ном. \text{ мощность двигателя}] - \text{кВт};$
- $UnS, [Ном. \text{ напряжение двигателя}] - \text{ВВ};$
- $nCr, [Ном. \text{ ток двигателя}] - \text{ВА};$
- $FrS, [Ном. \text{ частота двигателя}] - \text{номинальная частота питания}$

двигателя, Гц;

- n_{SP} , [Ном. скорость двигателя] – номинальная частота вращения двигателя, об/мин.

Кроме того, можно задать:

- t_{Fr} , [Максимальная частота] – максимальную частоту питания двигателя, Гц (но не более десятикратной номинальной частоты; не более 500 Гц, если мощность двигателя больше 37 кВт или если закон управления двигателем C_{tt} отличается от закона U/f).

Автоподстройка производится с целью определения параметров схемы замещения двигателя (в первую очередь активного сопротивления обмотки статора), которые в дальнейшем используются при настройке регуляторов и законов управления. Она осуществляется только в отсутствие команд управления и не должна прерываться. Перед началом автоподстройки обязательно должны быть введены номинальные параметры двигателя. Для активизации автоподстройки параметру t_{Un} , [Автоподстройка] следует придать значение [Да]. Процесс длится около 1...2 с. На протяжении автоподстройки двигатель остается неподвижным, а из ПЧ слышен шум. В результате успешного завершения автоподстройки параметр [Автоподстройка] автоматически приобретает значение [Выполнена], а параметры схемы замещения (многие из них доступны лишь для чтения на уровне доступа [ЭКСПЕРТНЫЙ]) получают новые значения. В случае неудачной автоподстройки или после изменения хотя бы одного из номинальных параметров [Автоподстройка]=[No], [Нет].

Возможны также особые способы автоподстройки:

- автоматическая после каждого включения питания ПЧ, если параметру A_{Ut} , [Автоматическая автоподстройка] присвоить значение [YES], [Да];
- через логические входы.

За состоянием процесса автоподстройки можно наблюдать с помощью параметра t_{US} , [Состояние автоподстройки] (только для индикации):

- t_{Ab} , [Not done] – для управления двигателем используется табличное значение сопротивления статора, рассчитанное ПЧ;
- P_{End} , [Pending] – автоподстройка запущена, но не осуществлена;
- P_{rOG} , [In Progress] – процесс автоподстройки продолжается;
- $FAIL$, [Failed] – автоподстройка завершена неудачно;
- C_{US} , [Индивидуальная] – автоподстройка осуществлена, однако по крайней мере один из параметров схемы замещения изменен после ее окончания;
- d_{OnE} , [Выполнена] – для управления двигателем используется значение сопротивления статора, полученное в результате последней удачной автоподстройки.

1.1 УСКОРЕННЫЙ ЗАПУСК (SIM-)

Код	Обозначение/Описание	Заводская настройка
tUn nO YES dOnE	☐ [Автоподстройка] ☐ [Нет] (nO): автоподстройка не выполнена ☐ [Да] (YES): автоподстройка выполняется сразу же и параметр автоматически переключается на [Выполнена] (dOnE). ☐ [АП выполнена] (dOnE): использование значений, полученных при предыдущей автоподстройке. Внимание: - Необходимо, чтобы до проведения автоподстройки все параметры двигателя ([Ном. напряжение двигателя] (UnS), [Ном. частота двигателя] (FrS), [Ном. ток двигателя] (nCr), [Ном. скорость двигателя] (nSP), [Ном. мощность двигателя] (nPr)) были правильно сконфигурированы. Если хотя бы один из параметров был изменен после автоподстройки, то параметр [Автоподстройка] (tUn) возвращается на [Нет] (nO) и она должна быть повторена. - Автоподстройка возможна только при отсутствии команд управления. Если функции Остановка на выбеге и Быстрая остановка назначены на дискретный вход, то его надо перевести в положение 1 (активизирован в состоянии 0). - Автоподстройка имеет приоритет над командами пуска и предварительного намагничивания, которые учитываются после ее проведения. - Если автоподстройка не прошла, то ПЧ отображает [Нет] (nO) и, в зависимости от конфигурации [Управление при неисправностях] (tnL) стр. 231, может перейти на неисправность [Автоподстройка] (tnF). - Автоподстройка длится 1 - 2 с. Не прерывайте ее и дождитесь, пока не отобразится на экране [АП выполнена] (dOnE) или [Нет] (nO). Примечание: во время автоподстройки по обмоткам двигателя протекает номинальный ток	[Нет] (nO)
tUS tAb PEnd PrOG FAIL dOnE	☐ [Состояние автоподстройки] (Информация не параметрируется) ☐ [R1 таблич.] (tAb): для управления двигателем по умолчанию используется табличное значение сопротивления статорной обмотки ☐ [Не законч.] (PEnd): автоподстройка запущена, но не осуществлена ☐ [Идет АП] (PrOG): автоподстройка проводится ☐ [Отказ] (FAIL): автоподстройка не прошла ☐ [R1 расч.] (dOnE): для управления двигателем используется измеренное автоподстройкой значение сопротивления статорной обмотки	[R1 таблич.] (tAb)
PHr AbC ACb	☐ [Порядок чередования фаз] ☐ [ABC] (AbC): вперед ☐ [ACB] (ACb): назад Параметр позволяет изменить направление вращения двигателя без необходимости переключения подводящих к двигателю проводов	[ABC] (AbC)

Рисунок 7. Меню автоподстройки

2.6.Параметры и переменные, отображаемые в процессе работы

На графическом терминале в процессе работы ПЧ с помощью меню мониторинга [1.2 МОНИТОРИНГ] можно отобразить:

- **состояние входов/выходов** ПЧ;
- состояние связи;
- группы сигнализации;
- **внутренние переменные** ПЧ (задание на скорость, частоту или момент; выходная частота, ток, скорость, напряжение ПЧ и сети, мощность, момент; тепловое состояние двигателя, преобразователя или тормозного сопротивления, активная конфигурация, текущий комплект параметров и т.п.).

Отображение **внутренних переменных** возможно двумя способами:

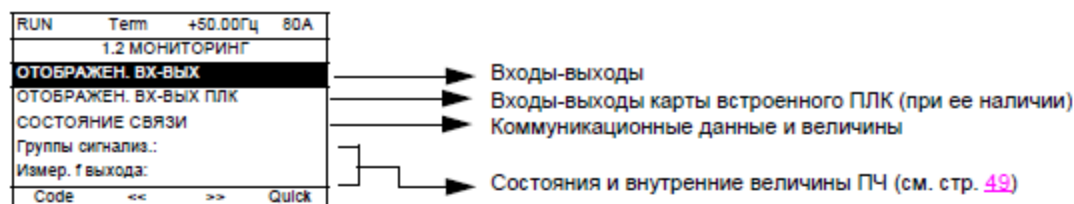
- текущие значения переменных отображаются в окне меню [1.2 МОНИТОРИНГ], начиная со строки «Выходная частота:»;

- путем выбора списка переменных в окне меню [6 ЭКРАН КОНТРОЛЯ.]. В последнем случае на дисплей ГТ может быть выведено от 1 до 5 внутренних переменных одновременно. Количество и способ их отображения выбирается в меню экрана контроля :
 - [6.1 ПАРАМЕТРЫ СТРОКИ] – отображение одного или двух параметров в правой части строки состояния (выбор осуществляется нажатием *ENT* на нужной строке списка параметров, отмена выбора – повторным нажатием *ENT*;
 - [6.2 ТИП ЭКРАНА ОТОБРАЖЕНИЯ] – отображение от 1 до 5 переменных в экране отображения в виде:
 - цифрового значения одной или двух переменных; одной или двух индикаторных линеек
 - списка из 5 переменных

2.7. Отображение состояния входов/выходов

После выбора в окне меню мониторинга [1.2 МОНИТОРИНГ] ГТ строки *Отображение входов-выходов* появляется список входов и выходов (рисунок 8):

- Окно текущих состояний логических входов, вызываемое из строки *Дискретные входы*, изображено на рисунке 8. Значок  означает логический ноль,  – логическую единицу. Имя выбранного входа помечено темной заливкой. Выбрав нужный вход вращением и нажатием навигационной рукоятки, можно вызвать окно назначений данного входа.
- Аналогичным образом из строки *Дискретные выходы* вызывается окно состояний логических выходов и их назначений. Здесь значок  означает логический ноль (логическое условие, назначенное на данный выход, не выполнено),  – логическую единицу (упомянутое логическое условие выполнено).
- В окне состояний аналоговых входов (вызывается из строки *Аналоговые входы*) отображаются текущие напряжения и/или ток на этих входах. Из него можно вызвать окно назначений соответствующего входа.
- Доступ к состояниям аналоговых выходов производят через строку *Аналоговые выходы*, частотных входов – через строку *Импульсные сигналы*.



Входы-выходы

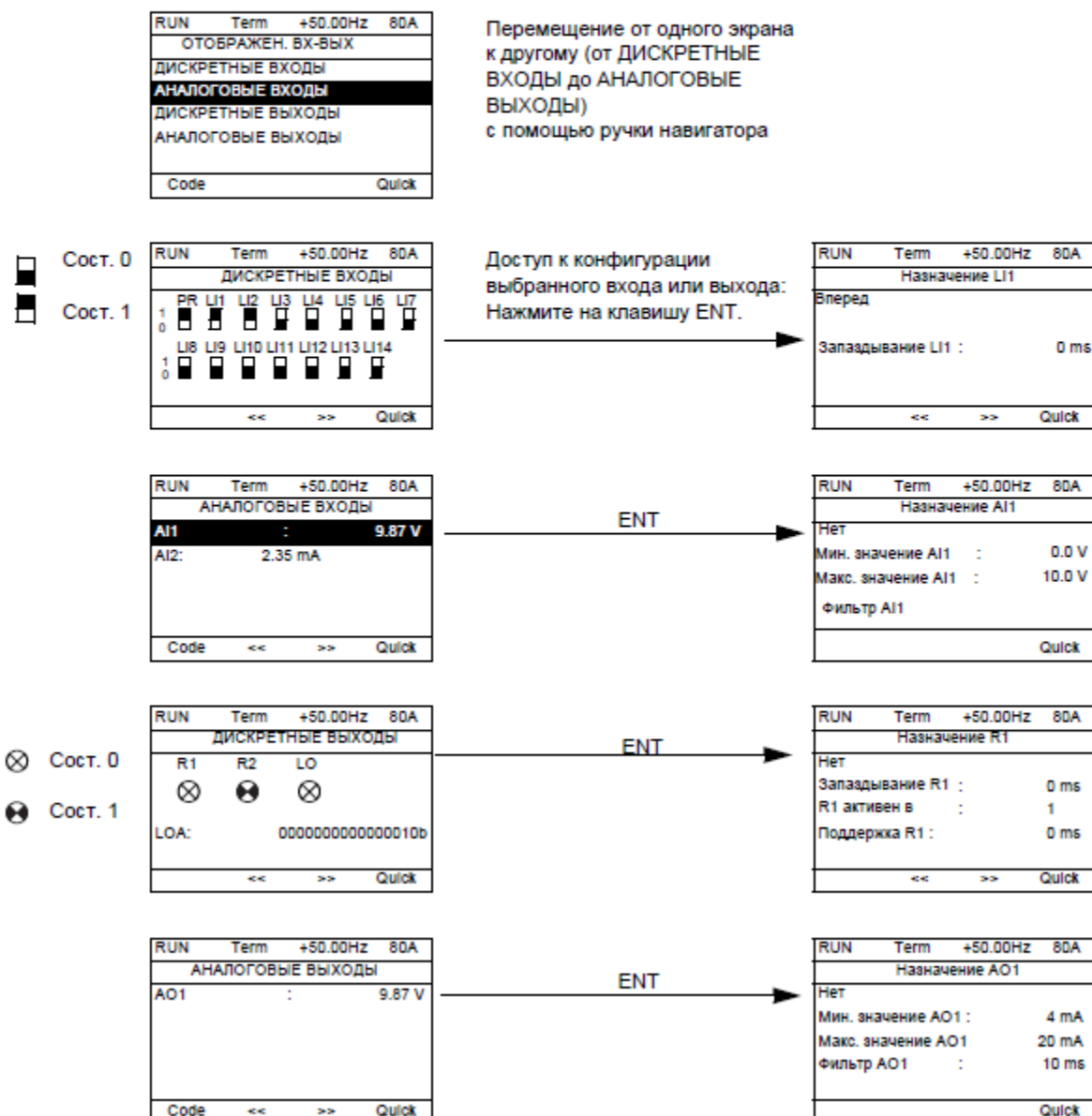


Рисунок 8. Меню отображения входов-выходов

3. Порядок выполнения работы

- 3.1. Изучить основные функции терминалов управления.
- 3.2. Изучить назначение кнопок и дисплея графического терминала.

- 3.3. Изучить основное меню графического терминала.
- 3.4. По графическому дисплею проверить работу ПЧ при первом включении.
- 3.5. По встроенному терминалу проверить работу ПЧ при включении.
- 3.6. С помощью графического терминала провести настройку (параметрирование) макроконфигурации системы управления ПЧ по маршруту - [1 МЕНЮ ПЧ] - [1.1 УСКОРЕННЫЙ ЗАПУСК] - [Макроконфигурация] - [Пуск/Стоп]
- 3.7. С помощью графического терминала провести настройку номинальных данных двигателя (таблица 1, Лабораторная работа № 1) по маршруту - [1 МЕНЮ ПЧ] - [1.1 УСКОРЕННЫЙ ЗАПУСК] - [Номинальные данные].
- 3.8. Провести автоподстройку ПЧ, используя графический терминал, по маршруту [1 МЕНЮ ПЧ] - [1.1 УСКОРЕННЫЙ ЗАПУСК] - [Автоподстройка].
- 3.9. Проверить состояние входов-выходов ПЧ, используя графический терминал, по маршруту [1 МЕНЮ ПЧ] - [1.2 МОНИТОРИНГ].
- 3.10. Используя графический терминал, провести настройку графического дисплея на индикацию частоты ПЧ, тока, скорости, напряжения и момента двигателя по маршруту [6 ЭКРАН КОНТРОЛЯ] - [ТИП ЭКРАНА ОТОБРАЖЕНИЯ].
- 3.11. Установить на пульте управления лабораторного стенда потенциометр **Задание скорости** в положение 0. Переключатели DI6 и DI1 последовательно перевести в положение 1. Система ПЧ-АД готова к работе.
- 3.12. Плавно изменяя положение потенциометра **Задание скорости** от 0 до максимума списать в таблицу показания графического дисплея преобразователя **ALTIVAR 71** на холостом ходу двигателя.

4. Содержание отчета

Титульный лист (МГТУ, кафедра, дисциплина, тип и название работы, состав бригады, руководитель, год).

Содержание.

Цель работы.

Внешний вид графического и встроенного терминалов.

Коды состояния ПЧ.

Меню графического терминала.

Меню **1.1. Ускоренный запуск.**

Меню **1.2. Мониторинг**

Меню номинальных данных двигателя.

Состояние входов-выходов преобразователя.

Таблица переменных, снятых с помощью графического дисплея при работе двигателя на х.х.

Графики зависимостей переменных ПЧ и двигателя от частоты при работе на х.х.

Выводы по настройке преобразователя на двигатель.

Отчет оформляется и распечатывается один на бригаду. Защита лабораторной работы выполняется бригадой по отчету.

5. Вопросы для самопроверки

Основные функции терминалов управления ПЧ.

Назначение кнопок и дисплеев графического и встроенного терминалов.

Состав меню графического терминала.

Состав меню **Ускоренный запуск**.

Состав меню **Мониторинг**

Просмотр меню номинальных данных двигателя.

Просмотр меню **Состояние входов-выходов**.

Методика настройки графического дисплея на индикацию заданных переменных.

Характеристики U/f регулирования в зависимости от механической характеристики механизма. Уравнение Костенко.

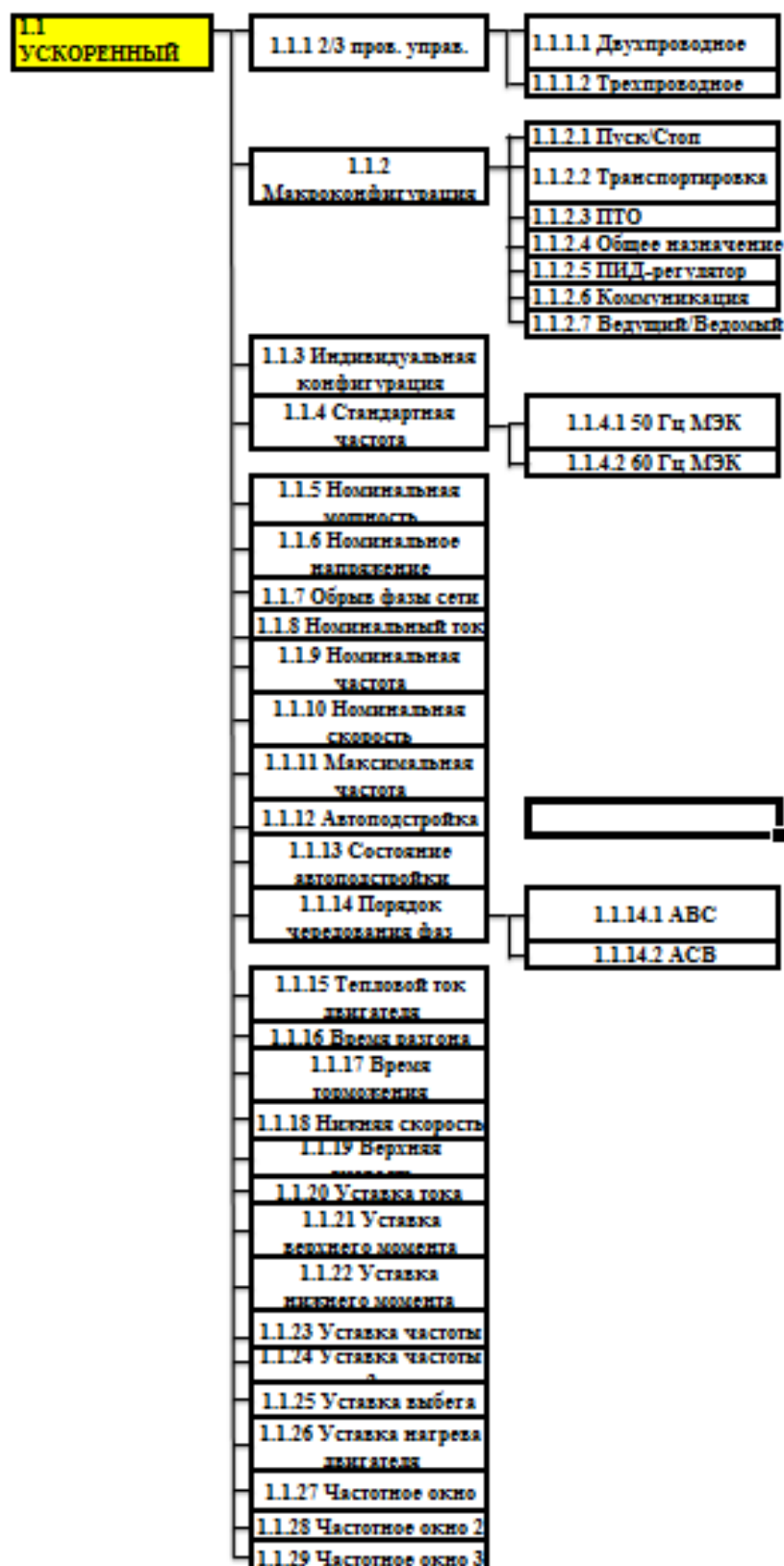


Рисунок П1. Меню **1.1.Ускоренный запуск**

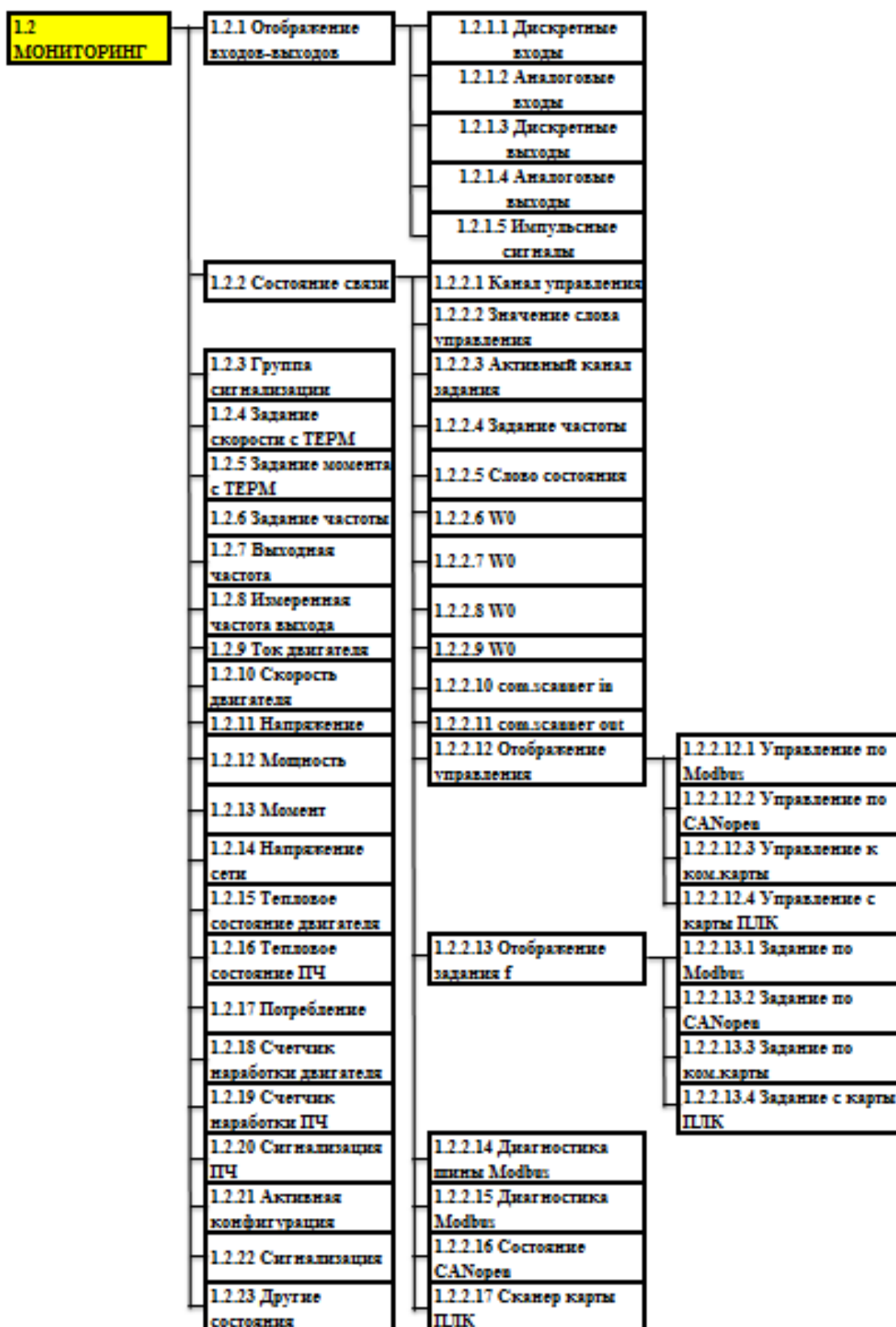


Рисунок П2. Меню 1.2.Мониторинг

ПАРАМЕТРИРОВАНИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЧАСТОТЫ *ALTIVAR 71* С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММЫ *SOMOVE*

Цель работы: Изучить и знать назначение программного обеспечения (ПО) SoMove и его функциональные возможности, уметь с помощью программы SoMove параметрировать преобразователь частоты (ПЧ) **ALTIVAR 71** и овладеть методикой снятия основных характеристик этого преобразователя. Объектом исследования в лабораторной работе является ПО SoMove, микропроцессорная система «преобразователь частоты – асинхронный двигатель» (ПЧ-АД) на основе ПЧ **ALTIVAR 71** фирмы SchneiderElectric.

1. Учебные задачи

Исследовать способы коммуникации персонального компьютера с ПЧ Altivar 71 посредством ПО SoMove.

Изучить основное меню программы SoMove, функции, назначение окон и утилит.

Исследовать работу программы SoMove в режимах основных окон: моё устройство, управление, обнаружение ошибок, мониторинг, параметрирование, осциллограф.

С помощью окна «Scope» снять характеристики ПЧ-АД на холостом ходу при скоростях от 0 до максимальной.

2. Подключение программы SoMove к преобразователю частоты **ALTIVAR 71**

Программное обеспечение SoMove разработано компанией Schneider Electric для ввода в эксплуатацию устройств, предназначенных для пуска, управления и защиты электродвигателей. Оно позволяет работать с преобразователями частоты Altivar, устройствами плавного пуска Altistart, сервопреобразователями Lexium32, многофункциональными пускателями TeSys U и с реле защиты и управления электродвигателями TeSys T.

Основными функциями ПО SoMove являются конфигурирование устройства и мониторинг показателей его работы. При помощи ПО SoMove можно переносить настройки от одного устройства к другому, а также создавать архив настроек Altivar, Altistart, Lexium32, TeSys U и TeSys T.

Подключение ПО SoMove к ПЧ ALTIVAR 71 осуществляется посредством кабеля TCSMCNAM3M002P (Рисунок1). Кабель TCSMCNAM3M002P обеспечивает связь между персональным компьютером, оснащённым USB-портом типа А, и устройствами стандарта RS485, снабжёнными разъёмом RJ45. Кроме выполнения чисто коммуникационных функций, преобразователь определяет потребность в питании подключённого устройства Schneider Electric стандарта RS485 и автоматически выдаёт напряжение (0 В, 5 В или 10 В). После подключения кабель TCSMCNAM3M002P действует как виртуальный COM-порт в системе персонального компьютера.



Рисунок 1 – Кабель TCSMCNAM3M002P

После подключения кабеля TCSMCNAM3M002P к персональному компьютеру необходимо открыть «Панель управления», перейти по вкладке «Диспетчер устройств», открыть вкладку «Порты (COM & LPT)». Проверить какой номер COM-порта назначен кабелю, а также в свойствах COM-порта определить скорость передачи данных (Рисунок 2).

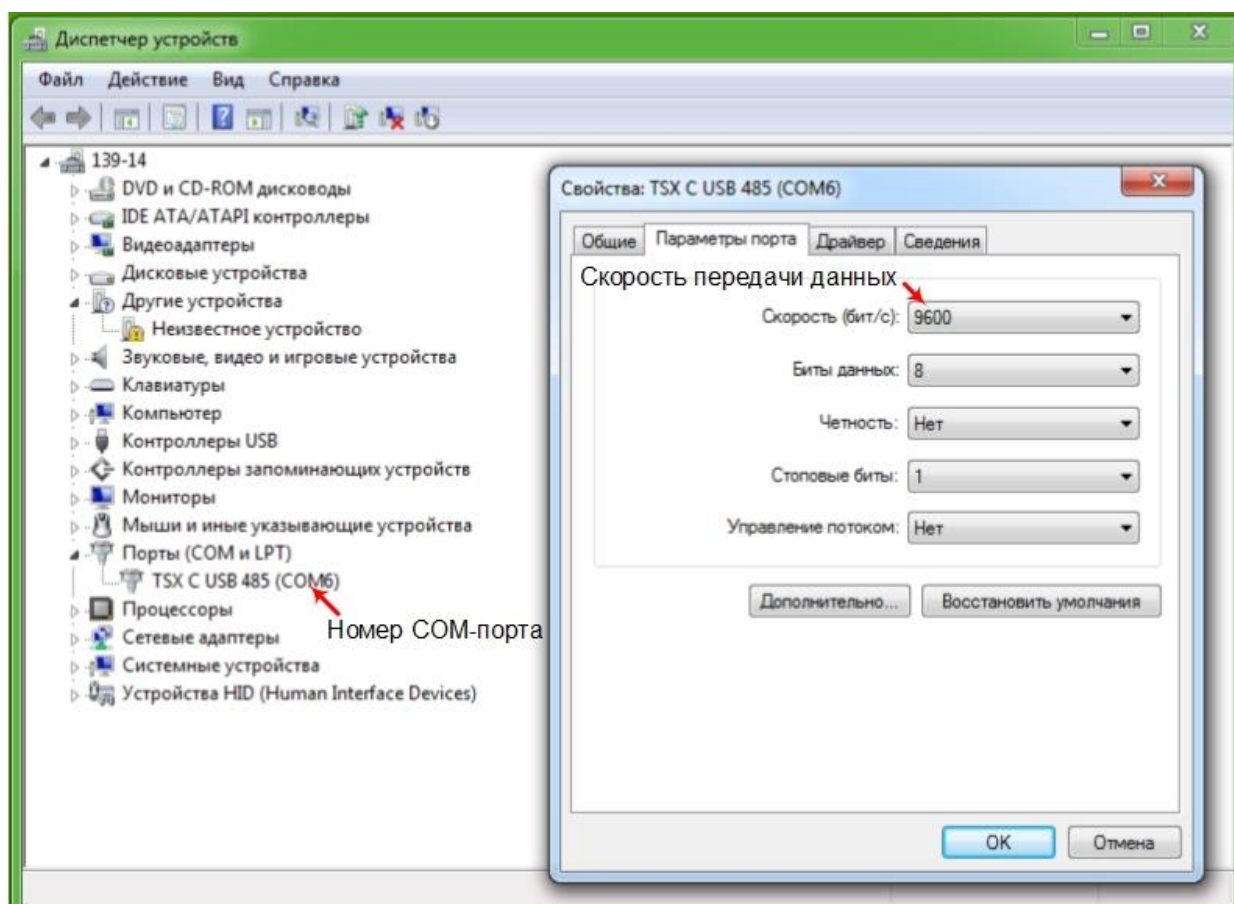


Рисунок 2 – Определение номера COM-порта и скорости передачи данных

Запустите программу SoMove и нажмите «Edit Connection» для сканирования подключенных устройств (Рисунок 3).

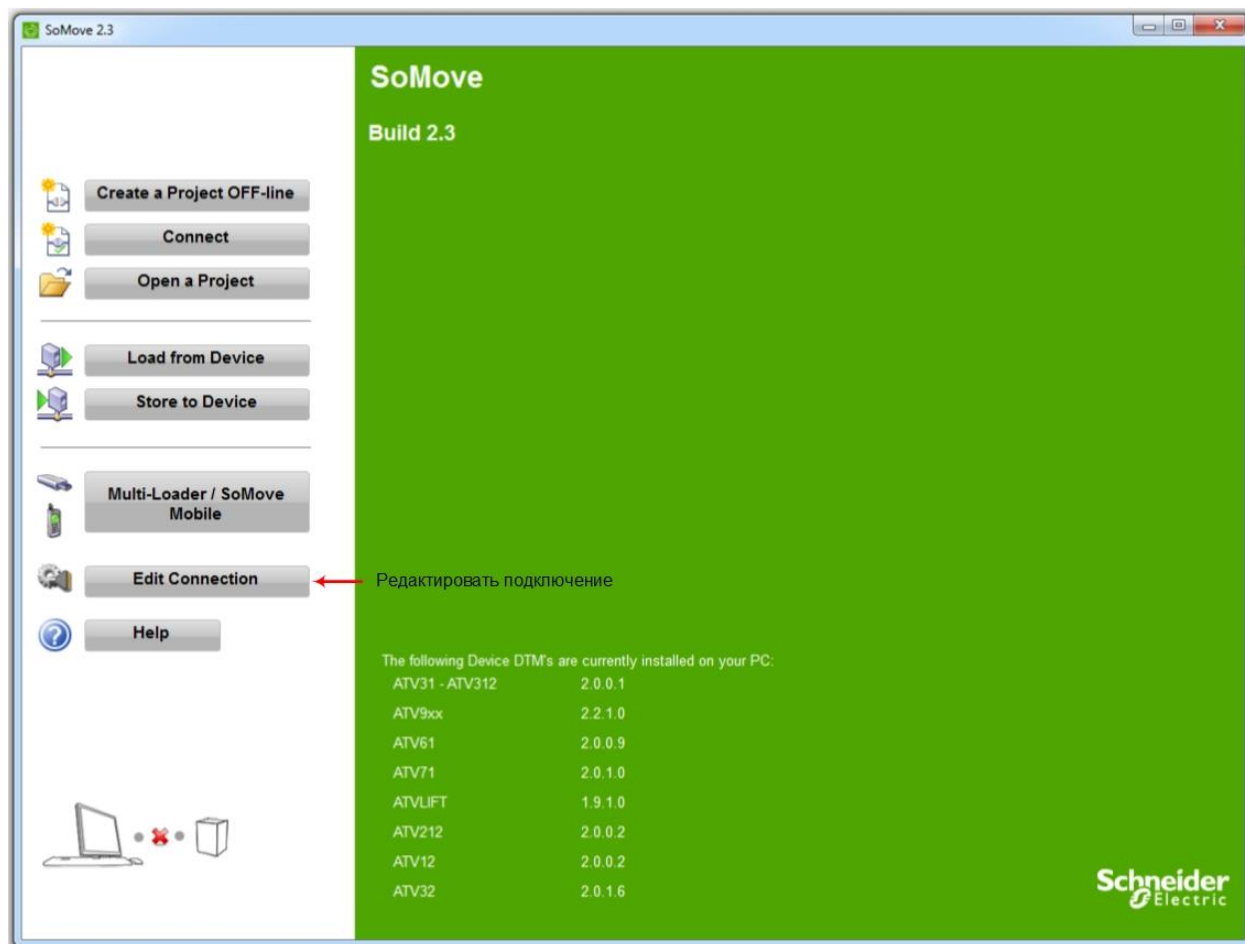


Рисунок 3 – Сканирование

В появившемся окне выбираем тип коммуникации «Modbus Serial», а также заходим в настройки (Рисунок 4)

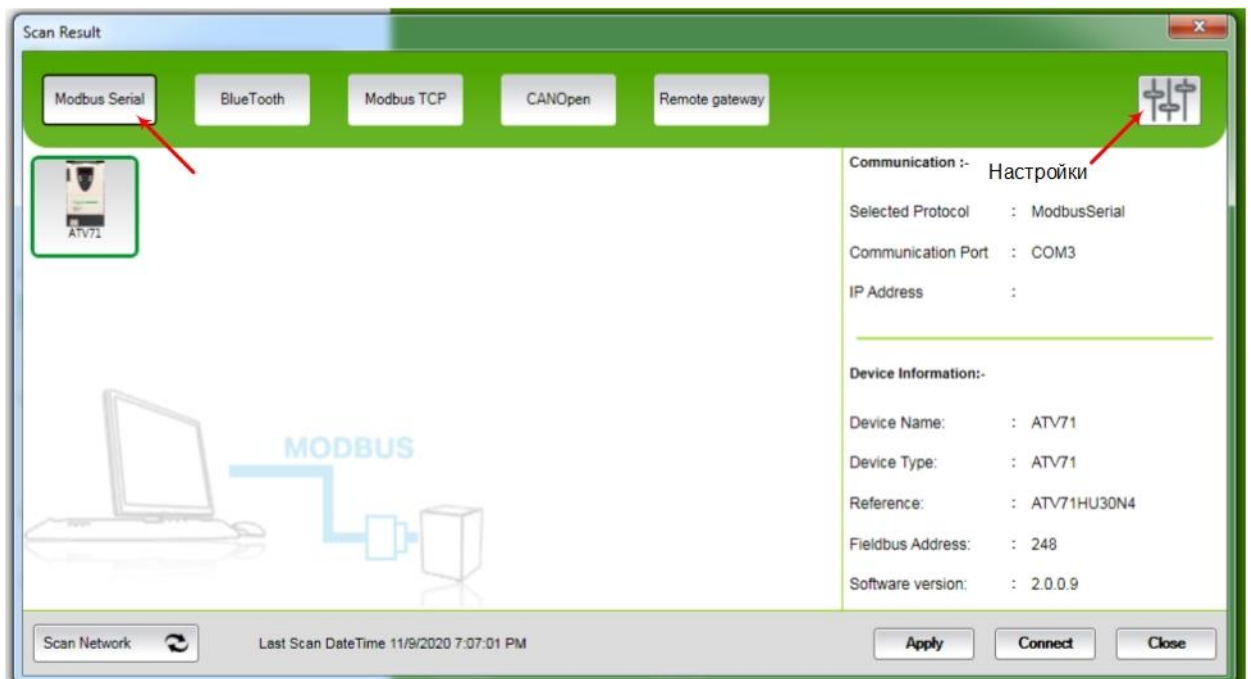


Рисунок 4 – Найденные устройства

В окне «Настройки» проверяем номер COM-порта, к которому подключено устройство, ставим выбор «Auto-Adaptation» (автоматическая адаптация), тип соединения выбираем Serial Line и нажимаем ОК (Рисунок 5).

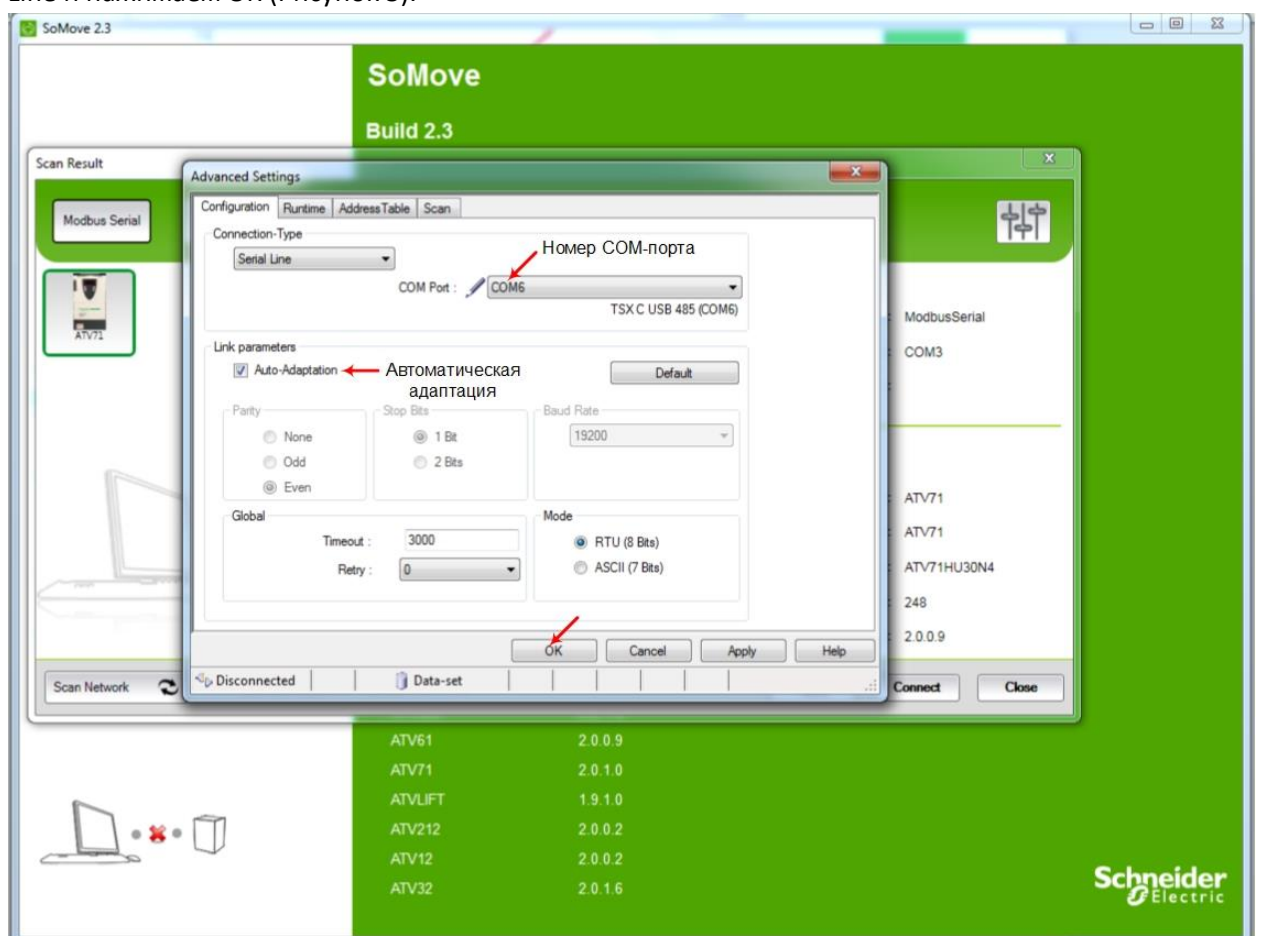


Рисунок 5 – Настройки соединения

В окне найденных устройств (рисунок 6), нажимаем «Connect» и ждем до тех пор, пока не произойдет соединение с устройством.

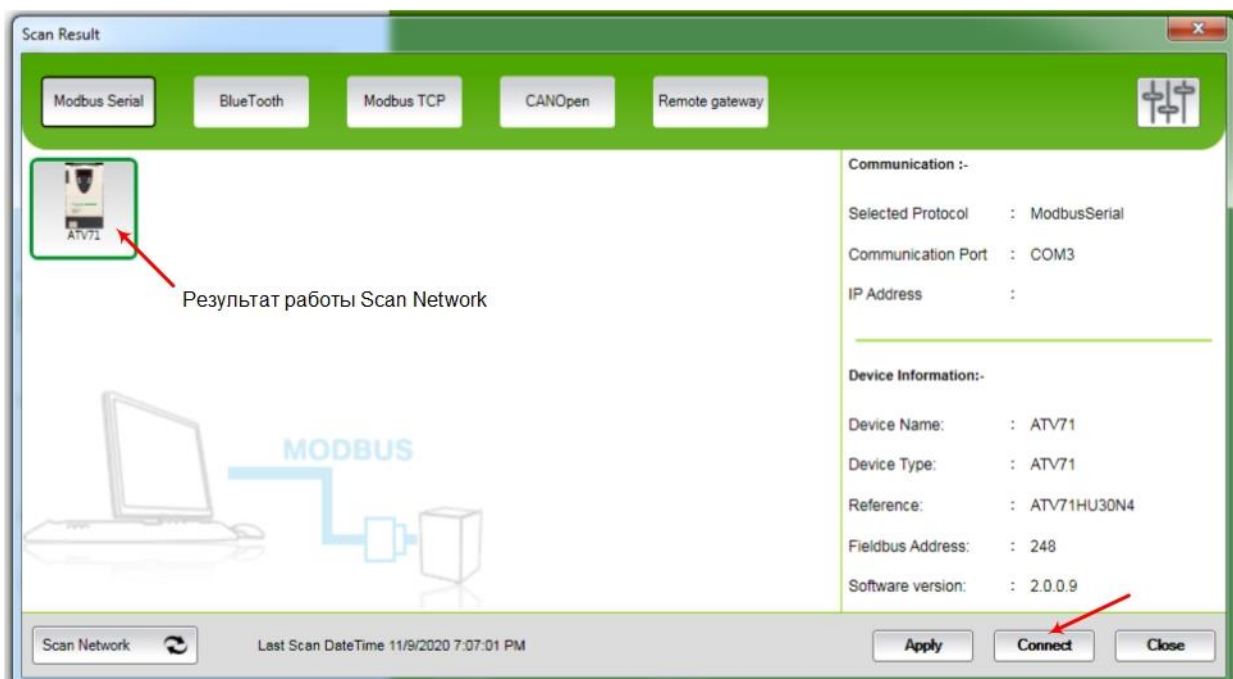


Рисунок 6 – Найденные устройства

После повторного запуска ПО SoMove и произведённой настройки соединения, для подключения к преобразователю, необходимо нажимать кнопку «Connect» (рисунок 7).

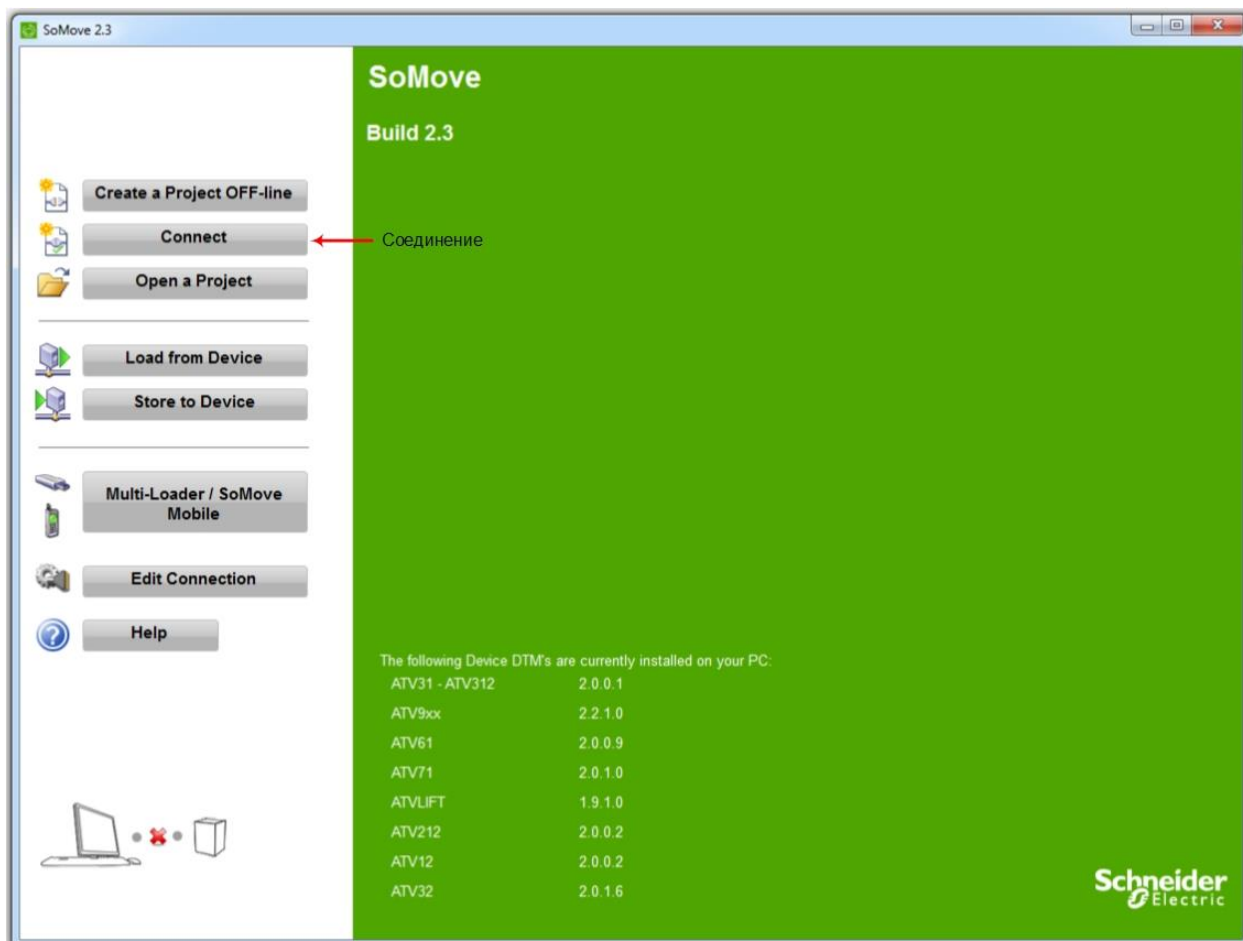


Рисунок 7 – Подключение к преобразователю

После подключению к преобразователю необходимо подтвердить подключение нажав клавиши Alt+F (рисунок 8).

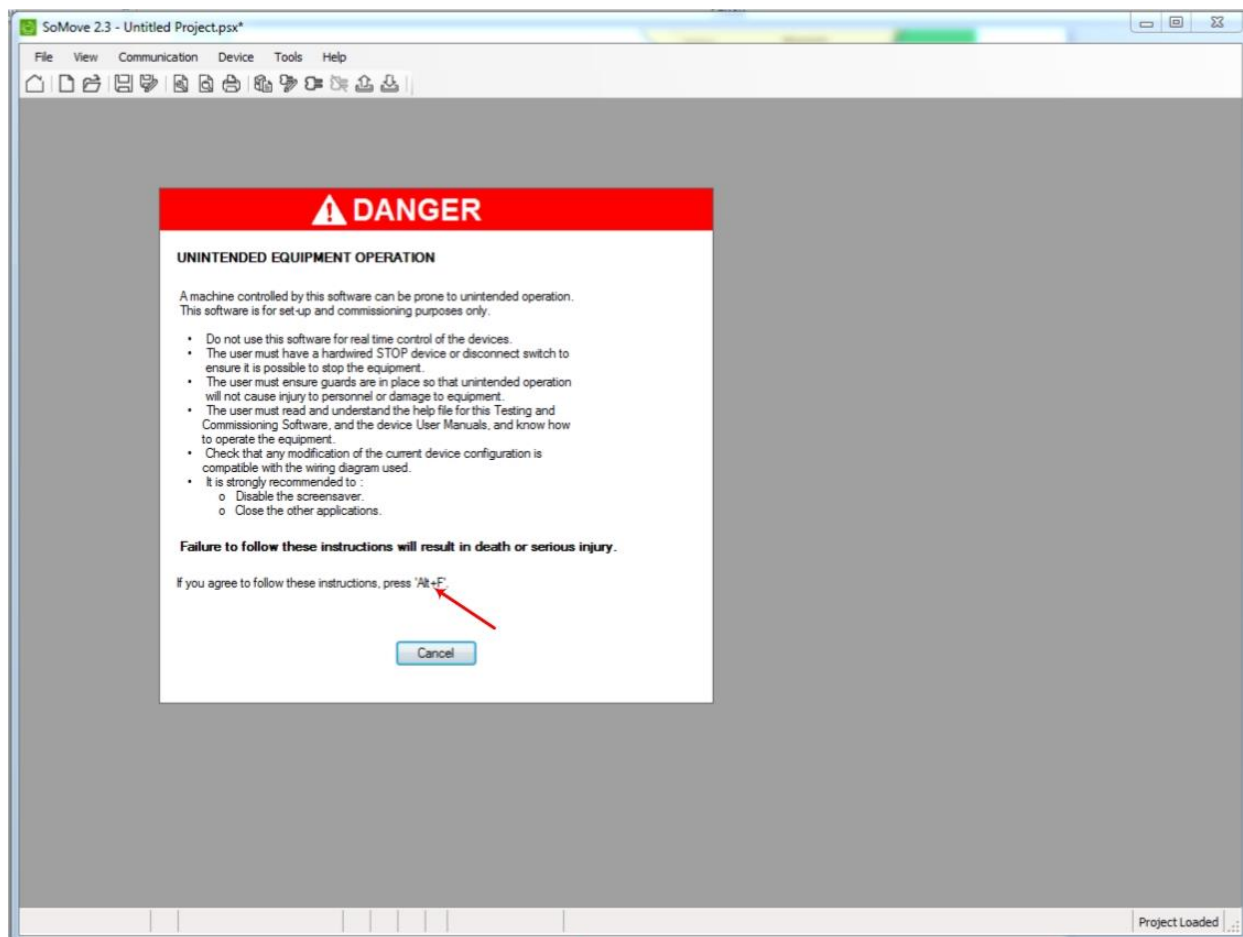


Рисунок 8 – Подтверждение подключения

3. Функциональное описание ПО SoMove

Для всех устройств первой вкладкой в ПО SoMove является вкладка «Моё устройство» («My Device») с описанием характеристик устройства, версией его программного обеспечения, серийных номеров и описанием подключенных к нему карт расширения. Данная вкладка позволяет быстро идентифицировать устройство. На рисунке 9 приведен вид вкладки характерный для ПЧ ATV71.

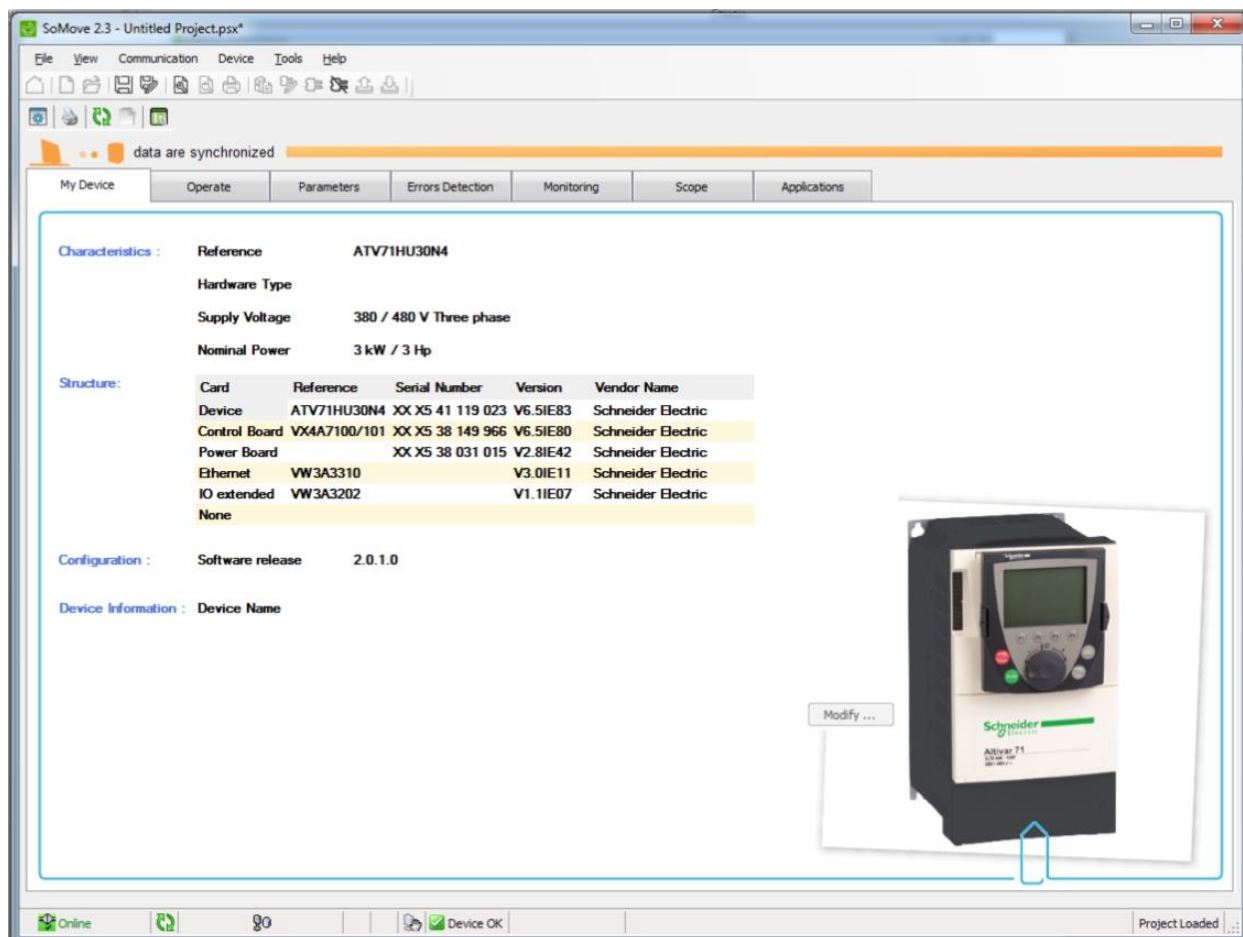


Рисунок 9 – Вкладка «Моё устройство»

На вкладке «Управление» («Operate») можно вывести текущие значения регулируемых величин (выходная частота, скорость, ток, момент, мощность и т.п.), состояния входов и выходов (дискретных, аналоговых, релейных), значения установленных параметров ПЧ и двигателя (рисунок 10).

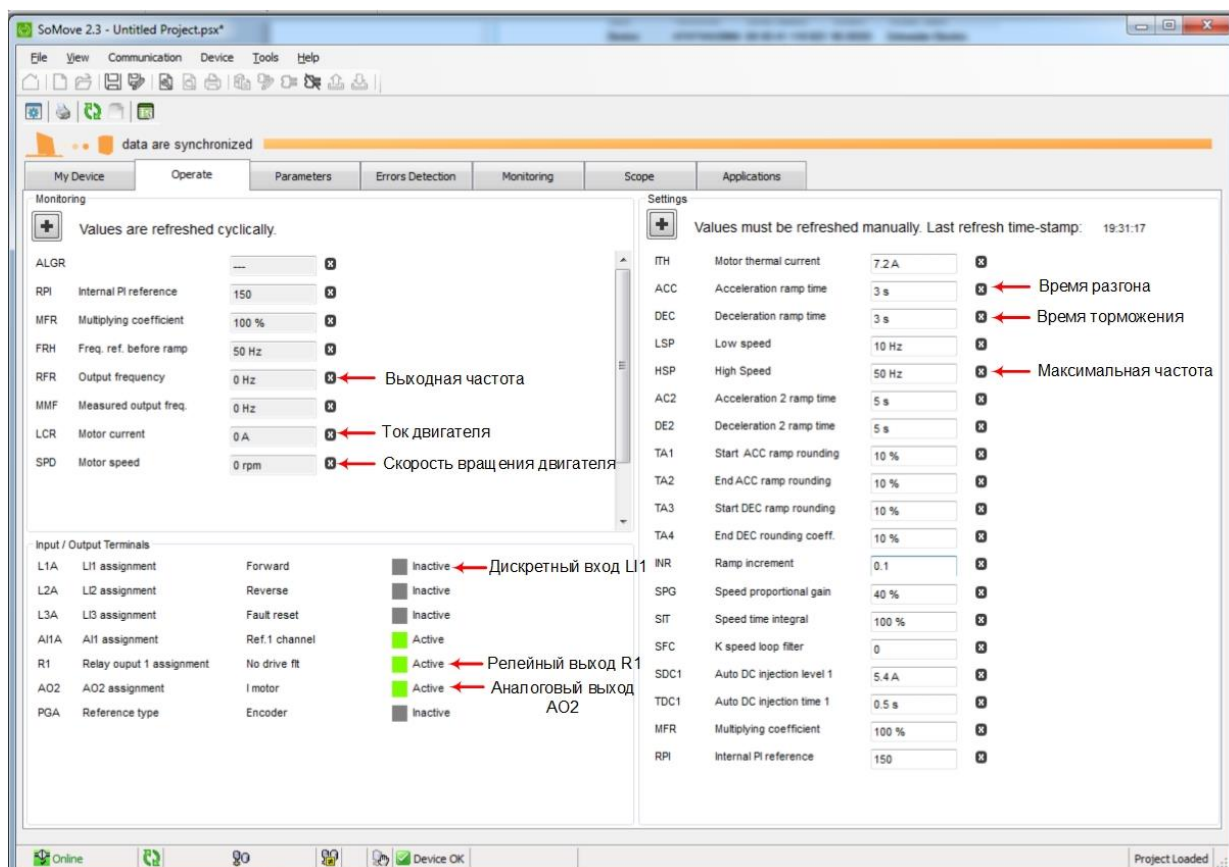


Рисунок 10 – Вкладка управление

Инструментом задания значений параметров устройства является «Таблица параметров» («Parameters»), построенная в виде меню. На рисунке 11 показан пример таблицы со списком, повторяющим иерархию меню из руководства по программированию. Каждое подменю содержит таблицу, включающую код параметра («Code»), его описание («Long Label»), текущее значение («Current Value»), значение по умолчанию («Default Value»), минимальное значение параметра («Min Value»), максимальное значение параметра («Max Value») и адрес регистра («Logical address»), где хранится данный параметр (рисунок 11).

Code	Long Label	Current Value	Default Value	Min Value	Max Value	Logical address
LAC	Level of access control	Standard	Standard			3006
TCC	2 / 3 wire control	2 wire	2 wire			11101
CFG	Macro config selection	Start/Stop	Start/Stop			3052
BFR	Std. motor frequency	50Hz IEC	50Hz IEC			3015
IPL	Stop type - I/P phase loss	Freewheel	Freewheel			7002
NPR	Rated motor power	3 kW	3 kW	0.09 kW	5.5 kW	9613
UNS	Nominal motor voltage	400 V	400 V	200 V	480 V	9601
NCR	Nominal motor current	7.2 A	7.2 A	1.9 A	11.7 A	9603
FRS	Nominal motor frequency	50 Hz	50 Hz	10 Hz	500 Hz	9602
NSP	Nominal motor speed	1420 rpm	1420 rpm	0 rpm	65535 rpm	9604
TFR	Max. output frequency	50 Hz	60 Hz	10 Hz	500 Hz	3103
TUS	Auto-tuning state	Not done	Not done			9609
PHR	Output phase rotation	ABC	ABC			13401
ITH	Motor thermal current	7.2 A	7.2 A	1.5 A	11.7 A	9622
ACC	Acceleration ramp time	3 s	3 s	0.1 s	999.9 s	9001
DEC	Deceleration ramp time	3 s	3 s	0.1 s	999.9 s	9002
LSP	Low speed	10 Hz	0 Hz	0 Hz	50 Hz	3105
HSP	High Speed	50 Hz	50 Hz	10 Hz	50 Hz	3104
INR	Ramp increment	0.1	0.1			9020
AC2	Acceleration 2 ramp time	5 s	5 s	0.1 s	999.9 s	9012
DE2	Deceleration 2 ramp time	5 s	5 s	0.1 s	999.9 s	9013
TA1	Start ACC ramp rounding	10 %	10 %	0 %	100 %	9005
TA2	End ACC ramp rounding	10 %	10 %	0 %	90 %	9006
TA3	Start DEC ramp rounding	10 %	10 %	0 %	100 %	9007
TA4	End DEC rounding coeff.	10 %	10 %	0 %	90 %	9008
SPG	Speed proportional gain	40 %	40 %	0 %	1000 %	9103
SIT	Speed time integral	100 %	100 %	1 %	1000 %	9104
SFC	IC speed loop filter	0	0	0	100	9105

Рисунок 11 – Таблица параметров

Для анализа возникших ошибок и предупреждений, при работе ПЧ, служит вкладка «Определение ошибок» («Errors Detection») (рисунок 12). На данной вкладке отображается перечень ошибок и предупреждений, возникших в процессе работы ПЧ. Таблица перечня ошибок состоит из кода ошибки («Code»), описание ошибки («Long Label») и статус ошибки («Status») (рисунок 12). При возникновении ошибки статус ошибки изменяет своё значения с символа «V» на символ «X».

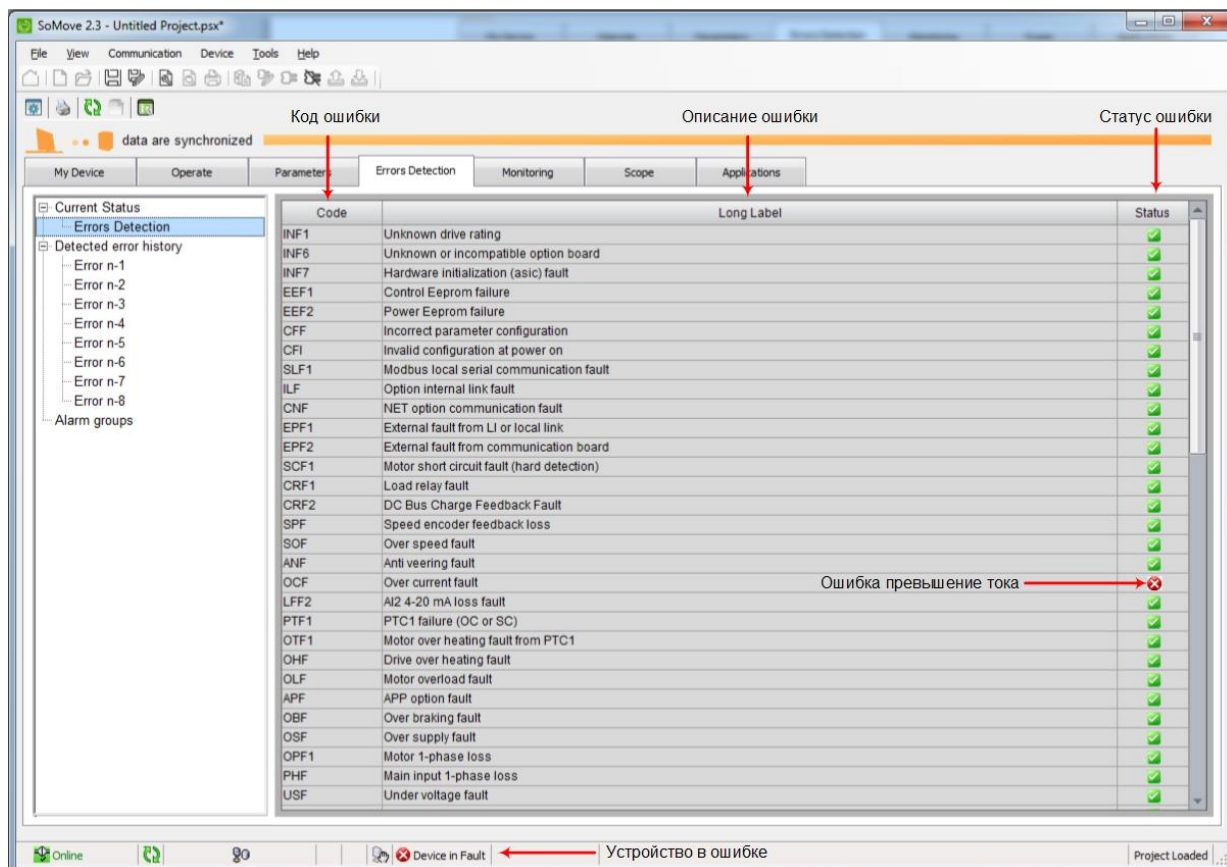


Рисунок 12 – Перечень ошибок и предупреждений

Вкладка «Мониторинг» («Monitoring») служит для визуализации состояния дискретных и аналоговых входов и выходов преобразователя (рисунок 13).



Рисунок 13 – Вкладка мониторинг

В том случае, когда требуется анализ изменения параметров во времени, а также снятие характеристик электропривода используется инструмент «Осциллограф» («Scope») (рисунок 14).

С помощью вкладки «Осциллограф» возможна запись четырех осциллограмм. Во вкладке «Каналы» («Channels») возможно выбрать четыре сигнала для записи. Для выбора необходимого сигнала необходимо нажать на кнопку (+). Из появившегося списка выбирается необходимый сигнал для записи. Необходимо отметить, что сигналы с припиской Scope имеют высокую частоту дискретизации. Для удаления сигнала на запись необходимо выбрать нужный сигнал и нажать на кнопку (X).

Настройка параметров для записи осциллограмм производится во вкладке «Sampling». При открытии вкладки «Sampling» необходимо выбрать время записи одного измерения.

Запись осциллограмм может производиться по сигналу триггера. Для настройки триггера необходимо во вкладке «Триггер» («Trigger») выбрать тип триггера, выбрать сигнал по которому сработает триггер, выбрать по какому изменению сигнала (фронт, спад, фронт-спад) осуществлять запуск триггера и выбирается порога срабатывания триггера.

Во вкладке «Настройки» («Settings») выбираются необходимые параметры которые необходимо оперативно менять во время осциллографирования. На рисунке 15 представлены осциллограммы частоты, тока, момента и напряжения при пуске двигателя.

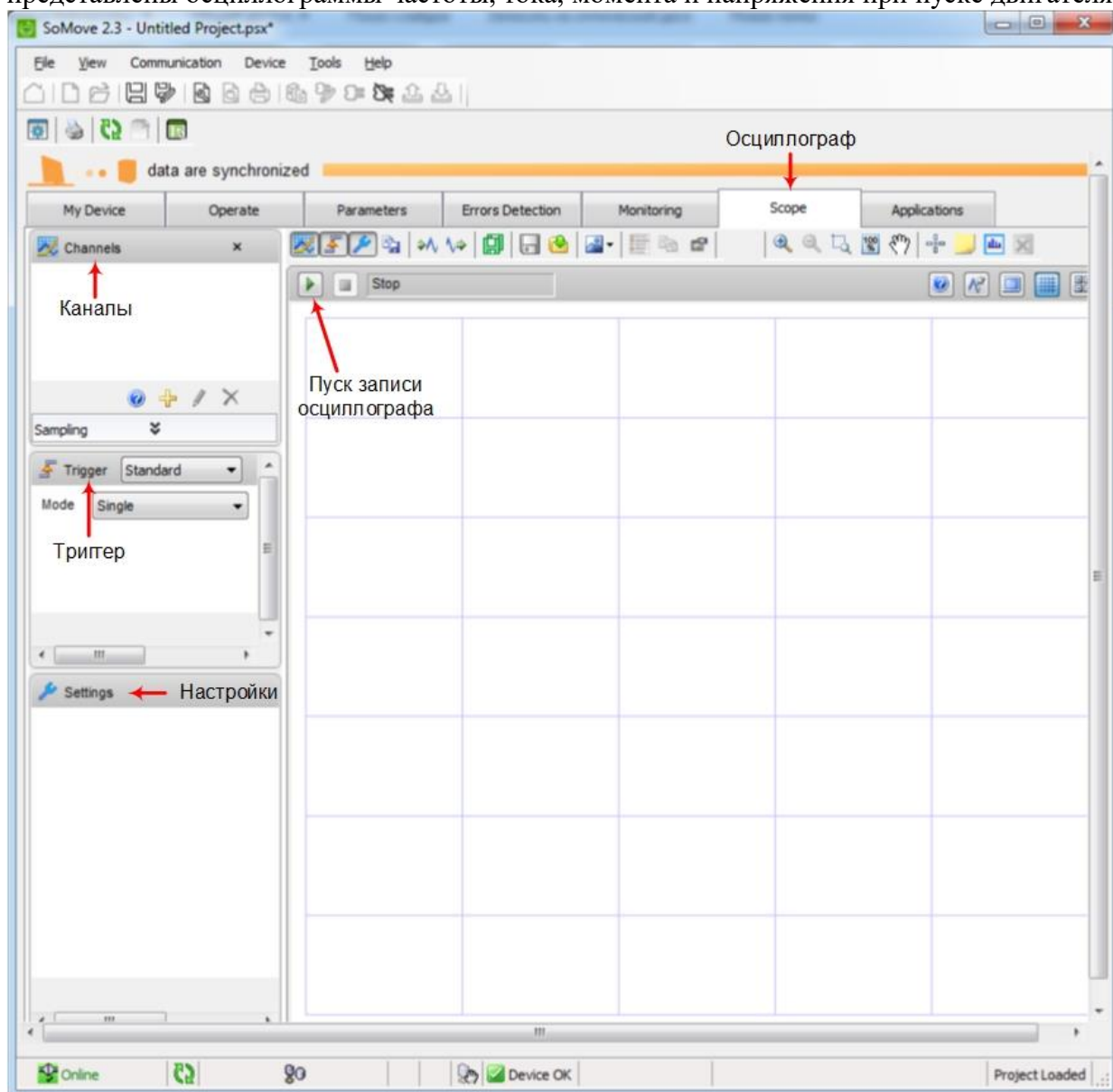


Рисунок 14 – Осциллограф

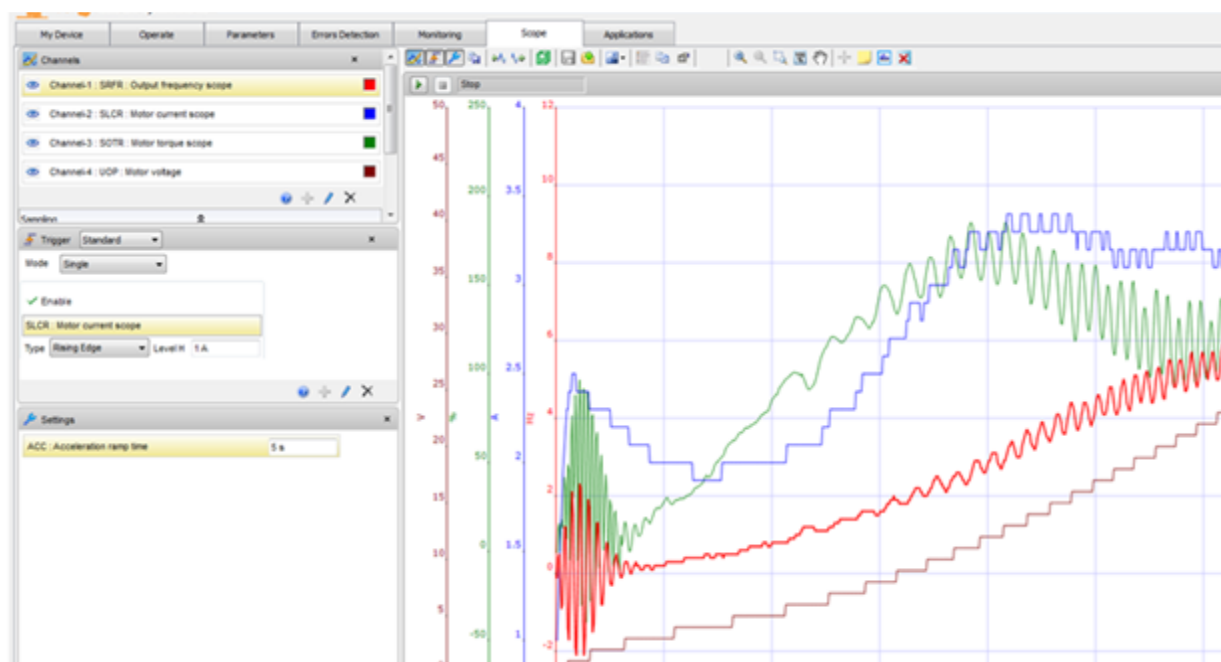


Рисунок 15 – Осциллограммы пуска двигателя

Вкладка «Применение» («Application») представляет собой набор макроконфигураций, которые позволяют получить сконфигурированные настройки для определенного типа схемы управления (Рисунок 16). На рисунке 17 представлена макроконфигурация для управления механическим тормозом.

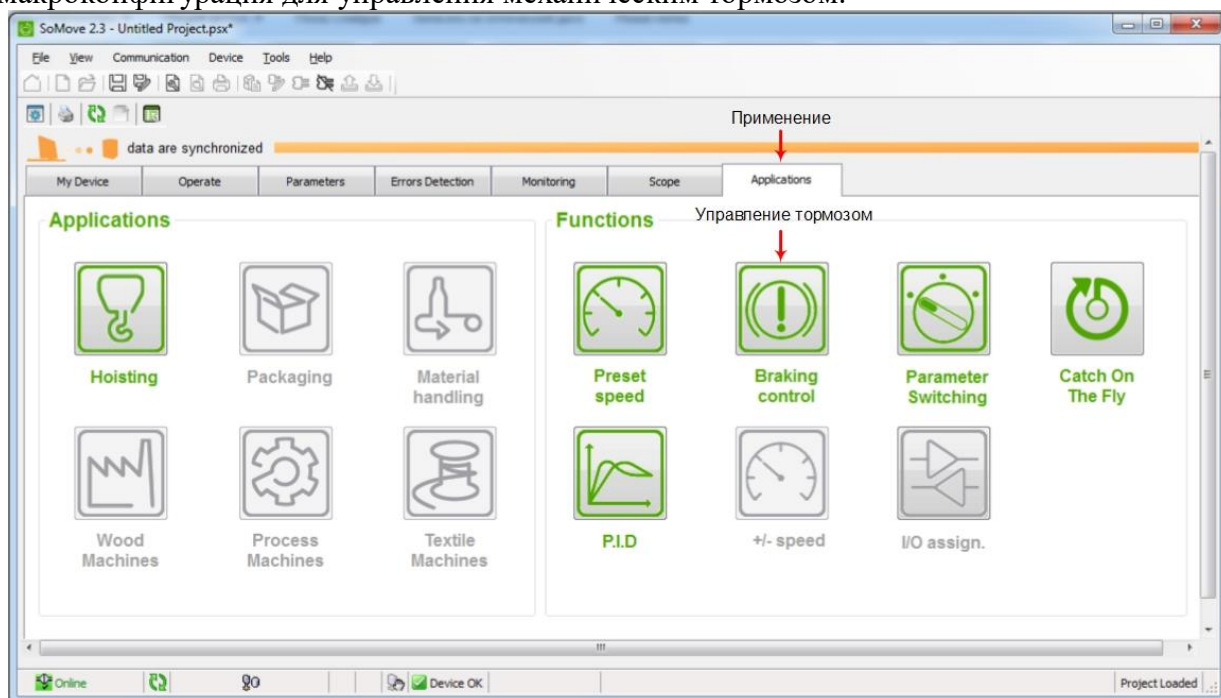


Рисунок 16 – Вкладка «Применение»

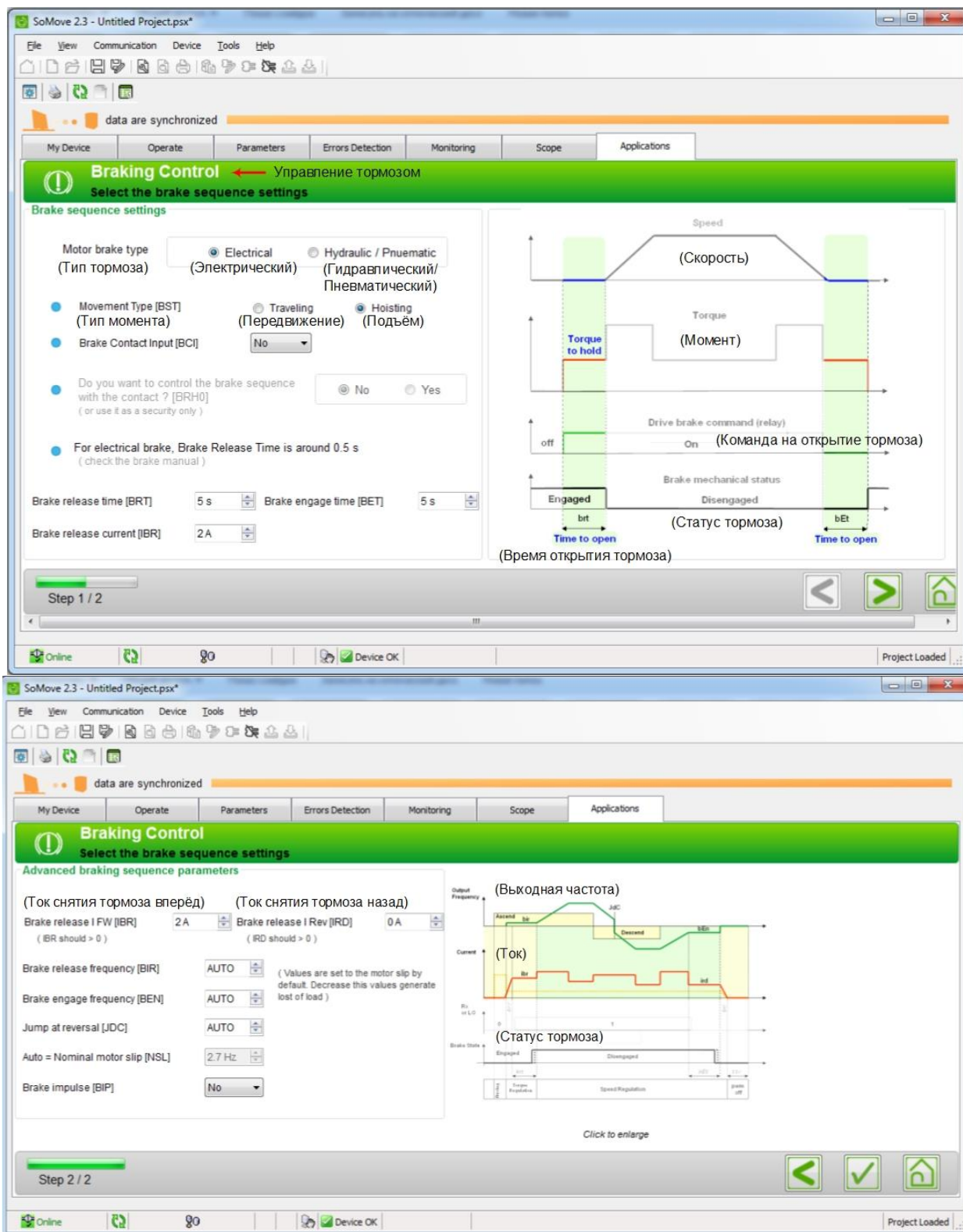


Рисунок 17 – Управление стояночным тормозом

4. Порядок выполнения работы

- 4.1. Изучить способы подключения ПО SoMove к преобразователю частоты *ALTIVAR 71*.
- 4.2. Изучить функциональные возможности ПО SoMove.
- 4.3. Изучить методику снятия осциллограмм с помощью ПО SoMove.

5. Содержание отчета

Титульный лист (МГТУ, кафедра, дисциплина, тип и название работы, состав бригады, руководитель, год).

Содержание.

Цель работы.

Внешний вид ПО SoMove.

Описание способов коммуникации SoMove.

Меню управление с добавленными параметрами.

Состояние входов-выходов преобразователя в окне мониторинг.

Окно выявленных ошибок с описанием искусственно созданной ошибки.

Осциллограмма снятых характеристик.

Отчет оформляется и распечатывается один на бригаду. Защита лабораторной работы выполняется бригадой по отчету.

6. Вопросы для самопроверки

Назначение ПО SoMove.

Какие способы коммуникации существуют для SoMove.

Назначение вкладки управление.

Назначение вкладки мониторинг.

Описание процесса снятия осциллограммы.

Назначение и функциональные возможности вкладки приложения.

