

**УТВЕРЖДАЮ:**

Генеральный директор  
ООО «Норд-Индастриз»

А.А. Кудрявцев

«*А.А. Кудрявцев*» 2025 г.

М.П.

**Руководство**

**Аппаратно-программное обеспечение**  
**управления электроприводом в векторном**  
**режиме**

/ПО для базовой платы контроллера управления  
преобразователя частоты/

Москва, 2025

# Содержание

1.	Общие сведения .....	5
1.1.	Функциональное назначение СУ .....	5
1.2.	Сведения о средствах разработки .....	7
1.3.	Технические требования .....	8
1.3.1.	Требования к техническим средствам .....	9
1.4.	Структура проекта .....	9
2.	Архитектура программного обеспечения .....	11
2.1.	Прерывания .....	11
2.2.	Дискретные автоматы .....	12
2.3.	Описание модулей программного обеспечения .....	12
3.	Ввод в эксплуатацию .....	15
3.1.	Введение .....	15
3.2.	Предварительные настройки .....	16
3.3.	Подача силового (высокого) напряжения .....	17
3.4.	Запуск двигателя в скалярном режиме управления .....	18
3.5.	Запуск двигателя в частотно-токовом режиме управления .....	19
3.6.	Автоматическое определение параметров двигателя .....	20
3.7.	Запуск двигателя в режиме векторного управления .....	21
4.	Описание групп параметров .....	23
4.1.	Наблюдаемые .....	23
4.2.	Задания .....	23
4.3.	Рег. тока Id и Рег. тока Iq .....	25
4.4.	Рег. скорости .....	26
4.5.	Предупреждения .....	27
4.6.	Защиты .....	29
4.7.	Зависимая МТЗ двигателя .....	32
4.8.	Базовые параметры .....	33
4.9.	АЦП .....	34
4.10.	АЦП коды .....	35
4.11.	ШИМ .....	36
4.12.	Зависимость U/F .....	39
4.13.	Текущие значения .....	39
4.14.	ДПР .....	40
4.15.	ДПР SSI .....	41
4.16.	ЗИ (скалярное управление) .....	42
4.17.	ЗИ (ВУ) .....	43
4.18.	Рег. ослабления поля .....	44
4.19.	Обход резонансных зон .....	46
4.20.	Рекуперация ЗПТ .....	47
4.21.	Температуры (АЦП) .....	48
4.22.	Температуры .....	48
4.23.	Регулятор технологического параметра .....	49
4.24.	БВУ .....	49
4.25.	Настройки СУ .....	51
4.26.	Дискретные входы/выходы .....	54
4.27.	Температуры (АЦП) .....	54
4.28.	Температуры .....	55

4.29.	СЛУЖЕБНЫЕ ПАРАМЕТРЫ СУ .....	55
4.30.	ВУ АД .....	56
4.31.	ID_MAX(N) .....	57
4.32.	ФШИМ = F(I/T) .....	57
4.33.	СТАТИСТИКА .....	59
4.34.	ТЕСТИРОВАНИЕ .....	59
4.35.	ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ .....	60
4.36.	ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ (МОНИТОРИНГ) .....	61
4.37.	ПАРАМЕТРЫ АД .....	61
4.38.	MODBUS (SLAVE) .....	62

Сокращения и аббревиатуры, используемые в руководстве:

ПЧ	- преобразователь частоты
ПО	- программное обеспечение
АД	- асинхронный двигатель
СУ	- система управления
ЗИ	- задатчик интенсивности
ВУ	- векторное управление
БВУ	- бездатчиковое векторное управление
ЗПТ	- звено постоянного тока
ФАПЧ	- фазовая автоподстройка частоты
ЦАП	- цифро-аналоговый преобразователь
отн.ед. (или о.е.)	- относительные единицы

## 1. Общие сведения

Система управления (СУ) предназначена для управления преобразователем частоты (далее – ПЧ) с поддержкой векторного и скалярного методов управления трехфазными асинхронными двигателями. Данный документ описывает Аппаратно-программное обеспечение управления электроприводом в векторном режиме - СУ и содержит сведения, необходимые для настройки и оперативного управления СУ.

### 1.1. Функциональное назначение СУ

Функциональное назначение СУ – управление силовым преобразователем частоты, а именно реализация векторной и скалярной структуры управления асинхронным электродвигателем и взаимодействие с системой управления верхнего уровня через интерфейсы связи.

Функциональная схема преобразователя представлена на Рисунок 1 – . Базовая плата с контроллером управления формирует сигналы управления 6-ти ключевым инвертором напряжения, подключенным к трем фазам двигателя и сигнал управления тормозного ключа. С ее помощью также обрабатываются сигналы различных аналоговых датчиков.

Функционал СУ может расширяться благодаря подключению дополнительных плат расширения (интерфейсных, ввода/вывода, ДПР и т.п.).

Плата ввода-вывода, модуль плавного заряда ЗПТ, пульт оперативного управления так же содержат микроконтроллеры и имеют собственное ПО. Первичная загрузка ПО в микроконтроллеры модулей осуществляется напрямую. Повторное обновление ПО может осуществляться через интерфейс общей шины CAN.

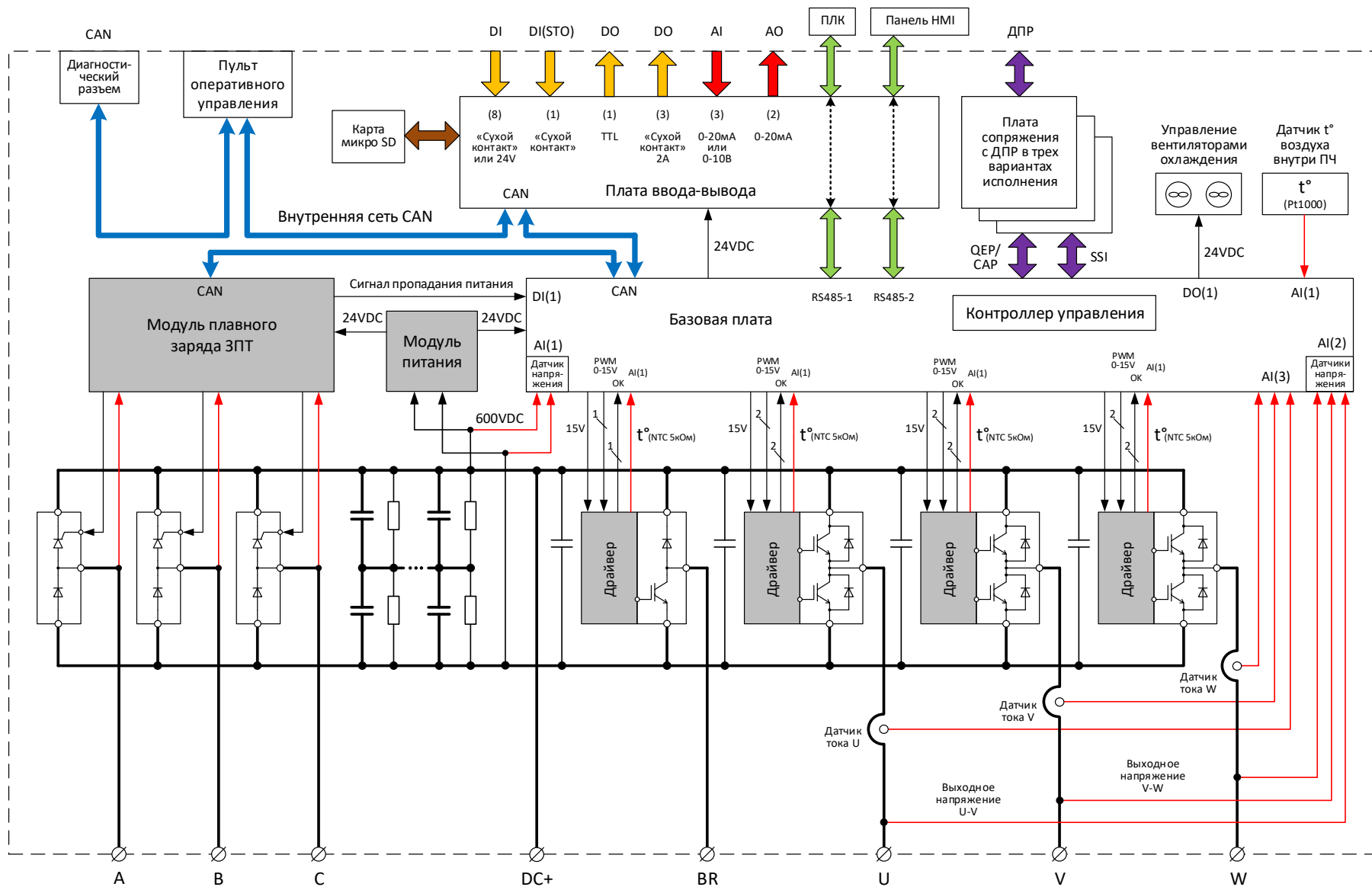


Рисунок 1 – Функциональная схема блока преобразователя частоты производства «Норд Индастриз»

## 1.2. Сведения о средствах разработки

Описываемое программное обеспечение разработано в пакете «Code Composer Studio» версии 8.0 (далее – CCS) для микроконтроллера TMS320F28377D фирмы Texas Instruments. Внутреннее наименование программного проекта – «МК50\_NordInd\_FC». Язык программирования, используемый в ПО – Си. Используемый компилятор LTS 18.1.4 (входят в состав пакета «CCS»).

В составе проекта применяются следующие стандартные библиотеки (Таблица 1).

Таблица 1 – Стандартные библиотеки проекта (входят в состав CCS)

Библиотека	Описание
cla1_math_library_fpu32.lib	библиотеки поддержки CLA сопроцессора
F2837xRevB_c1bootROM_CLADDataROMSymbols_fpu32.lib	
IQmath_fpu32.lib	Библиотека для переноса вычислений с плавающей точкой в вычисление с фиксированной точкой
rts2800_fpu32_fast_supplement.lib	Библиотека для высокопроизводительных математических функций с плавающей точкой, таких как sin, cos, div, sqrt и atan
usb.lib	Библиотека, обеспечивающая универсальный доступ к USB-устройствам.

Общие сведения о среде разработки приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Общие сведения о среде разработки

Характеристика	Значение
Наименование	Code Composer Studio
Версия	8.0, или выше
Дата выпуска	7 марта 2018г.
Совместимость среды разработки с операционной системой;	64-разрядная версия Windows 7 / 10 / 11
Дополнительные компоненты для операционной системы (их версии), необходимые для компилирования и сборки проекта ПО	–
Цифровые подписи	–
Ссылки для скачивания	<a href="https://www.ti.com/tool/download/CCSTUDIO/8.0.0.00016">https://www.ti.com/tool/download/CCSTUDIO/8.0.0.00016</a>
Форма распространения	бесплатная
Файл (файлы) установки	–

### 1.3. Технические требования

Технические и программные средства, необходимые для разработки, модификации, сборки, отладки, загрузки и проверки программы:

- ПК под управлением ОС «Windows» не ниже версии 7, и удовлетворяющий следующим требованиям: центральный процессор AMD или Intel с тактовой частотой не ниже 1.5 ГГц, объём ОЗУ не ниже 1 Гб, объём свободного пространства на жёстком диске не ниже 10 Гб, цветной монитор, наличие как минимум одного порта USB;
- JTAG-эмулятор, удовлетворяющий требованиям подраздела 1.3.1 данного документа;
- адаптер USB-to-CAN, удовлетворяющий требованиям подраздела 1.3.1 данного документа;
- программа CANwise;
- среда разработки «Code Composer Studio» версии 8.0, или выше (далее – CCS);
- программа управляющего интерфейса «NordDrive» версии не ниже 5.7.1.

Задачи, решаемые при помощи этих средств, приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Применяемые технические и программные средства

Задача		Применяемые для решения задачи программные средства			Применяемые для решения задачи аппаратные средства	
		CCS	NordDrive	CANwise	JTAG-эмулятор	Адаптер USB-to-CAN
Разработка, редактирование исходных текстов программы		*				
Сборка выходного файла программы		*				
Загрузка программы	Первичная	*			*	
	Последующие	*	*		*	*
	Через интерфейс CAN		*			*
Отладка	JTAG	*			*	
	CAN (отладка в реальном времени)		*			*
Осциллографирование			*			*
Ведение лог файлов сетевого обмена			*			*
Просмотр банка аварий			*			*

Параметрирование/ конфигурирование		*			*
Активация встроенного загрузчика (при наличии)		*	*		*

### 1.3.1. Требования к техническим средствам

Требования к техническим средствам приведены в Таблица 4.

Таблица 4 – Требования к техническим средствам

Тип устройства	JTAG-эмулятор	Адаптер USB-to-CAN
Производитель	Sauris GmbH	Marathon
Модель	Sauris SAU510-USB Iso Plus	CAN-bus-USBnp
Поддерживаемая версия ОС	Windows XP / Vista / 7 / 10 /11	Windows 7 / Vista / 8 / 10
Тип устройства	JTAG-эмулятор	Адаптер USB-to-CAN
Сайт производителя	<a href="https://sauris.de/index.php/en/">https://sauris.de/index.php/en/</a>	<a href="http://can.marathon.ru/">http://can.marathon.ru/</a>
Краткое описание	Эмулятор JTAG SAU510-USB ISO PLUS v.2 разработан для использования с цифровыми сигнальными процессорами (DSP) и микропроцессорами, подключаемыми через JTAG.	Устройство, подключаемое к ПК через USB интерфейс, предназначенное для использования в качестве контроллера распределенной системы сбора данных и управления на основе сети CAN-bus.

### 1.4. Структура проекта

Проект программного обеспечения «МК50\_NordInd\_FC» расположен в каталоге «Projects» оптического диска с ПО.

Проект программы разработан в виде логических модулей, каждый из которых выполняет определённую функцию. Логика работы каждого модуля описана в соответствующем файле исходного кода (расширение «.c»); интерфейс модуля описан в соответствующем заголовочном файле (расширение «.h»).

Для удобства ориентирования в структуре проекта, файлы, участвующие в сборке программы, распределены по нескольким подкаталогам, в зависимости от их назначения. В таблице 5 приведён список подкаталогов.

Таблица 5 – Каталоги и файлы корневой директории проекта

Содержимое каталога проекта	Комментарий
.launches/..	Подкаталог, содержащий файлы для запуска отладочной сессии проекта
.settings/..	Подкаталог, содержащий языковые настройки проекта программы
cmd/..	Подкаталог, содержащий файлы компоновки памяти

include/..	Подкаталог, содержащий стандартные заголовочные файлы
lib/..	Подкаталог, содержащий файлы стандартных подключаемых библиотек
src/..	Подкаталог, содержащий стандартные файлы исходного кода, отвечающие за инициализацию целевого микроконтроллера
targetConfigs/..	Подкаталог, содержащий файл конфигурации проекта
vinclude/..	Подкаталог, содержащий заголовочные файлы, разработанные исполнителем проекта
vsrc/..	Подкаталог, содержащий файлы исходного кода, разработанные исполнителем проекта
.ccsproject	Настройки для корректного импорта проекта программы в среду разработки
.cproject	Настройки для компиляции проекта программы
.project	Настройки для корректного импорта проекта программы в среду разработки

Файлы «.cproject», «.project» и подкаталог «.settings/», расположенные в корневом каталоге проекта, содержат в себе различные настройки проекта и информацию, необходимую для импортирования проекта в среду разработки «CCS». Эти файлы автоматически генерируются средой разработки.

## 2. Архитектура программного обеспечения

### 2.1. Прерывания

В проекте используется система прерываний, где каждое прерывание имеет свой приоритет: прерывания с наивысшим приоритетом могут прерывать прерывание с более низким приоритетом, но не наоборот. Ниже показана таблица векторов прерываний микроконтроллера TMS320F28377D. Прерывания, используемые в проекте, отмечены цветами.

Каждая строка в таблице – это группа, а каждый столбец – канал внутри этой группы. Когда используется несколько прерываний, наивысший приоритет имеет канал с наименьшим номером в группе с наименьшим номером. Таким образом, прерывания в верхней части таблицы имеют наивысший приоритет, а прерывания в нижней части – наименьший приоритет. Например, аппаратная авария ключей обрабатывается прерыванием EPWM7\_TZ и, соответственно, имеет наивысший приоритет среди прочих используемых прерываний.

	INTx.1	INTx.2	INTx.3	INTx.4	INTx.5	INTx.6	INTx.7	INTx.8	INTx.9	INTx.10	INTx.11	INTx.12	INTx.13	INTx.14	INTx.15	INTx.16
INT1.y	ADCA1	ADCB1	ADCC1	XINT1	XINT2	ADCD1	TIMER0	WAKE	-	-	-	-	IPC0	IPC1	IPC2	IPC3
INT2.y	EPWM1_TZ	EPWM2_TZ	EPWM3_TZ	EPWM4_TZ	EPWM5_TZ	EPWM6_TZ	EPWM7_TZ	EPWM8_TZ	EPWM9_TZ	EPWM10_TZ	EPWM11_TZ	EPWM12_TZ	-	-	-	-
INT3.y	EPWM1	EPWM2	EPWM3	EPWM4	EPWM5	EPWM6	EPWM7	EPWM8	EPWM9	EPWM10	EPWM11	EPWM12	-	-	-	-
INT4.y	ECAP1	ECAP2	ECAP3	ECAP4	ECAP5	ECAP6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
INT5.y	EQEP1	EQEP2	EQEP3	-	-	-	-	-	SD1	SD2	-	-	-	-	-	-
INT6.y	SPIA_RX	SPIA_TX	SPIB_RX	SPIB_TX	MCBSPA_RX	MCBSPA_TX	MCBSPB_RX	MCBSPB_TX	SPIC_RX	SPIC_TX	-	-	-	-	-	-
INT7.y	DMA_CH1	DMA_CH2	DMA_CH3	DMA_CH4	DMA_CH5	DMA_CH6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
INT8.y	I2CA	I2CA_FIFO	I2CB	I2CB_FIFO	SCIC_RX	SCIC_TX	SCID_RX	SCID_TX	-	-	-	-	-	-	-	UPPA (CPU1 only)
INT9.y	SCIA_RX	SCIA_TX	SCIB_RX	SCIB_TX	CANA_0	CANA_1	CANB_0	CANB_1	-	-	-	-	-	-	-	USBA (CPU1 only)
INT10.y	ADCA_EVT	ADCA2	ADCA3	ADCA4	ADCB_EVT	ADCB2	ADCB3	ADCB4	ADCC_EVT	ADCC2	ADCC3	ADCC4	ADCD_EVT	ADCD2	ADCD3	ADCD4
INT11.y	CLA1_1	CLA1_2	CLA1_3	CLA1_4	CLA1_5	CLA1_6	CLA1_7	CLA1_8	-	-	-	-	-	-	-	-
INT12.y	XINT3	XINT4	XINT5	-	-	VCU	FPU_OVER_FLOW	FPU_UNDER_FLOW	EMIF_ERROR	RAM_CORRECTABLE_ERROR	FLASH_CORRECTABLE_ERROR	RAM_ACCESS_VIOLATION	SYS_PLL_SLIP	AUX_PLL_SLIP	CLA_OVER_FLOW	CLA_UNDER_FLOW

Note: Cells marked "\*" are Reserved

Назначение используемых прерываний:

- EPWM7\_TZ – прерывание, возникающее по сигналу аппаратной аварии ключей инвертора и тормозного резистора. В нем останавливается работа ШИМ, а система управления переходит в «СТОП»;

- EPWM4 – прерывание с частотой, равной частоте ШИМ. Прерывание возникает в момент, когда счетчик таймера ШИМ равен 0. Это прерывание используется для расчета «быстрых» функций (fastCalc): для обработки возникающих аварий, запуска оцифровки АЦП, расчета скорости, регуляторов и т. д. – всего того, что необходимо для расчета следующей реализуемой скважности;

- EPWM5 – прерывание частотой 1 кГц (период 1 мс). Используется более «медленными» функциями (msCalc), не требующими мгновенной обработки, такими как расчет температур, управление светодиодами, дискретными выходами и т. д.;

- EPWM10 – прерывание 10 кГц. Используется для работы драйвера ModBus;

- EQEP3 – прерывание по индексной метке датчика положения ротора;

- CANA0 и CANB0 – прерывания для работы драйвера CANOpen.

Часть функций работает в «фоне» (slowCalc). Как правило, в этих функциях рассчитываются вспомогательные коэффициенты и переменные, редко или разово меняющиеся по ходу выполнения программы.

## 2.2. Дискретные автоматы

В условиях разработки проекта программного обеспечения с большим количеством различных задач программисту обычно приходится использовать определенный стиль (парадигму) программирования. Единый подход к разработке ПО позволяет упростить его реализацию при использовании стандартных схем. Любому программисту, знакомому с парадигмой программирования, применяемой в проекте, может легко понять структуру проекта другого программиста и его программный код.

Для задач логического управления наиболее применим принцип программирования с использованием дискретного (конечного) автомата. Это парадигма программирования, в которой программа или ее фрагмент интерпретируется как модель формального автомата дискретных (конечных) состояний. Основная идея этого подхода заключается в том, что общая задача, например, при реализации структуры управления двигателем, разбивается на ряд различных, разделенных во времени задач – состояний дискретного автомата. В любой момент времени дискретный автомат находится в одном конкретном состоянии и выполняет задачи, присущие этому состоянию. Переход из одного дискретного состояния в другое осуществляется при определенных условиях.

Таблица 6 – Описание используемых дискретных автоматов

Название модуля	Файлы	Описание
smProtect	SM_Protect.c SM_Protect.h	Дискретный автомат защит
SM_Ctrl	SM_Ctrl.c SM_Ctrl.h	Дискретный автомат, в котором реализованы различные режимы управления двигателем
SM_SYS	SM_SYS.c SM_SYS.h	Дискретный автомат для расчета всех модулей
SM_cmd_logic	SM_cmd_logic.c SM_cmd_logic.h	Дискретный автомат для управления состояниями преобразователя частоты в зависимости от выбранного источника управления
BR_SM_Ctrl	BR_SM_Ctrl.c BR_SM_Ctrl.h	Дискретный автомат для управления тормозным резистором

## 2.3. Описание модулей программного обеспечения

В таблице Таблица 7 – перечислены \*.c-файлы, использующиеся в проекте и описание их назначения в системе управления.

Таблица 7 – Перечень и описание программных модулей, реализованных в проекте

Название модуля	Назначение
BR_Pwm	Реализует ШИМ тормозного ключа
BR_SM_Ctrl	Дискретный автомат для управления тормозным резистором
clarke	Модуль для расчета фазных преобразований (преобразований Кларк)
dlogTrigger	Модуль реализации триггера для запуска даталоггера по изменению заданного объекта словаря
DRV_INTERFACE	Модуль обеспечивает работу с банком аварий
filter	Инерционный фильтр
ipark	Обратные координатные преобразования (обратные преобразования Парка)
main	Здесь объявляются глобальные структуры, реализуются замкнутый фоновый цикл и функции прерываний
param5_ident	Реализует функции для определения параметров асинхронного двигателя
park	Модуль координатных преобразований (преобразований Парка)
pid_reg3	Расчет ПИД-регулятора
SM_alarm	Обработка предупреждений
SM_cmd_logic	Дискретный автомат для управления состояниями преобразователя частоты
SM_ctrl	Дискретный автомат, в котором реализованы различные режимы управления двигателем
SM_Net	Модуль сетевого взаимодействия
SM_protect	Обработка защит
SM_SYS	Реализация прерываний и вызов основных функций
smopos_const	Расчет коэффициентов скользящего наблюдателя
smopos	Модуль скользящего наблюдателя положения ротора
V_adc	Модуль АЦП
V_aioSelection	Выбор функций аналоговых сигналов
V_AutoOffset	Модуль автоматического расчета смещений АЦП
V_bits_to_enum_numbers	Реализация отображения битовых переменных в NordDrive
V_controllerTuner	Модуль автоматической настройки регуляторов
V_CurPar	Расчет текущих значений параметров двигателя
V_data_log	Даталоггер реального времени
V_dio	Обработка дискретных сигналов
V_dioSelection	Выбор функций дискретных сигналов
V_event_log	Сохранение событий и времени возникновения в ЭнОЗУ
V_field_weakening	Модуль ослабления поля
v_FilterSinCos	Синусно-косинусный фильтр
V_Global_time	Модуль работы со временем
V_IQmath_tables	Таблицы для быстрого расчета математических функций в целочисленной IQ арифметике
V_latch	Модуль запоминания параметров
V_LED	Модуль управления светодиодами
V_LinearLimiter	Модуль расчета коэффициента снижения при превышении заданной величины для ограничения сигналов
V_LookUpTable	Расчет интерполяции по таблицам соответствия
V_Modbus_MasterOD	Словарь мастера Modbus
V_Modbus_SlaveOD	Словарь слейва Modbus

V_PDO_service	Запаковка и распаковка TPDO
V_posspeed_eQEP	Модуль обработки инкрементального датчика положения ротора и расчета угла и скорости
V_PWM_Module	Модуль ШИМ
v_ResonanceAround	Обход резонансных частот
v_rmp_ctrl	Реализация задатчика интенсивности
V_rotor_observer	Наблюдатель положения ротора асинхронного двигателя
V_RTC_Clock	Модуль часов реального времени
V_Simulator	Симулятор асинхронного двигателя
V_SpeedDetection	Определение частоты вращения двигателя для последующего подхвата
V_spimem	Модуль для работы с флеш-памятью
V_SSI_Encoder	Модуль обработки SSI-датчика положения ротора и расчета угла и скорости
V_TemperConvert	Расчет температуры
v_ThermalModel	Тепловая модель для реализации максимально-токовой защиты двигателя по перегреву
v_ThetaFilter	Прогнозирующий фильтр углового положения
V_Uf	Кривая U/f

### 3. Ввод в эксплуатацию

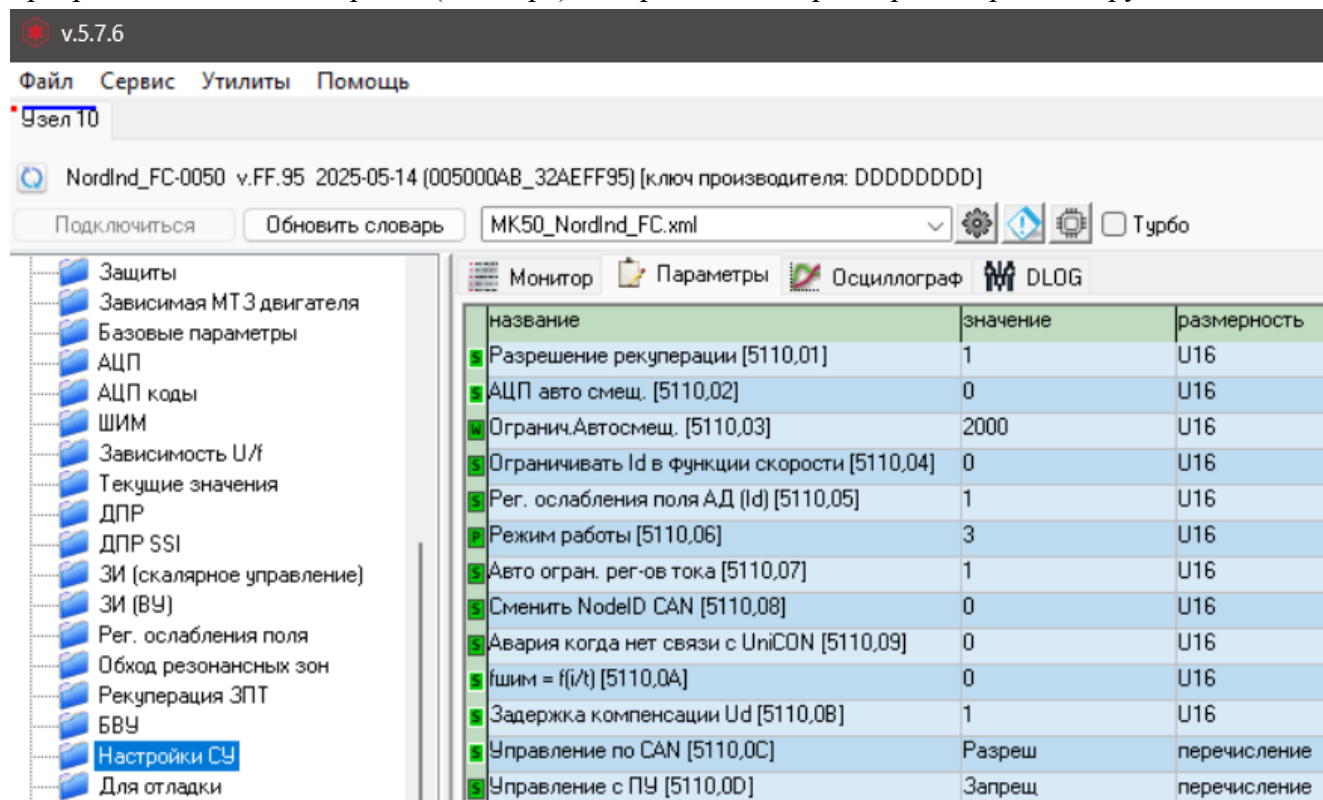
#### 3.1. Введение

Данная глава Руководства пользования программного обеспечения (ПО) системы управления для управления преобразователями частоты (далее – ПЧ), предназначена для обслуживающего персонала и содержит сведения, необходимые для настройки и оперативного управления изделием с помощью специализированного программного обеспечения NordDrive.

Далее в Руководстве полное название параметра даётся в виде:

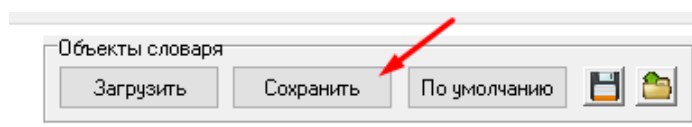
"[НАЗВАНИЕ ГРУППЫ] --> [НАЗВАНИЕ ПАРАМЕТРА] [АДРЕС]"

Название группы соответствует имени группы параметров, выбираемой на левой панели программы NordDrive. Правее (в центре) отображаются параметры выбранной группы:



[АДРЕС] состоит из двух частей – индекса и подындкса, разделённых точкой. На рисунке выше указан параметр "Настройки СУ --> Режим работы [5110.06]".

❗ После изменения какого-либо параметра его значение НЕ сохраняется в энергонезависимую память контроллера, т.е. будет сброшено в исходное значение при выключении/включении ПЧ. Для сохранения параметров в энергонезависимую память ПЧ необходимо в программе NordDrive нажать кнопку «Сохранить»:



### 3.2. Предварительные настройки

Перед первым запуском двигателя необходимо проверить и при необходимости скорректировать следующие параметры:

Параметр	Описание	Значение по умолчанию
Группа «Базовые параметры»		
Число пар полюсов [5113.01]	Число пар полюсов двигателя.	3
Номинальный амплитудный ток [5113.02]	Номинальный амплитудный ток, А.	600 А
Номинальная скорость [5113.04]	Номинальная скорость холостого хода двигателя*, об/мин.	1000 об/мин
Rs [5113.06]	Сопrotивление фазной обмотки статора двигателя**, Ом.	0.006 Ом
Ls [5113.07]	Индуктивность фазной обмотки статора двигателя**, мГн.	1 мГн
Пост. времени ротора [5113.09]	Постоянная времени ротора**, сек.	1.2 сек
Группа «Зависимая МТЗ двигателя»		
T охлаждения [5180.02]	Постоянная времени охлаждения двигателя, мин.	5 мин

\* Номинальная скорость холостого хода асинхронного двигателя – чуть выше номинальной скорости, указанной на шильдике двигателя. Например, если на шильдике указана скорость 1450 об/мин, то номинальная скорость холостого хода составляет 1500 об/мин.

\*\* Сопrotивление и индуктивность статорной обмотки, а также постоянная времени ротора используются только при векторном управлении двигателем.

⚠ Если корректировались число пар полюсов, номинальный ток или номинальная скорость, то необходимо обновить словарь нажатием кнопки в программе NordDrive:



После чего следует перезапустить программу NordDrive.

С помощью следующих параметров в группе "Настройки СУ" выбираются разрешённые источники управления:

Управление по CAN [5110.0C]	Разрешить приём команд «Пуск» и «Синхронизировать» по интерфейсу CAN (от программы NordDrive).
Управление с ПУ [5110.0D]	Разрешить приём команд «Пуск» и «Синхронизировать» от панели управления (НМИ).

Команды «Стоп» и «Сброс аварии» обрабатываются всегда от любого источника, даже если он запрещён. Задание скорости принимается от выбранного источника.

Если планируется работа в режиме векторного датчикового управления двигателем, то необходимо выбрать тип ДПП, установив в параметре "Настройки СУ --> ДПП - SSI [5110.16]" значение «0» – для работы с инкрементальным энкодером, или «1» – для работы с SSI энкодером. Затем необходимо настроить следующие параметры датчика положения ротора в группе «ДПП»:

Параметр	Описание	Значение по
----------	----------	-------------

		умолчанию
Кол-во меток на оборот [5117.01]	Разрешение датчика – количество меток на один механический оборот вала.	1024
Индекс включен [5117.0D]	Флаг разрешения использования сигнала индексной метки (при её наличии): 0 – не использовать индекс; 1 – использовать индекс.	0

Или в группе «SSI», в зависимости от выбранного типа датчика:

Параметр	Описание	Значение по умолчанию
Кол-во меток на оборот [5220.01]	Разрешение датчика – количество меток на один механический оборот вала.	4096

По умолчанию время разгона до номинальной скорости при скалярном и частотно-токовом режиме составляет 40 сек – определяется параметрами в группе "ЗИ (скалярное управление)" (см. ниже п.4.16). Для режимов векторного управления – 40 сек, определяется параметрами в группе "ЗИ (ВУ)" (см. ниже п.4.17).

Первый тестовый запуск двигателя рекомендуется проводить без нагрузки в режиме скалярного управления двигателем.

Режим управления двигателем задаётся параметром "Настройки СУ --> Режим работы [5110.06]":

3	Скалярное управление (режим по умолчанию)
4	Частотно-токовое управление
5	Векторное датчиковое управление с регулятором скорости
6	Векторное бездатчиковое управление с регулятором скорости
25	Идентификация параметров двигателя.

### 3.3. Подача силового (высокого) напряжения

Необходимо убедиться в отсутствии аварий и предупреждений на панели управления в программе NordDrive:

Статус	ИНИЦИАЛИЗАЦИЯ
Авария	Норма
Предупреждение	Норма

После подачи силового (высокого) напряжения, следует убедиться, что система перешла в состояние готовности к пуску – статус должен смениться на «ГОТОВ».

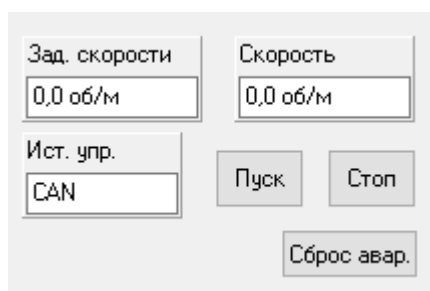
### 3.4. Запуск двигателя в скалярном режиме управления

Для запуска двигателя в скалярном режиме необходимо установить параметр "Настройки СУ --> Режим работы [5110.06]" в значение 3.

В режиме скалярного управления двигателем осуществляется вращение вектора напряжения. Величина выходного напряжения определяется выходной частотой согласно линейной зависимости  $U(f)$ , настройки которой расположены в группе параметров «Зависимость  $U/f$ » (см. ниже п.4.12). Для обеспечения надёжного пускового момента рекомендуется корректировать начальное "Напряжение 1 [511A.02]".

Контроль (ограничение) токов при скалярном управлении не осуществляется. Реализуются только функции максимально-токовой и времятоковой защит.

Первый пуск рекомендуется проводить на небольшую скорость, например, 20% от номинальной. Задание скорости выставляется на панели управления вводом числа в окне «Зад. Скорости»:



Также можно использовать параметр "ЗАДАНИЯ --> Задание скорости с NordDrive [5112.01]".

Запуск и остановка двигателя, а также сброс аварийного состояния осуществляются с помощью соответствующих кнопок на панели управления.

После нажатия на кнопку «Пуск» двигатель начнёт плавно разгоняться до заданной скорости. Если этого не происходит – скорее всего не хватает пускового момента, необходимо увеличить значение параметра "Зависимость  $U/f$  --> Напряжение 1 [511A.02]". Если при пуске срабатывает защита (обычно максимально-токовая), то, возможно, начальное напряжение слишком велико. В этом случае необходимо уменьшить значение вышеупомянутого параметра.

**!** Шаг увеличения напряжения должен быть небольшим – не больше 1 В.

Задание скорости пропускается через блок обхода резонансных зон (группа «Обход резонансных зон», см. ниже п.4.19), а затем через задатчик интенсивности (ЗИ), ограничивающий темп разгона/торможения (группа «ЗИ (скалярное управление)», см. ниже п.4.16).

Следует учесть, что при скалярном (и частотно-токовом) управлении реальная скорость двигателя будет меньше заданной из-за скольжения. Если установить задание скорости на уровне номинальной скорости холостого хода (параметр "Базовые параметры --> Номинальная скорость [5113.04]"), то при номинальной нагрузке скорость вала будет соответствовать номинальной механической скорости, указанной на шильдике двигателя.

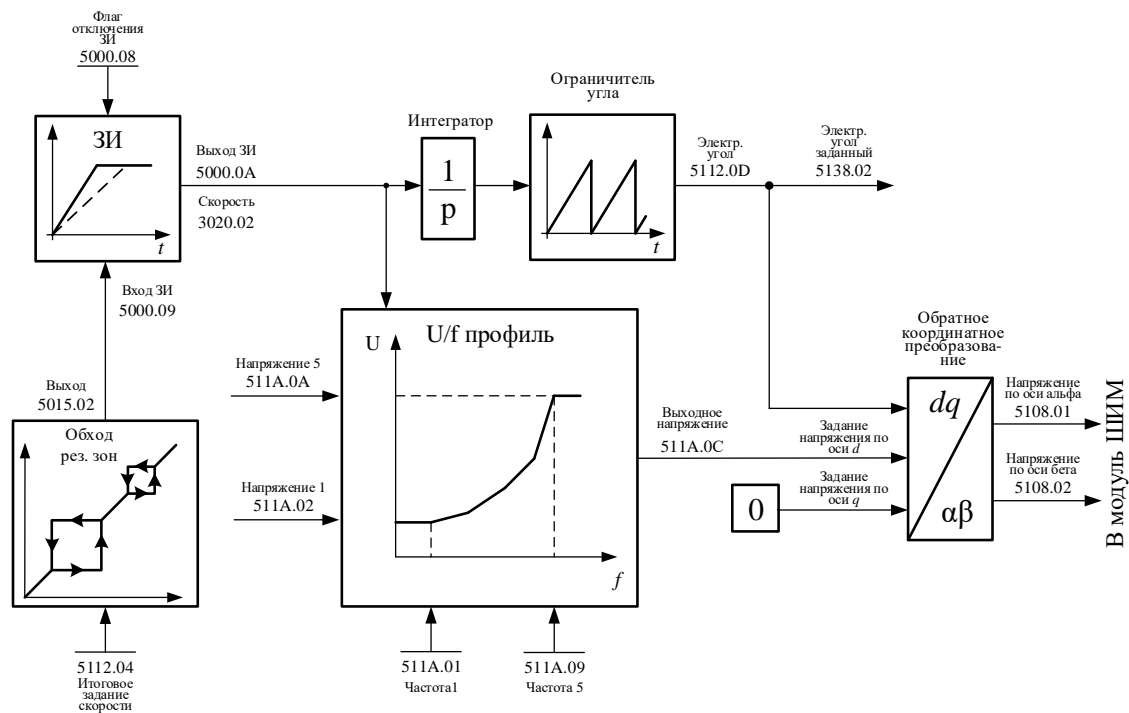


Рисунок 2 – Функциональная схема режима скалярного управления

После выхода на установившийся режим рекомендуется запомнить величину фазных токов двигателя (в группе «НАБЛЮДАЕМЫЕ»), в частности, "Ток статора [3021.06]". Это может понадобиться для настройки частотно-токового режима управления двигателем (см. ниже п.3.5).

### 3.5. Запуск двигателя в частотно-токовом режиме управления

Для запуска двигателя в частотно-токовом режиме необходимо установить параметр "Настройки СУ --> Режим работы [5110.06]" в значение 4.

В этом режиме осуществляется вращение вектора тока (а не напряжения, как в скалярном режиме). Амплитуда тока задаётся с помощью параметра "ЗАДАНИЯ --> Задание тока в режиме I/f [5112.07]". Начинать рекомендуется со значения, соответствующего току статора при вращении двигателя в режиме скалярного управления на холостом ходу (см. выше п.3.4). Можно задать и номинальное (амплитудное) значение, но, если нагрузка будет ниже номинальной, двигатель будет «перемагничен», что будет приводить к его повышенному нагреву и шуму. Другими словами – задание тока должно гарантировать пуск двигателя и соответствовать нагрузке на валу.

Установка задания скорости, запуск и остановка двигателя, а также сброс аварийного состояния осуществляются аналогично режиму скалярного управления (см. выше п.3.4).

Задание скорости пропускается через блок обхода резонансных зон (группа «Обход резонансных зон», см. ниже п.4.19), а затем через задатчик интенсивности (ЗИ), ограничивающий темп разгона/торможения (группа «ЗИ (скалярное управление)», см. ниже п.4.16).

Следует учесть, что при частотно-токовом (и скалярном) управлении реальная скорость двигателя будет меньше заданной из-за скольжения. Если установить задание скорости на уровне номинальной скорости холостого хода (параметр "Базовые параметры --> Номинальная скорость [5113.04]"), а задание тока равно амплитудному значению номинального тока двигателя, то при номинальной нагрузке скорость вала будет соответствовать номинальной механической скорости, указанной на шильдике двигателя.

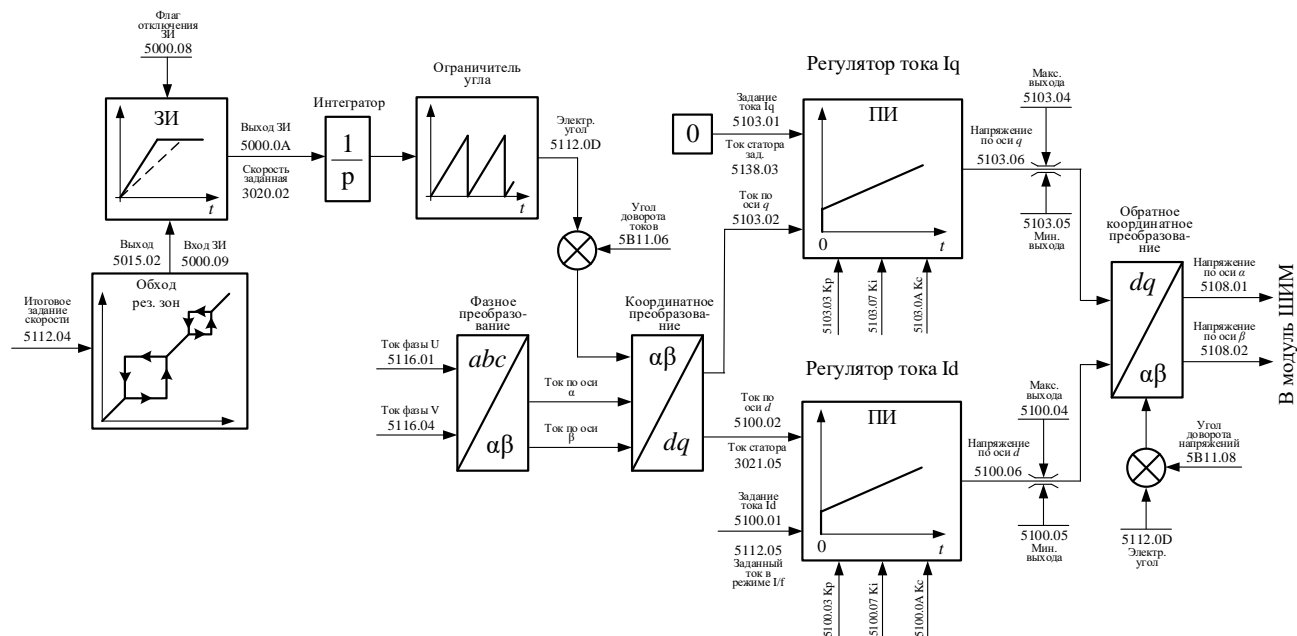


Рисунок 3 – Функциональная схема режима частотно-токового управления

### 3.6. Автоматическое определение параметров двигателя

- ❗ Процедура должна проводиться на остановленном двигателе.
- ❗ Перед запуском идентификации необходимо убедиться, что внесены правильные базовые параметры двигателя (см. раздел 3.2), иначе возможно повреждение двигателя.

Для запуска процедуры автоматической идентификации параметров двигателя необходимо установить параметр «Настройки СУ --> Режим работы [5110.06]» в значение 25, «Настройки СУ --> Вкл. авто идент. параметров [5110.11]» в значение 1, и подать команду «Пуск».

Результат идентификации параметров асинхронного двигателя фиксируется в группе «Параметры АД» (см. раздел 4.37). Кроме них, по окончании процесса будут рассчитаны следующие параметры:

Параметры для векторной системы управления:

Параметры двигателя -->  $R_s$  [5113.06]

Параметры двигателя -->  $L_s$  [5113.07]

Параметры двигателя --> Постоянная времени ротора [5113.09]

Параметры регуляторов тока:

Рег. Тока  $I_d$  --> Пропорц. коэфф.  $K_p$  [5100.03]

Рег. Тока  $I_d$  --> Интегральный коэфф.  $K_i$  [5100.07]

Рег. Тока  $I_q$  --> Пропорц. коэфф.  $K_p$  [5103.03]

Рег. Тока  $I_q$  --> Интегральный коэфф.  $K_i$  [5103.07]

Параметры регулятора скорости сбрасываются до значений по умолчанию:

Рег. скорости --> Пропорц. коэфф.  $K_p$  [5020.03] = 0.5

Рег. скорости --> Интегральный коэфф.  $K_i$  [5020.07] = 0

¶ При идентификации без вращения регулятор скорости не настраивается и сбрасывается до значения по умолчанию, то есть, работает как П регулятор. Так как интегральная составляющая регулятора скорости равна 0, возможна статическая ошибка при увеличении нагрузки и ухудшение динамики разгона.

### **3.7. Запуск двигателя в режиме векторного управления**

Для запуска двигателя в режиме векторного датчикового управления необходимо установить параметр "Настройки СУ --> Режим работы [5110.06]" в значение 5, а в режиме векторного бездатчикового – в значение 6.

Установка задания скорости, запуск и остановка двигателя, а также сброс аварийного состояния осуществляются аналогично режиму скалярного управления (см. выше п.3.4).

В отличие от скалярного и частотно-токового способов управления двигателем, векторное управление реализует более высокие динамические характеристики привода за счёт полного контроля за моментом и магнитным потоком двигателя.

Задание скорости пропускается через блок обхода резонансных зон (группа «Обход резонансных зон», см. ниже п.4.19), а затем через задатчик интенсивности (ЗИ), ограничивающий темп разгона/торможения (группа «ЗИ (ВУ)», см. ниже п.4.17).

При векторном датчиковом управлении в качестве отрицательной ОС на ПИ-регулятор скорости подаётся реальная (механическая) скорость ротора. Поэтому скорость вращения вала будет равна заданной (в отличие от скалярного, частотно-токового и векторного бездатчикового управления). Например, если установить задание скорости на уровне номинальной скорости холостого хода (параметр "Базовые параметры --> Номинальная скорость [5113.04]"), то скорость вала будет ей соответствовать, т.е. будет немного превышать номинальную механическую скорость, указанную на шильдике двигателя.

Функциональные схемы наблюдателя (SMO – Sliding Mode Observer), модуля ослабления поля и блока ограничения регуляторов тока приведены ниже, в разделах, посвящённых соответствующим группам параметров.

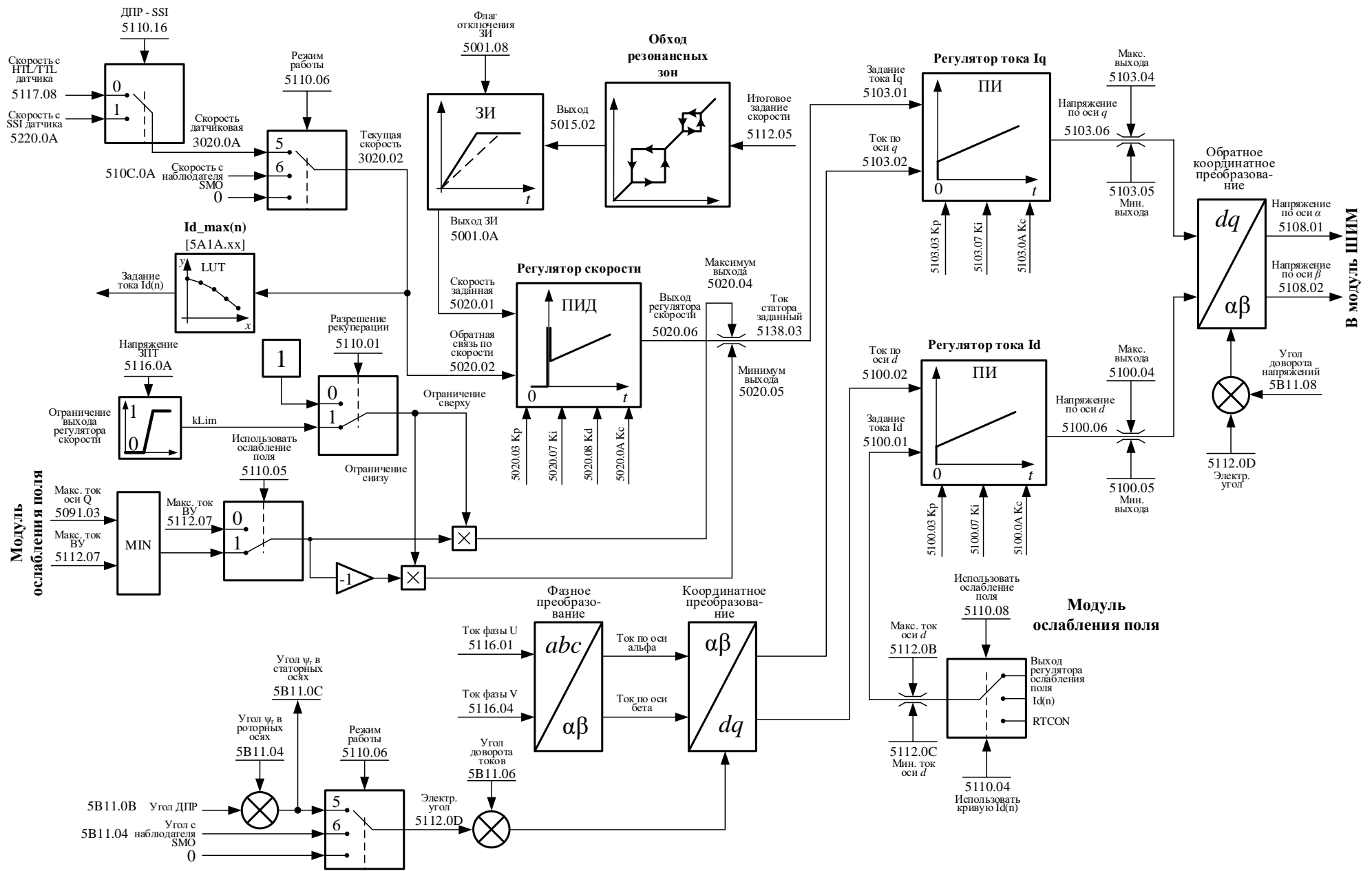


Рисунок 4 – Функциональная схема режима бездатчикового векторного управления

## 4. Описание групп параметров

### 4.1. НАБЛЮДАЕМЫЕ

В данной группе отображаются основные текущие параметры ПЧ.

Параметр	Описание
Статус ПЧ [3020.01]	Текстовое обозначение статуса ПЧ (он же отображается на панели управления программы NordDrive).
Скорость [3020.02]	Скорость двигателя, об/мин. В режимах скалярного, частотно-токового и векторного бездатчикового управления отображается «идеальная» скорость, без учёта скольжения двигателя. В режиме датчикового векторного управления отображается реальная скорость двигателя, получаемая с датчика положения ротора.
Выходная частота [3020.03]	Текущая выходная частота, Гц.
Выходное напряжение [3020.04]	Текущее выходное напряжение, В.
Акт. мощность [3020.05]	Потребляемая активная мощность, кВт.
Макс. температура ключей [3020.06]	Максимальная температура по всем ключам, °С.
Температура выпрямителя [3020.07]	Температура радиатора выпрямителя, °С.
Входное напряжение [3020.08]	Величина входного напряжения (линейное действующее), В.
Напряжение ЗПТ [3020.09]	Напряжение на звене постоянного тока, В.
Источник управления (задания скорости) [3020.0A]	При остановленном двигателе отображаются разрешённые источники команды «Пуск» (CAN / ПУ / Modbus). После пуска отображается тот источник, откуда поступила команда «Пуск» (и откуда принимается задание скорости).
Средний действующий ток фаз [3021.01]	Среднее значение действующих токов фаз двигателя, А.
Действующий ток фазы U [3021.02]	Действующий ток фазы U двигателя, А.
Действующий ток фазы V [3021.03]	Действующий ток фазы V двигателя, А.
Действующий ток фазы W [3021.04]	Действующий ток фазы W двигателя, А.
Ток статора [3021.05]	Амплитудный ток статора двигателя, А. Отфильтрован с постоянной времени $T_f = 1$ сек.
Момент [3021.06]	Расчётный момент на валу двигателя, Н·м.

### 4.2. ЗАДАНИЯ

Параметр	Описание	Значение по умолчанию
Задание скорости с NordDrive [5112.01]	Задание скорости по интерфейсу CAN, об/мин.	0 об/мин
Задание скорости HMI [5112.02]	Задание скорости от панели управления (HMI), об/мин.	0 об/мин
Задание скорости по Modbus [5112.03]	Задание скорости по интерфейсу RS-485 (Modbus), об/мин.	0 об/мин

Параметр	Описание	Значение по умолчанию
Итоговое задание скорости [5112.04]	Итоговое задание скорости от текущего источника управления, на входе блока обхода резонансных зон, об/мин.	наблюдаемый
Выход ЗИ [5112.05]	Задание скорости, пропущенное через блок обхода резонансных зон и задачик интенсивности, об/мин. При векторном режиме управления является заданием на входе регулятора скорости.	наблюдаемый
Макс. ток ВУ [5112.06]	Ограничение тока по оси q в режиме векторного управления, А. По сути, ограничивает момент двигателя.	767 А
Задание тока в режиме I/f [5112.07]	Задание тока для режима частотно-токового управления, А.	315 А
Итоговый ток в режиме I/f [5112.08]	Если разрешена рекуперация (см. ниже п.4.20), то здесь отображается задание тока в режиме I/f (см. параметр выше), умноженное на коэффициент ограничения рекуперации, А. Если рекуперация запрещена, то дублируется значение предыдущего параметра.	наблюдаемый
Время намагничивания [5112.09]	Длительность намагничивания двигателя перед переходом в частотно-токовый или векторный режим работы, мс.	3 мс
Ток намагничивания [5112.0A]	Величина тока намагничивания двигателя перед переходом в частотно-токовый или векторный режим работы, А.	126 А
Макс. ток. оси d [5112.0B]	Максимальное/минимальное ограничение тока по оси d в режиме векторного управления, А. По сути, ограничивают «возбуждение» двигателя.	158 А
Мин. ток оси d [5112.0C]		68 А
theta_elec [5112.0D]	В режимах скалярного и частотно-токового управления – это электрический угол вектора напряжения/тока статора соответственно, град. В режиме векторного управления – это угол потокосцепления ротора, град.	наблюдаемый
Максимальный ток RMS [5112.0E]	Ограничение действующего тока двигателя при ослаблении поля в режиме векторного управления, А.	541 А

Параметр	Описание	Значение по умолчанию
Коэф. перегрузки двигателя по тепловой модели	Коэффициент допустимой перегрузки относительно номинального тока двигателя	1

### 4.3. Рег. тока $I_d$ и Рег. тока $I_q$

Настройки ПИД-регуляторов токов по осям d/q (индексы 5100 и 5103 соответственно) в режимах частотно-токового и векторного управления.

Параметр	Описание	Значение по умолчанию
Задание [5100.01]	Задание тока на входе, А.	наблюдаемый
Задание [5103.01]		
Ток по оси D [5100.02]	Текущее значение тока (обратная связь) на входе, А.	наблюдаемый
Ток по оси Q [5103.02]		
Пропорц. коэфф. Кр [5100.03]	Пропорциональный коэффициент усиления.	0.5
Пропорц. коэфф. Кр [5103.03]		
Максимум выхода [5100.04]	Верхнее ограничение выхода*, В.	наблюдаемый
Максимум выхода [5103.04]		
Минимум выхода [5100.05]	Нижнее ограничение выхода*, В.	наблюдаемый
Минимум выхода [5103.05]		
Напряжение по оси D [5100.06]	Выход регулятора, В.	наблюдаемый
Напряжение по оси Q [5103.06]		
Интегральный коэфф. К <sub>i</sub> [5100.07]	Интегральный коэффициент.	0.05
Интегральный коэфф. К <sub>i</sub> [5103.07]		
Дифф. коэфф. К <sub>d</sub> [5100.08]	Дифференциальный коэффициент.	0
Дифф. коэфф. К <sub>d</sub> [5103.08]		
Вых.Интегр. [5100.09]	Выход интегральной части, В.	наблюдаемый
Вых.Интегр. [5103.09]		
Интегр.корректир.коэффициент [5100.0A]	Интегральный корректирующий коэффициент.	0.05
Интегр.корректир.коэффициент [5103.0A]		

\* Верхнее/нижнее ограничения выходов регуляторов рассчитываются автоматически согласно следующей функциональной схеме (предполагается, что все величины – в относительных единицах, от 0 до 1):

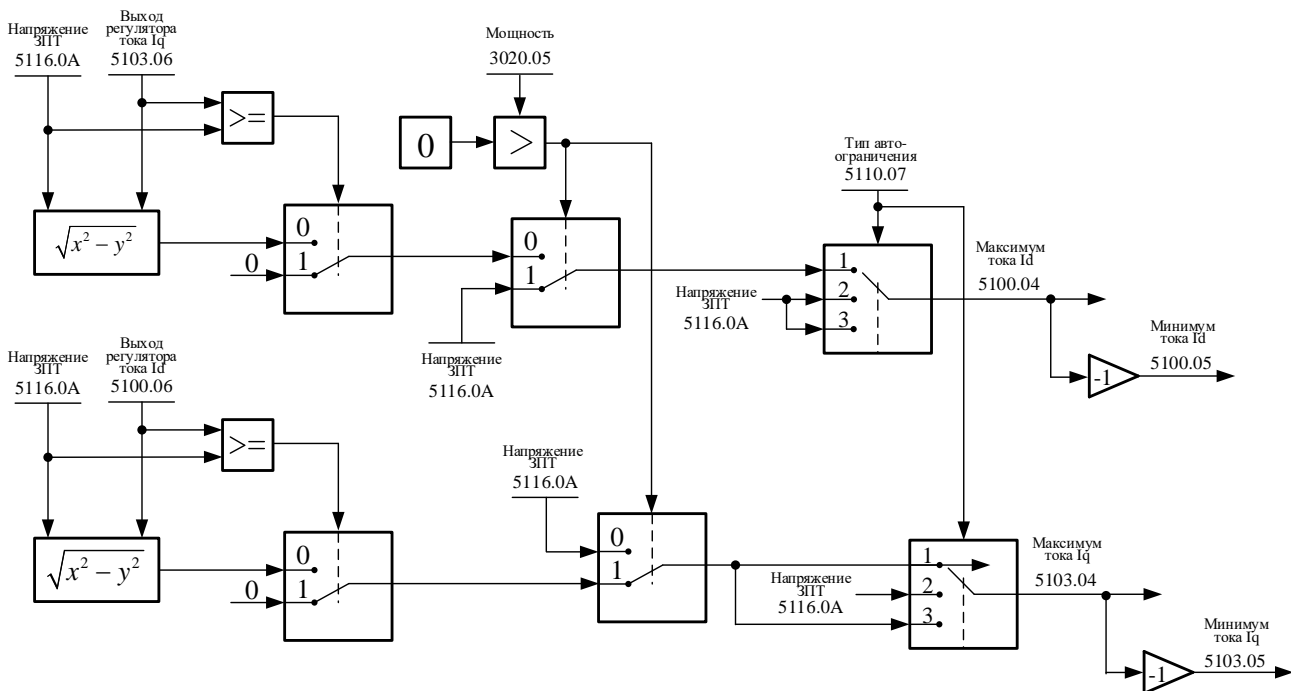


Рисунок 5 – Функциональная схема ограничения регуляторов тока по осям d и q

#### 4.4. Рег. скорости

Настройки ПИД-регулятора скорости, используемого в режиме векторного управления.

Параметр	Описание	Значение по умолчанию
Скорость зад. [5020.01]	Задание скорости на входе, об/мин.	наблюдаемый
Скорость тек. [5020.02]	Текущее значение скорости (обратная связь) на входе, об/мин.	наблюдаемый
Пропорц. коэфф. Kp [5020.03]	Пропорциональный коэффициент усиления.	16
Максимум выхода [5020.04]	Верхнее ограничение выхода*, А.	наблюдаемый
Минимум выхода [5020.05]	Нижнее ограничение выхода*, А.	наблюдаемый
Выход регулятора [5020.06]	Выход регулятора, А.	наблюдаемый
Интегральный коэфф. Ki [5020.07]	Интегральный коэффициент.	0
Дифф. коэфф. Kd [5020.08]	Дифференциальный коэффициент.	0
Вых.Интегр. [5020.09]	Выход интегральной части, А.	наблюдаемый
Интегр.корректир.коэффициент [5020.0A]	Интегральный корректирующий коэффициент.	0.5

\* Верхнее/нижнее ограничения выхода регулятора рассчитываются автоматически в зависимости от того, используется ли ослабление поля и/или рекуперация энергии торможения в ЗПТ; в любом случае самым приоритетным («финальным») ограничением является значение параметра "ЗАДАНИЯ --> Макс. ток ВУ [5112.06]".

#### 4.5. Предупреждения

Параметр	Описание	Значение по умолчанию
Предупреждение [510F.01]	Здесь выводятся (листаются с периодом 1.5 сек) названия текущих предупреждений.	наблюдаемый
Флаги предупреждений 1 [510F.02]	Флаги текущих предупреждений 1...8. Описание – ниже.	наблюдаемый
Флаги предупреждений 2 [510F.03]	Флаги текущих предупреждений 9...16.	наблюдаемый
Флаги предупреждений 3 [510F.04]	Флаги текущих предупреждений 17...24.	наблюдаемый
Флаги предупреждений 4 [510F.05]	Флаги текущих предупреждений 25...32.	наблюдаемый
Маска предупреждений 1 [510F.06]	Маски предупреждений 1...8.	11111111
Маска предупреждений 2 [510F.07]	Маски предупреждений 9...16.	11111111
Маска предупреждений 3 [510F.08]	Маски предупреждений 17...24.	11111111
Маска предупреждений 4 [510F.09]	Маски предупреждений 25...32.	11111111
Дельта Т перегрева [510F.0A]	Дельта уставки предупреждения по нагреву инвертора (его силовых ключей), °С. Дельта отсчитывается вниз относительно уставки соответствующей защиты – параметр "Защиты --> Максимальная температура ключа [510E.14]" (см. ниже п.4.6). Например, если уставка защиты по повышению температуры стоит 75°С, а дельта 10°С, то расчётная уставка соответствующего предупреждения составит $75 - 10 = 65^{\circ}\text{C}$ .	10 °С
Минимально допустимая температура ПЧ [510F.0B]	Минимально допустимая температура инвертора/выпрямителя, °С. Данная уставка используется как для выставления предупреждения, так и для срабатывания защиты. Если соответствующая <b>защита «Низкая температура ПЧ» отключена</b> (замаскирована, см. ниже п.4.6) и двигатель <b>остановлен</b> , то сработает предупреждение. В противном случае – сработает только защита.	10 °С
Минимально допустимая температура воздуха [510F.0C]	Минимально допустимая температура воздуха, °С. Данная уставка используется как для выставления предупреждения, так и для срабатывания защиты. Если соответствующая <b>защита «Низкая температура воздуха» отключена</b> (замаскирована, см. ниже п.4.6) и двигатель <b>остановлен</b> , то сработает предупреждение. В противном случае – сработает только защита.	10 °С

Параметр	Описание	Значение по умолчанию
Максимально допустимая температура воздуха [510F.0D]	Уставка срабатывания предупреждения по максимально допустимой температуре воздуха, °С.	40 °С
Предупреждение [510F.0E]	Здесь выбирается предупреждение, которое необходимо разрешить/запретить с помощью параметра ниже.	
Включено [510F.0F]	С помощью этого параметра разрешается/запрещается предупреждение, выбранное параметром выше. Данный способ является альтернативой редактированию масок предупреждений.	

Флаги/маски предупреждений выводятся в виде восьми битовых флагов от 0 до 7, где младший значащий бит 0 расположен справа:

Биты	#	#	#	#	#	#	#	#
№ бита	7	6	5	4	3	2	1	0

Если бит в регистре флагов предупреждений равен единице, это означает, что соответствующее предупреждение активно (сработало). После снятия предупреждения соответствующий флаг держится ещё 5 секунд, после чего обнуляется.

Установленный в единицу бит в регистре масок предупреждений означает, что срабатывание соответствующего предупреждения разрешено (размаскировано).

Расшифровка регистров флагов/масок предупреждений:

№ п/п	№ бита	Предупреждение
Флаги предупреждений 1 [510F.02] Маска предупреждений 1 [510F.06]		
1	0	Одновременно поданы ПУСК и СТОП
2	1	Нагрев фазы U инвертора
3	2	Нагрев фазы V инвертора
4	3	Нагрев фазы W инвертора
5	4	Отключена аппаратная защита
6	5	Ограничение автосмещения АЦП Предупреждение выставляется, если автоматически подобранное смещение канала АЦП превысило уставку "Настройки СУ --> Огранич.Автосмещ. [5110.03]", что может свидетельствовать о неисправности канала измерения фазного тока двигателя или входного напряжения.
7	6	Макс. напряжение ЗПТ при рекуперации Предупреждение выставляется, если при рекуперации энергии торможения напряжение ЗПТ превысило уставку "Рекуперация ЗПТ --> Макс. напр. ЗПТ при рекуперации [5B15.01]".
8	7	Пониженная температура ПЧ
Флаги предупреждений 2 [510F.03] Маска предупреждений 2 [510F.07]		
9	0	Низкая температура воздуха
10	1	Высокая температура воздуха

№ п/п	№ бита	Предупреждение
11-16	2-7	Резерв
Флаги предупреждений 3 [510F.04] Маска предупреждений 3 [510F.08]		
17-24	0-7	Резерв
Флаги предупреждений 4 [510F.05] Маска предупреждений 4 [510F.09]		
24-32	0	Резерв

#### 4.6. Защиты

Параметр	Описание	Значение по умолчанию
Авария [510E.01]	Здесь выводятся (листаются с периодом 1.5 сек) названия текущих аварий.	наблюдаемый
Флаги аварий 1 [510E.02]	Флаги текущих аварий 1...8. Описание – ниже.	наблюдаемый
Флаги аварий 2 [510E.03]	Флаги текущих аварий 9...16.	наблюдаемый
Флаги аварий 3 [510E.04]	Флаги текущих аварий 17...24.	наблюдаемый
Флаги аварий 4 [510E.05]	Флаги текущих аварий 25...32.	наблюдаемый
Флаги аварий 5 [510E.06]	Флаги текущих аварий 33...40.	наблюдаемый
Флаги аварий 6 [510E.07]	Флаги текущих аварий 41...48.	наблюдаемый
Флаги аварий 7 [510E.08]	Флаги текущих аварий 49...56.	наблюдаемый
Флаги аварий 8 [510E.09]	Флаги текущих аварий 57...64.	наблюдаемый
Маска аварий 1 [510E.0A]	Маски защит 1...8. Описание – ниже.	11111111
Маска аварий 2 [510E.0B]	Маски защит 9...16.	11111111
Маска аварий 3 [510E.0C]	Маски защит 17...24.	11111111
Маска аварий 4 [510E.0D]	Маски защит 25...32.	11111111
Маска аварий 5 [510E.0E]	Маски защит 33...40.	11111111
Маска аварий 6 [510E.0F]	Маски защит 41...48.	11111111
Маска аварий 7 [510E.10]	Маски защит 49...56.	11111111
Маска аварий 8 [510E.11]	Маски защит 57...64.	11111111
Защита [510E.12]	Здесь выбирается защита, которую необходимо включить/выключить с помощью параметра ниже.	
Включена [510E.13]	С помощью этого параметра разрешается/запрещается защита, выбранная параметром выше. Данный способ является альтернативой редактированию масок защит.	

Параметр	Описание	Значение по умолчанию
Максимальная температура ключа [510E.14]	Максимально допустимая температура силовых ключей инвертора, °С. С ней, через параметр "Предупреждения --> Дельта Т перегрева [510F.0A]", связана уставка соответствующего предупреждения (см. выше п.4.5).	75 °С
Максимальный ток [510E.15]	Уставка максимально-токовой защиты (по мгновенному значению фазного тока двигателя), А.	1,2·I <sub>ном</sub> А
Минимальное напряжение ЗПТ [510E.16]	Минимально допустимое напряжение ЗПТ, В. Контролируется только при включенном двигателе.	800 В
Максимальное напряжение ЗПТ [510E.17]	Максимально допустимое напряжение ЗПТ, В. Контролируется только при включенном двигателе.	1080 В
Макс. скорость [510E.18]	Максимально допустимая скорость двигателя, об/мин.	1,2·n <sub>ном</sub> об/мин
Макс. разница токов каналов [510E.19]	Максимально допустимая разница для детектирования перекоса токов фаз двигателя, А.	50 А
Состояние ДА [510E.1D]	Служебная переменная.	наблюдаемый

Флаги/маски аварий выводятся в виде восьми двоичных разрядов, где младший значащий бит 0 расположен справа:

Биты	#	#	#	#	#	#	#	#
№ бита	7	6	5	4	3	2	1	0

Если бит в регистре флагов аварий равен единице, это означает, что соответствующая авария активна (сработала).

Установленный в единицу бит в регистре масок защит означает, что соответствующая защита разрешена (размаскирована).

Расшифровка регистров флагов/масок аварий:

№ п/п	№ бита	Авария	Описание
Флаги аварий 1 [510E.02] Маска аварий 1 [510E.0A]			
1	0	Высокое напряжение ЗПТ	Уставка задается с помощью параметра <b>Максимальное напряжение ЗПТ [510E.17]</b> . Срабатывает, если напряжение ЗПТ достигает этой уставки или превышает ее.
2	1	Низкое напряжение ЗПТ	Уставка задается с помощью параметра <b>Минимальное напряжение ЗПТ [510E.16]</b> . Срабатывает, если напряжение ЗПТ опускается до этого значения или ниже.
3	2	МТЗ фазы U двигателя	Уставка задается с помощью параметра <b>Максимальный ток [510E.15]</b> . Срабатывает, если ток в любой из фаз достиг уставки или превысил ее.
4	3	МТЗ фазы V двигателя	
5	4	МТЗ фазы W двигателя	
6	5	Обрыв фазы U двигателя	Данные аварии могут сработать по двум условиям:
7	6	Обрыв фазы V двигателя	

№ п/п	№ бита	Авария	Описание
8	7	Обрыв фазы W двигателя	1) Если выходное напряжение близко к максимальному, а токов нет – фиксируется обрыв фаз. 2) Если действующее значение тока в одной из фаз отличается на величину уставки $0,25 \cdot I_{\max}$ ( <b>Максимальный ток [510E.15]</b> ) от действующих значений тока в других фазах, то фиксируется обрыв фазы.
Флаги аварий 2 [510E.03] Маска аварий 2 [510E.0B]			
9	0	МТЗ зависимая (см. ниже п.4.7)	
10	1	Аппаратная авария U	
11	2	Аппаратная авария V	
12	3	Аппаратная авария W	
13	4	Перегрев фазы U инвертора	Срабатывает, если температура ключа фазы U превышает заданную уставку <b>Максимальная температура ключа [510E.14]</b> .
14	5	Перегрев фазы V инвертора	Срабатывает, если температура ключа фазы V превышает заданную уставку <b>Максимальная температура ключа [510E.14]</b> .
15	6	Перегрев фазы W инвертора	Срабатывает, если температура ключа фазы W превышает заданную уставку <b>Максимальная температура ключа [510E.14]</b> .
16	7	Аппаратная авария тормозного резистора	
Флаги аварий 3 [510E.04] Маска аварий 3 [510E.0C]			
17	0	Превышение скорости	Срабатывает, если температура ключа фазы U превышает заданную уставку <b>Макс. скорость [510E.18]</b> .
18	1	Ошибка ДПР	Срабатывает, если разница между текущим и предыдущим приращениями углов больше 5 градусов.
19	2	Ошибка SSI	
20	3	Сбой прерывания 1 кГц	Выполнение программы требует больше времени, чем период прерывания.
21	4	Сбой прерывания 10 кГц	
22	5	Сбой прерывания ШИМ	
23	6	Сбой восст. параметров	После прошивки микроконтроллера и обновления словаря параметры необходимо сохранить в энергонезависимую память ПЧ в программе NordDrive. После чего перезагрузить контроллер (сбросить питание или нажать кнопку «Перезагрузка МК» на панели NordDrive.
24	7	Ошибка опред. параметров	Алгоритм определения параметров столкнулся с ошибкой. <b>Ошибка расшифровывается с помощью флагов в статусе.</b>
Флаги аварий 4 [510E.05] Маска аварий 4 [510E.0D]			
25	0	Пропало питание	
26	1	Резерв	

№ п/п	№ бита	Авария	Описание
27	2	Перекас тока Iu	
28	3	Перекас тока Iv	
29	4	Перекас тока Iw	
30	5	Резерв	
31	6	Резерв	
32	7	Потеря связи с NordDrive	
Флаги аварий 5 [510E.06] Маска аварий 5 [510E.0E]			
33	0	Обрыв датчика темп. ключа U	
34	1	КЗ датчика темп. ключа U	
35	2	Обрыв датчика темп. ключа V	
36	3	КЗ датчика темп. ключа V	
37	4	Обрыв датчика темп. ключа W	
38	5	КЗ датчика темп. ключа W	
39	6	Отказ датчика тока U	
40	7	Отказ датчика тока V	
Флаги аварий 6 [510E.07] Маска аварий 6 [510E.0F]			
41	0	Отказ датчика тока W	
42	1	Обрыв фазы U	
43	2	Обрыв фазы V	
44	3	Обрыв фазы W	
45	4	Обрыв фазы	
46	5	Низкая температура ПЧ	
47	6	Низкая температура воздуха	
48	7	Высокая температура воздуха	
Флаги аварий 7 [510E.08] Маска аварий 7 [510E.10]			
49-56	0-7	Резерв	
Флаги аварий 8 [510E.09] Маска аварий 8 [510E.11]			
57-64	0-7	Резерв	

#### 4.7. Зависимая МТЗ двигателя

Данная группа параметров содержит настройки зависимой максимально-токовой защиты двигателя, работающей по «время-токовому» принципу: чем выше ток двигателя относительно номинального, тем быстрее работает защита.

Параметр	Описание	Значение по умолчанию
Включено [5180.01]	Флаг включения защиты.	Да

Параметр	Описание	Значение по умолчанию
Т охлаждения [5180.02]	Постоянная времени охлаждения двигателя, мин.	5 мин
Действующий ток фаз (максимальный из трёх) [5180.03]	Максимальное (из трёх фаз) значение действующего тока двигателя, А.	наблюдаемый
Ток относительно номинала [5180.04]	Ток двигателя относительно номинального, %.	наблюдаемый
Интегральный коэффициент [5180.05]	Расчётный интегральный коэффициент тепловой модели (служебная величина).	наблюдаемый
Номинальный амплитудный ток [5180.06]	Номинальный амплитудный ток, А. Отображает значение параметра 'Базовые параметры' --> 'Номинальный амплитудный ток [5113.02]'.	наблюдаемый
Расчётный перегрев двигателя [5180.07]	Расчётный перегрев двигателя сверх номинала, %.	наблюдаемый
Нагрузка 1 [5180.08]	Нагрузка 1, %.	105 %
Время1 [5180.09]	Допустимое время работы при нагрузке 1, сек.	2200 сек
Нагрузка 2 [5180.0A]	Нагрузка 2, %.	121.5 %
Время2 [5180.0B]	Допустимое время работы при нагрузке 2, сек.	110 сек
Нагрузка 3 [5180.0C]	Нагрузка 3, %.	123.8 %
Время3 [5180.0D]	Допустимое время работы при нагрузке 3, сек.	60 сек
Нагрузка 4 [5180.0E]	Нагрузка 4, %.	130.7 %
Время4 [5180.0F]	Допустимое время работы при нагрузке 4, сек.	25 сек
Нагрузка 5 [5180.10]	Нагрузка 5, %.	154.8 %
Время5 [5180.11]	Допустимое время работы при нагрузке 5, сек.	9 сек

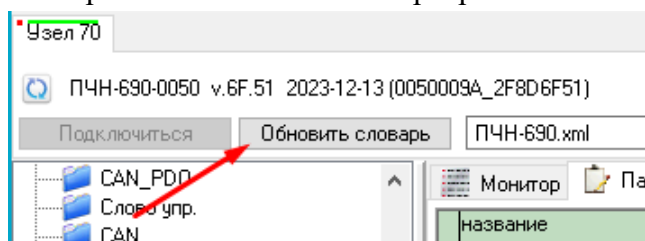
#### 4.8. Базовые параметры

Параметр	Описание	Значение по умолчанию
Число пар полюсов [5113.01]	Число пар полюсов двигателя.	3
Номинальный амплитудный ток [5113.02]	Номинальный амплитудный ток, А.	600 А
Номинальное фазное напряжение (амплитудное) [5113.03]	Номинальное амплитудное фазное напряжение, В.	наблюдаемый
Номинальная скорость [5113.04]	Номинальная скорость холостого хода двигателя*, об/мин.	1000 об/мин
Номинальное напряжение ЗПТ [5113.05]	Номинальное напряжение ЗПТ, В.	970 В
Rs [5113.06]	Сопротивление фазной обмотки статора двигателя**, Ом.	0.006 Ом
Ls [5113.07]	Индуктивность фазной обмотки статора двигателя**, мГн.	1.000 мГн
Номинальная частота [5113.08]	Номинальная частота напряжения, Гц.	наблюдаемый
Постоянная времени ротора [5113.09]	Отношение полной индуктивности ротора к его сопротивлению	1.2

\* Номинальная скорость холостого хода асинхронного двигателя – чуть выше номинальной скорости, указанной на шильдике двигателя. Например, если на шильдике указана скорость 1450 об/мин, то номинальная скорость холостого хода составляет 1500 об/мин.

\*\* Сопротивление и индуктивность статорной обмотки используются только при векторном управлении двигателем. Для их автоматического определения можно использовать соответствующий режим идентификации параметров двигателя (см. выше п.3.6).

❗ Если корректировались число пар полюсов, номинальный ток или номинальная скорость, то необходимо обновить словарь нажатием кнопки в программе NordDrive:



После чего следует перезапустить программу NordDrive.

#### 4.9. АЦП

Параметр	Описание	Значение по умолчанию
Ток фазы U [5116.01]	Мгновенное значение тока фазы U двигателя, А.	наблюдаемый
Коэффициент усиления ДТ стойки фазы U [5116.02]	Коэффициент усиления канала измерения тока фазы U двигателя, А. Примерно соответствует максимальному значению тока, измеряемому датчиком.	1112 А
Смещение ДТ стойки фазы U [5116.03]	Смещение нуля канала измерения тока фазы U двигателя*.	-220
Ток фазы V [5116.04]	Мгновенное значение тока фазы V двигателя, А.	наблюдаемый
Коэффициент усиления ДТ стойки фазы V [5116.05]	Коэффициент усиления канала измерения тока фазы V двигателя, А. Примерно соответствует максимальному значению тока, измеряемому датчиком.	1112 А
Смещение ДТ стойки фазы V [5116.06]	Смещение нуля канала измерения тока фазы V двигателя*.	-220
Ток фазы W [5116.07]	Мгновенное значение тока фазы W двигателя, А.	наблюдаемый
Коэффициент усиления ДТ стойки фазы W [5116.08]	Коэффициент усиления канала измерения тока фазы W двигателя, А.	1112 А
Смещение ДТ стойки фазы W [5116.09]	Смещение нуля канала измерения тока фазы W двигателя*.	-220
Напряжение ЗПТ [5116.0A]	Напряжение на звене постоянного тока, В.	наблюдаемый
Коэффициент напряжения ЗПТ [5116.0B]	Коэффициент усиления канала измерения напряжения ЗПТ, В.	1545 В
Смещение напряж. ЗПТ [5116.0C]	Смещение нуля канала измерения напряжения ЗПТ.	0
Uab [5116.0D]	Мгновенное входное линейное напряжение между фазами A и B, В.	наблюдаемый

Параметр	Описание	Значение по умолчанию
Коэффициент усиления Uab [5116.0E]	Коэффициент усиления канала измерения входного напряжения Uab, В.	2650 В
Смещение Uab [5116.0F]	Смещение нуля канала измерения входного напряжения Uab*.	-440
Ucb [5116.10]	Мгновенное входное линейное напряжение между фазами С и В, В.	наблюдаемый
Коэффициент усиления Ucb [5116.11]	Коэффициент усиления канала измерения входного напряжения Ucb, В.	2650 В
Смещение Ucb [5116.12]	Смещение нуля канала измерения входного напряжения Ucb*.	-440
Uca [5116.13]	Мгновенное входное линейное напряжение между фазами С и А, В.	наблюдаемый
Коэффициент усиления Uca [5116.14]	Коэффициент усиления канала измерения входного напряжения Uca, В.	2650 В
Смещение Uca [5116.15]	Смещение нуля канала измерения входного напряжения Uca*.	-440
Питание 5В [5116.16]	Напряжение питания 5 В, В.	наблюдаемый
Коэф. усиления напряжения питания «5 В» [5116.17]	Коэффициент усиления канала измерения напряжения питания 5 В, В.	5 В
Смещение напряжения питания «5 В» [5116.18]	Смещение нуля канала измерения напряжения питания 5 В.	200
Напряжение питания 24В [5116.19]	Напряжение питания 24 В, В.	наблюдаемый
Коэф. усиления напряжения питания 24В [5116.1A]	Коэффициент усиления канала измерения напряжения питания 24 В, В.	24 В
ДН24В_Смещение [5116.1B]	Смещение нуля канала измерения напряжения питания 5 В.	200
Питание +15В [5116.1C]	Напряжение питания +15 В, В.	наблюдаемый
Коэффициент ДН питания +15В [5116.1D]	Коэффициент усиления канала измерения напряжения питания +15 В, В.	15 В
Смещ. референса +15В [5116.1E]	Смещение нуля канала измерения напряжения питания +15 В.	200
Питание -15В [5116.1F]	Напряжение питания -15 В, В.	наблюдаемый
Коэффициент ДН питания -15В [5116.20]	Коэффициент усиления канала измерения напряжения питания -15 В, В.	15 В
Смещ. референса -15В [5116.21]	Смещение нуля канала измерения напряжения питания -15 В.	200

\* Если включена опция "Настройки СУ --> АЦП авто смещ. [5110.02]", нулевые смещения каналов измерения фазных токов и входных линейных напряжений подстраиваются автоматически.

#### 4.10. АЦП коды

В данной группе параметров отображаются внутренние значения регистров АЦП контроллера по каналам измерения аналоговых сигналов.

Параметр	Описание
Ток фазы U [5118.01]	Ток фазы U двигателя.
Ток фазы V [5118.02]	Ток фазы V двигателя.
Ток фазы W [5118.03]	Ток фазы W двигателя.
Напряжение ЗПТ [5118.04]	Напряжение ЗПТ.
Uab [5118.05]	Входное линейное напряжение между фазами A и B.
Ucb [5118.06]	Входное линейное напряжение между фазами C и B.
Uca [5118.07]	Входное линейное напряжение между фазами C и A.
Питание 5В [5118.08]	Напряжение питания 5 В.
Напряжение питания 24В [5118.09]	Напряжение питания 24 В.
Питание +15В [5118.0A]	Напряжение питания +15 В.
Питание -15В [5118.0B]	Напряжение питания -15 В.

#### 4.11. ШИМ

Параметр	Описание	Значение по умолчанию
UaЗад [5108.01]	Задание напряжения по оси $\alpha$ , В.	наблюдаемый
UbЗад [5108.02]	Задание напряжения по оси $\beta$ , В.	наблюдаемый
U_огр [5108.03]	Ограничение максимального напряжения, отн.ед. 1.0 – вписывание в окружность, 1.15 – в шестиугольник (больше – нет смысла).	1.0
GammaA [5108.04]	Скважность по стойке фазы U в периодах счета таймера ШИМ.	наблюдаемый
GammaB [5108.05]	Скважность по стойке фазы V в периодах счета таймера ШИМ.	наблюдаемый
GammaC [5108.06]	Скважность по стойке фазы W в периодах счета таймера ШИМ.	наблюдаемый
Таймер ШИМ 1 [5108.07]	Счётчик таймера ШИМ.	наблюдаемый
Коэф. компенсации Ud [5108.08]	Коэффициент компенсации пульсаций напряжения ЗПТ. Задания напряжений по осям $\alpha/\beta$ (см. выше) корректируются по формуле: $U_{\text{зад}} = U_{\text{зад}} \cdot \frac{1}{1 + K \cdot \left( \frac{U_{\text{ЗПТ}}}{U_{\text{ЗПТ.ном}}} - 1 \right)}$ где: K – коэффициент компенсации; U <sub>ЗПТ</sub> – текущее напряжение ЗПТ; U <sub>ЗПТ.ном</sub> – номинальное напряжение ЗПТ. Если включен флаг "Настройки СУ --> Задержка компенсации Ud [5110.0C]", то в качестве U <sub>ЗПТ</sub> используется не мгновенное, а фильтрованное значение напряжения ЗПТ (Тф = 1 сек).	1.0
Компенсация Ud [5108.09]	Этим параметром включается компенсация пульсаций напряжения ЗПТ (см. параметр выше).	1
Тип ШИМ [5108.0A]	Тип ШИМ: 6-sectors 12-sectors Fly PWM	12-sectors

Параметр	Описание	Значение по умолчанию
Ограничение мин. скважн. [5108.0B]	Ограничение минимальной скважности сигнала управления силовым ключом, мкс. Предотвращает выдачу слишком коротких сигналов управления ключами. Если запрошенная скважность меньше данного ограничения – коммутация ключа не производится.	2.0 мкс
ULimitation [5108.0C]	Флаг, сигнализирующий о том, что идёт ограничение напряжения.	наблюдаемый
Частота ШИМ [5108.0D]	Частота ШИМ, кГц.	4 кГц
Сектор [5108.0E]	Текущий номер сектора (для 12-ти и 6-ти секторного типов ШИМ).	наблюдаемый
U_ампл [5108.0F]	Амплитуда выходного напряжения до ограничения, В.	наблюдаемый
U_ампл [5108.10]	Амплитуда выходного напряжения после ограничения (отфильтровано), %.	наблюдаемый
TPWM [5108.11]	Период таймера ШИМ.	наблюдаемый
Мертвое время [5108.12]	«Мёртвое» время, разделяющее моменты коммутации ключей одной стойки, мкс. Предотвращает появление т.н. «сквозного тока» через стойку.	6 мкс
Разрешение работы [5108.13]	Флаг состояния модуля ШИМ: 0 – работа запрещена, 1 – работа разрешена.	наблюдаемый
TZ GPIOs [5108.14]	Битовые флаги, отображающие текущее состояние сигналов аппаратных аварий силовых ключей:	
	Бит*	Описание
	0	Авария ключей стойки фазы U
	1	Авария ключей стойки фазы V
	2	Авария ключей стойки фазы W
	3	Авария ключа торм. резистора
4	Общий сигнал аппаратной аварии	
PDP_vector [5108.15]	Битовые флаги, отображающие состояние сигналов аппаратных аварий в момент срабатывания аппаратной защиты. Расшифровка битов аналогична параметру выше.	наблюдаемый
TZ input qualification period [5108.16]	Степень N времени фильтрации входов приёма сигналов аппаратных аварий, 0...255. Определяет минимальное время Ts, в течение которого сигнал должен быть неизменным, чтобы быть воспринятым контроллером: $T_s = 25 \times (N + 1)$ , нс. Например, при значении параметра N = 3 получим время $T_s = 25 \times (3 + 1) = 100$ нс. Если сигнал аппаратной аварии появился и держится не менее 100 нс, то он будет «засчитан», т.е. будет воспринят контроллером. Если длительность импульса сигнала менее 100 нс, то на него не будет никакой реакции.	3

Параметр	Описание	Значение по умолчанию
Длительность PDP фазы U [5108.17]	Зафиксированная длительность сигнала аппаратной аварии по стойке фазы U, мкс. Диапазон измерения: 1...21474836 мкс (21.474 сек). Если приходит несколько импульсов, фиксируется длительность только первого импульса. Для перезапуска фиксации необходимо обнулить значение параметра.	0
Длительность PDP фазы V [5108.18]	Зафиксированная длительность сигнала аппаратной аварии по стойке фазы V, мкс.	0
Длительность PDP фазы W [5108.19]	Зафиксированная длительность сигнала аппаратной аварии по стойке фазы W, мкс.	0
Компенсация мертвого времени [5108.1A]	Задание части мертвого времени, которая компенсируется системой управления	100%
Мин. детект. ток после MB [5108.1B]	Значение тока, после которого начинает работать компенсация мертвого времени	1A

\* Нумерация битов – справа налево.

#### 4.12. Зависимость $U/f$

В данной группе расположены настройки зависимости величины выходного напряжения от выходной частоты при работе в режиме скалярного управления (см. выше п.3.4). Зависимость определяется пятью опорными точками с линейной интерполяцией между ними:

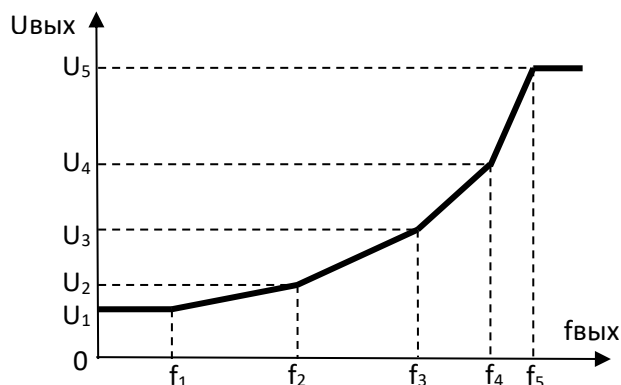


Рисунок 6 – Зависимость выходного напряжения от выходной частоты

Для обеспечения надёжного пускового момента рекомендуется корректировать начальное напряжение  $U_1$ .

Параметр	Описание	Значение по умолчанию
Частота 1 [511A.01]	Частота 1, Гц.	0 Гц
Напряжение 1 [511A.02]	Напряжение 1*, соответствующее частоте 1, В.	44.8 В
Частота 2 [511A.03]	Частота 2, Гц.	3 Гц
Напряжение 2 [511A.04]	Напряжение 2*, соответствующее частоте 2, В.	44.8 В
Частота 3 [511A.05]	Частота 3, Гц.	20 Гц
Напряжение 3 [511A.06]	Напряжение 3*, соответствующее частоте 3, В.	95.2 В
Частота 4 [511A.07]	Частота 4, Гц.	35 Гц
Напряжение 4 [511A.08]	Напряжение 4*, соответствующее частоте 4, В.	280 В
Частота 5 [511A.09]	Конечная частота 5 (на номинальной скорости), Гц	50 Гц
Напряжение 5 [511A.0A]	Конечное напряжение 5*, соответствующее частоте 5, В.	560 В
Выходная частота [511A.0B]	Текущая выходная частота, Гц.	наблюдаемый
Выходное напряжение [511A.0C]	Текущее выходное напряжение, В.	наблюдаемый

\* Напряжение – фазное амплитудное:  $U_{\text{ф.ампл.}} = U_{\text{лин.действ.}} \cdot \sqrt{2/3} \approx U_{\text{лин.действ.}} \cdot 0.816$ .

#### 4.13. Текущие значения

В данной группе расположены дополнительные текущие параметры ПЧ.

Параметр	Описание
$\cos(\varphi)$ [5138.01]	Расчётный коэффициент мощности ( $\cos \varphi$ ).
ЭлУголЗад [5138.02]	В режимах скалярного и частотно-токового управления – это электрический угол вектора напряжения/тока статора соответственно, град. В режиме векторного управления – это угол потокосцепления ротора относительно неподвижных статорных осей, град.

Параметр	Описание
Ток статора зад [5138.03]	Заданный амплитудный ток статора, А.
Theta_SMO [5138.04]	Оценка углового положения потокосцепления ротора при бездатчиковом векторном управлении (см. выше п.3.7), град.
Theta_DPR [5138.05]	Электрический угол поворота ротора, полученный с датчика положения, град.
Theta_DPR_OBS [5138.06]	Оценка углового положения потокосцепления ротора при датчиковом векторном управлении, град.
speed_SMO [5138.07]	Оценка скорости на выходе наблюдателя при бездатчиковом векторном управлении, об/мин.
speed_DPR [5138.08]	Скорость, полученная с датчика положения ротора, об/мин.
Id фильтр [5139.01]	Отфильтрованное* значение тока по оси d, А.
Iq фильтр [5139.02]	Отфильтрованное* значение тока по оси q, А.
Ud фильтр [5139.03]	Отфильтрованное* задание напряжения по оси d, В.
Uq фильтр [5139.04]	Отфильтрованное* задание напряжения по оси q, В.
Udc фильтр [5139.05]	Отфильтрованное** напряжение ЗПТ, В.
Амплитуда напр. до ограничения [5139.06]	Амплитуда выходного напряжения до ограничения, В.
Амплитуда напряжения [5139.07]	Амплитуда выходного напряжения после ограничения, %.
Мощность по осям альфа, бета [5139.08]	Мощность по осям $\alpha/\beta$ , кВт. Принимается за активную мощность при скалярном и частотно-токовом режиме управления.
Мощность по осям dq [5139.09]	Мощность по осям d/q, кВт. Принимается за активную мощность при векторном режиме управления.
Скольжение [5139.0A]	Скольжение, %. Рассчитывается только при наличии датчика положения ротора.

\* Постоянная времени фильтра – 1 сек.

\*\* Постоянная времени фильтра – 0.3 мс.

#### 4.14. ДПР

В данной группе расположены настройки инкрементального датчика положения ротора.

Параметр	Описание	Значение по умолчанию
Кол-во меток на оборот [5117.01]	Количество меток на механический оборот.	1024
Число оборотов [5117.02]	Счётчик механических оборотов.	наблюдаемый
Состояние ножек GPIO [5117.03]	Битовые флаги, отображающие состояние сигналов по трём каналам ДПР.	наблюдаемый
Механическ.угол в метках [5117.04]	Механический угол в метках.	наблюдаемый
Угол мех. [5117.05]	Механический угол, град.	наблюдаемый
Угол. электр. [5117.06]	Электрический угол, град.	наблюдаемый
Смещение угла текущее [5117.07]	Смещение электрического угла, град.	0
Скорость [5117.08]	Скорость фильтрованная, об/мин.	наблюдаемый

Параметр	Описание	Значение по умолчанию
Т фильтра [5117.09]	Коэффициент фильтрации скорости (см. параметр выше). Чем меньше его значение, тем сильнее фильтрация. Значение 0 – фильтр выключен.	0.005
Приращение угла [5117.0A]	Изменение электрического угла за один такт расчёта, град.	наблюдаемый
Индекс включен [5117.0B]	Флаг разрешения работы с индексной меткой ДПР (при её наличии).	0
ДПР подключен [5117.0C]	Флаг наличия сигналов от ДПР.	наблюдаемый

#### 4.15. ДПР SSI

В данной группе расположены настройки SSI-датчика положения ротора.

Параметр	Описание	Значение по умолчанию
Кол-во меток на оборот [5220.01]	Количество меток на механический оборот.	4096
Механическ.угол в метках [5220.02]	Механический угол в метках.	наблюдаемый
Угол мех. [5220.03]	Механический угол, град.	наблюдаемый
Угол мех. фильтрованный [5220.04]	Фильтрованный механический угол, град.	наблюдаемый
Т фильтра [5220.05]	Коэффициент фильтрации скорости (см. параметр выше). Чем меньше его значение, тем сильнее фильтрация. Значение 0 – фильтр выключен.	0.005
Смещение эл. угла [5220.06]	Смещение электрического угла, град.	0
Электрический угол [5220.07]	Электрический угол, град.	наблюдаемый
Число оборотов [5220.08]	Счётчик механических оборотов.	наблюдаемый
Абс. Положение в метках [5220.09]	Угол в метках без обнуления на обороте, абсолютный	наблюдаемый
Скорость [5220.0A]	Скорость механическая, об/мин.	наблюдаемый
Направление вращения [5220.0B]	Выбор направления вращения: 0 – по часовой стрелке; 1 – против часовой стрелки.	0
GPIOsValue [5220.0C]	Битовые флаги, отображающие состояние сигналов по двум каналам ДПР.	наблюдаемый

#### 4.16. ЗИ (скалярное управление)

В данной группе расположены настройки двухзонного задатчика интенсивности (ЗИ), ограничивающего темп разгона/торможения двигателя в режимах скалярного и частотно-токового управления.

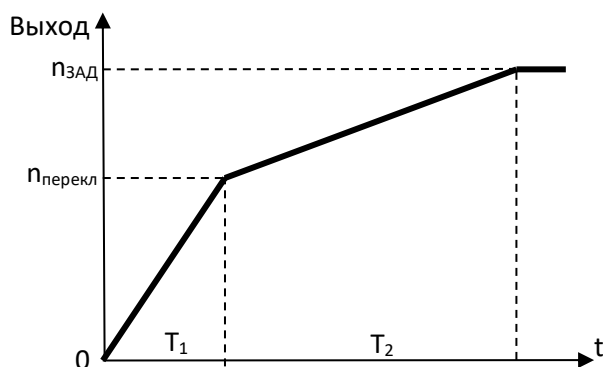


Рисунок 7 – Двухзонный задатчик интенсивности

Задание на вход ЗИ подаётся от модуля обхода резонансных зон (см. ниже п.4.19). Выход ЗИ является финальным (окончательным) заданием, которое непосредственно обрабатывается двигателем.

Параметр	Описание	Значение по умолчанию
Интенсивность общая (заменяет остальные) [5000.01]	Если не ноль, то заменяет собой все нижезаданные темпы разгона/торможения в обеих зонах. Задаётся в виде длительности разгона от нуля до номинальной скорости (или торможения обратно до нуля), сек.	40 сек
Интенсивность разгона 1 [5000.02]	Темп разгона в первой зоне, от нуля до скорости переключения (см. ниже параметр «Частота переключения ЗИ [5000.07]»). Задаётся в виде длительности разгона от нуля до номинальной скорости, сек.	40 сек
Интенсивность торможения 1 [5000.03]	Темп торможения в первой зоне, вниз от скорости переключения до нуля. Задаётся в виде длительности торможения от номинальной скорости до нуля, сек.	40 сек
Интенсивность разгона 2 [5000.04]	Темп разгона во второй зоне, вверх от скорости переключения. Задаётся в виде длительности разгона от нуля до номинальной скорости, сек.	40 сек
Интенсивность торможения 2 [5000.05]	Темп торможения во второй зоне, вниз до скорости переключения. Задаётся в виде длительности торможения от номинальной скорости до нуля, сек.	40 сек
Динамическое запаздывание ЗИ [5000.06]	Динамическое запаздывание, сек. Придаёт процессу S-образность, ограничивая «рывок» в начале/конце разгона/торможения. 0 – запаздывание отключено.	0.5 сек

Параметр	Описание	Значение по умолчанию
Частота переключения ЗИ [5000.07]	Скорость переключения между зонами 1 и 2, об/мин.	$0.5 \cdot n_{ном}$ об/мин
Флаг отключения ЗИ [5000.08]	0 – ЗИ включен; 1 – ЗИ отключен (темп разгона/торможения никак не ограничивается, любое изменение задания скорости сразу будет обрабатываться двигателем).	Нет
Вход ЗИ [5000.09]	Задание скорости на входе ЗИ, об/мин.	наблюдаемый
Выход ЗИ [5000.0A]	Задание скорости на выходе ЗИ, об/мин.	наблюдаемый
Выход ЗИ [5000.0B]	Задание скорости на выходе ЗИ, Гц.	наблюдаемый

#### 4.17. ЗИ (ВУ)

В данной группе расположены настройки двухзонного задатчика интенсивности (ЗИ), ограничивающего темп разгона/торможения двигателя в режимах векторного управления.

Задание на вход ЗИ подаётся от модуля обхода резонансных зон (см. ниже п.4.19). Выход ЗИ является финальным (окончательным) заданием, которое непосредственно обрабатывается двигателем.

Параметр	Описание	Значение по умолчанию
Интенсивность общая (заменяет остальные) [5001.01]	Если не ноль, то замещает собой все нижезаданные темпы разгона/торможения в обеих зонах. Задаётся в виде длительности разгона от нуля до номинальной скорости (или торможения обратно до нуля), сек.	40 сек
Интенсивность разгона 1 [5001.02]	Темп разгона в первой зоне, от нуля до скорости переключения (см. ниже параметр «Частота переключения ЗИ [5001.07]»).	40 сек
Интенсивность торможения 1 [5001.03]	Темп торможения в первой зоне, вниз от скорости переключения до нуля. Задаётся в виде длительности торможения от номинальной скорости до нуля, сек.	40 сек
Интенсивность разгона 2 [5001.04]	Темп разгона во второй зоне, вверх от скорости переключения. Задаётся в виде длительности разгона от нуля до номинальной скорости, сек.	40 сек
Интенсивность торможения 2 [5001.05]	Темп торможения во второй зоне, вниз до скорости переключения. Задаётся в виде длительности торможения от номинальной скорости до нуля, сек.	40 сек
Динамическое запаздывание ЗИ [5001.06]	Динамическое запаздывание, сек. Придаёт процессу S-образность, ограничивая «рывок» в начале/конце разгона/торможения. 0 – запаздывание отключено.	0.5 сек

Параметр	Описание	Значение по умолчанию
Частота переключения ЗИ [5001.07]	Скорость переключения между зонами 1 и 2, об/мин.	$0.5 \cdot n_{ном}$ об/мин
Флаг отключения ЗИ [5001.08]	0 – ЗИ включен; 1 – ЗИ отключен (темп разгона/торможения никак не ограничивается, любое изменение задания скорости сразу будет обрабатываться двигателем).	Нет
Вход ЗИ [5001.09]	Задание скорости на входе ЗИ, об/мин.	наблюдаемый
Выход ЗИ [5001.0A]	Задание скорости на выходе ЗИ, об/мин.	наблюдаемый
Выход ЗИ [5001.0B]	Задание скорости на выходе ЗИ, Гц.	наблюдаемый

#### 4.18. Рег. ослабления поля

В данной группе расположены настройки регулятора ослабления поля.

Включение регулятора осуществляется с помощью параметра "Настройки СУ --> Рег. ослабления поля АД (Id) [5110.05]". Этот параметр более приоритетный, чем "Настройки СУ --> 'Ограничивать Id в функции скорости [5110.04]'".

Регулятор выдаёт ограничение тока по оси q и формирует задание тока по оси d при работе в режимах векторного управления.

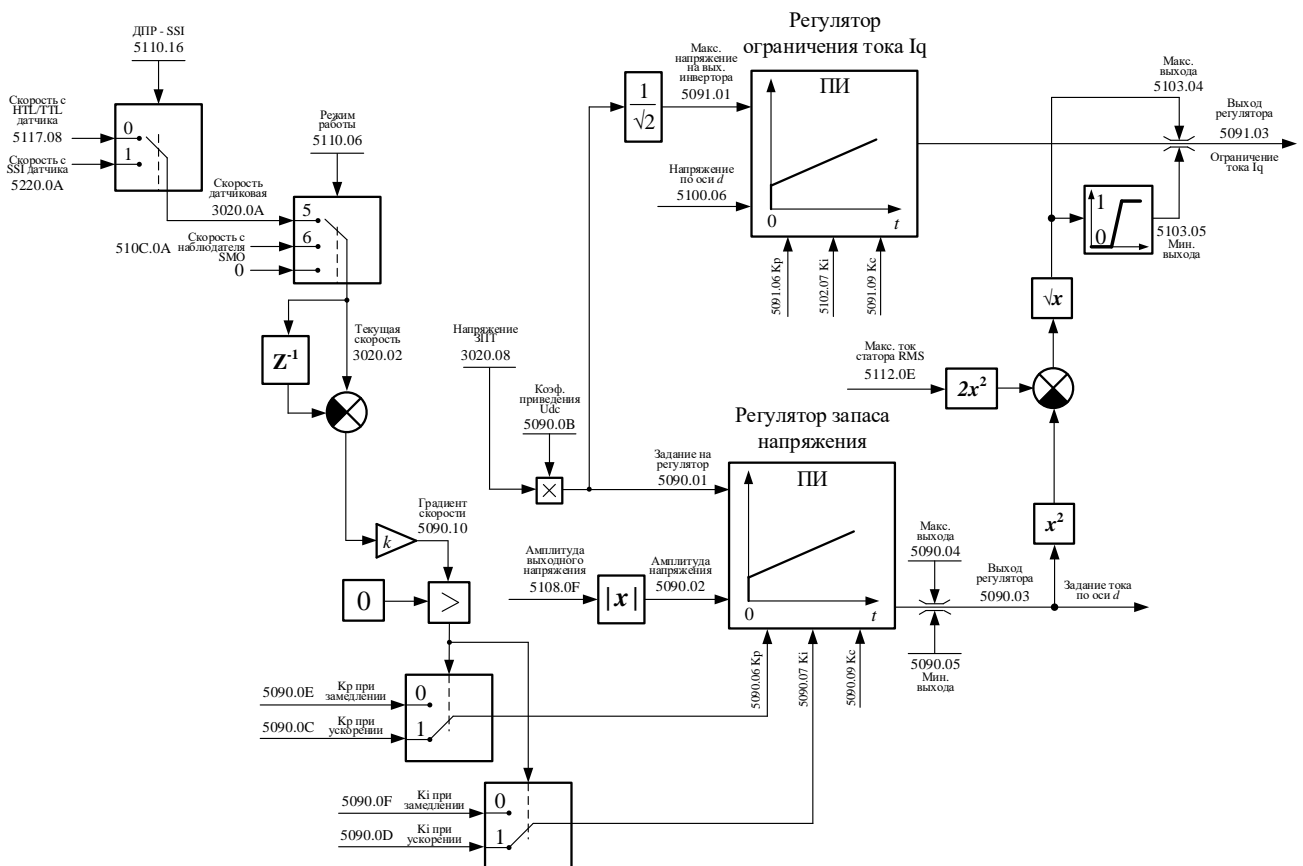


Рисунок 8 – Функциональная схема модуля ослабления поля

Параметр	Описание	Значение по умолчанию
Umag_max (зад. ПИДрег. Id(Umag)) [5090.01]	Максимально реализуемая амплитуда выходного напряжения (определяется напряжением на ЗПТ) – задание на ПИД-регулятор запаса напряжения, В.	наблюдаемый
Umag_cur (ОС ПИДрег. Id(Umag)) [5090.02]	Текущая амплитуда выходного напряжения (по модулю) – отрицательная ОС регулятора запаса напряжения, В.	наблюдаемый
Id (выход ПИДрег. Id(Umag)) [5090.03]	Выход регулятора запаса напряжения – задание тока по оси d, А.	наблюдаемый
Id_max (макс ПИДрег. Id(Umag)) [5090.04]	Верхнее ограничение задания тока по оси d, А.	126 А
Id_min (мин ПИДрег. Id(Umag)) [5090.05]	Нижнее ограничение задания тока по оси d, А.	67 А
Пропорц. коэфф. Kp [5090.06]	Текущий пропорциональный коэффициент регулятора запаса напряжения (используются разные значения при разгоне/торможении, см. ниже).	наблюдаемый
Интегральный коэфф. Ki [5090.07]	Текущий интегральный коэффициент регулятора запаса напряжения (используются разные значения при разгоне/торможении, см. ниже).	наблюдаемый
Дифф. коэфф. Kd [5090.08]	Дифференциальный коэффициент регулятора запаса напряжения.	0.0
Интегр.корректир.коэффициент [5090.09]	Интегральный корректирующий коэффициент регулятора запаса напряжения.	0.5
Вых.Интегр. [5090.0A]	Выход интегральной части регулятора запаса напряжения, В.	наблюдаемый
K_norm_Udc [5090.0B]	Коэффициент нормирования напряжения ЗПТ. Используется при вычислении задания на регулятор запаса напряжения.	0.97
Kp_speedUp [5090.0C]	Пропорциональный коэффициент регулятора запаса напряжения при разгоне.	1.0
Ki_speedUp [5090.0D]	Интегральный коэффициент регулятора запаса напряжения при разгоне.	0.01
Kp_speedDown [5090.0E]	Пропорциональный коэффициент регулятора запаса напряжения при торможении.	0.01
Ki_speedDown [5090.0F]	Интегральный коэффициент регулятора запаса напряжения при торможении.	0.001
grad_speed [5090.10]	Градиент скорости двигателя.	наблюдаемый
Umag_max/sqrt(2) (зад. ПИДрег. Iq(Ud)) [5091.01]	Задание на ПИД-регулятор ограничения тока по оси q (определяется напряжением на ЗПТ), В.	наблюдаемый
Ud_cur (ОС ПИДрег. Iq(Ud)) [5091.02]	Текущее напряжение по оси d – отрицательная ОС регулятора ограничения тока по оси q, В.	наблюдаемый

Параметр	Описание	Значение по умолчанию
Iq_ref_max (выход ПИДрег. Iq(Ud)) [5091.03]	Выход регулятора – ограничение тока по оси q, А.	наблюдаемый
Iq_max (макс ПИДрег. Iq(Ud)) [5091.04]	Верхнее ограничение выхода регулятора ограничения тока по оси d, А. Рассчитывается по ограничению действующего тока двигателя (см. выше п.4.2) и заданию тока по оси d.	наблюдаемый
Iq_min (мин ПИДрег. Iq(Ud)) [5091.05]	Нижнее ограничение выхода регулятора ограничения тока по оси d, А.	0.0 А
Пропорц. коэфф. Kp [5091.06]	Пропорциональный коэффициент регулятора ограничения тока по оси q.	0.01
Интегральный коэфф. Ki [5091.07]	Интегральный коэффициент регулятора ограничения тока по оси q.	0.04
Дифф. коэфф. Kd [5091.08]	Дифференциальный коэффициент регулятора ограничения тока по оси q.	0.0
Интегр.корректир.коэффициент [5091.09]	Интегральный корректирующий коэффициент регулятора ограничения тока по оси q.	0.5
Вых.Интегр. [5091.0A]	Выход интегральной части регулятора ограничения тока по оси q, В.	наблюдаемый

#### 4.19. Обход резонансных зон

В данной группе расположены настройки модуля обхода резонансных зон, позволяющего исключить работу двигателя в зоне резонансных скоростей. Количество зон настраивается – от нуля (отключено) до трёх.

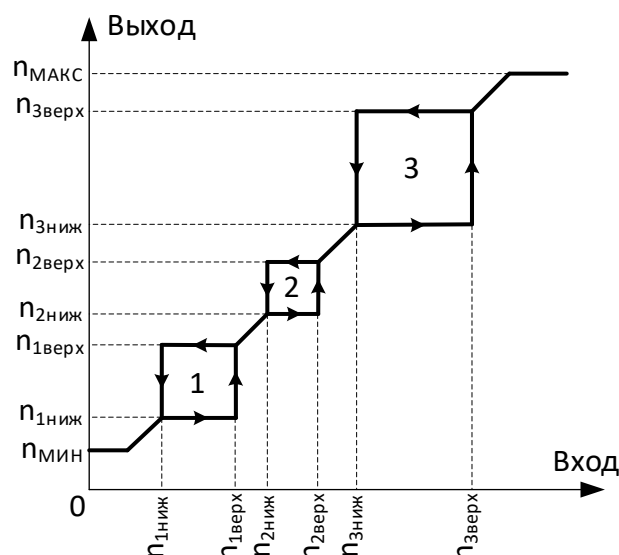


Рисунок 9 – Обход резонансных зон

Модуль также выполняет функцию ограничения скорости снизу/сверху.

Задание на вход модуля подаётся от выбранного источника управления. Выход модуля далее подаётся на вход датчика интенсивности (см. выше п.4.16/4.17). Выход ЗИ является финальным (окончательным) заданием, которое непосредственно обрабатывается двигателем.

Параметр	Описание	Значение по умолчанию
Вход [5015.01]	Задание скорости на входе, об/мин.	наблюдаемый
Выход [5015.02]	Задание скорости на выходе, об/мин.	наблюдаемый
Зон включено [5015.03]	Количество включенных резонансных зон от 0 до 3.	0
Зона 1 - нижняя граница [5015.04]	Нижняя граница 1-й зоны, об/мин.	100 об/мин
Зона 1 - верхняя граница [5015.05]	Верхняя граница 1-й зоны, об/мин.	130 об/мин
Зона 2 - нижняя граница [5015.06]	Нижняя граница 2-й зоны, об/мин.	300 об/мин
Зона 2 - верхняя граница [5015.07]	Верхняя граница 2-й зоны, об/мин.	330 об/мин
Зона 3 - нижняя граница [5015.08]	Нижняя граница 3-й зоны, об/мин.	700 об/мин
Зона 3 - верхняя граница [5015.09]	Верхняя граница 3-й зоны, об/мин.	730 об/мин
Минимальная скорость [5015.0A]	Нижнее ограничение скорости, об/мин.	0 об/мин
Максимальная скорость [5015.0B]	Верхнее ограничение скорости, об/мин.	1000 об/мин

#### 4.20. Рекуперация ЗПТ

В данной группе расположены настройки алгоритма ограничения токов при рекуперации энергии торможения в ЗПТ. Алгоритм включается параметром "Настройки СУ --> Разрешение рекуперации [5110.01]". Если ограничение выключено, то при торможении двигателя повышение напряжения на ЗПТ никак не будет ограничиваться, вплоть до срабатывания защиты.

Параметр	Описание	Значение по умолчанию
Макс. напр. ЗПТ при рекуперации [5B15.01]	Максимально допустимое напряжение ЗПТ при рекуперации, В. При превышении этого порога коэффициент ограничения (см. ниже) становится равным нулю.	1080 В
Дельта напр. ЗПТ при рекуперации [5B15.02]	Дельта, отсчитываемая вниз от максимального напряжения (см. параметр выше), В. Определяет порог напряжения ЗПТ, начиная с которого начнётся снижение коэффициента ограничения (см. ниже) от 1 до нуля.	30 В
К ограничения макс. Udc текущий [5B15.03]	В режиме частотно-токового управления на данный коэффициент умножается задание тока по оси d. В режиме векторного управления на данный коэффициент умножается либо верхнее (при разгоне), либо нижнее (при торможении) ограничение выхода регулятора скорости.  Как только напряжение ЗПТ поднимается до уставки [Uзпт.макс – ΔU] (см. два параметра выше), коэффициент начинает снижаться от 1 до нуля.	наблюдаемый

#### 4.21. Температуры (АЦП)

В данной группе расположены настройки АЦП по каналам измерения температур.

Параметр	Описание	Значение по умолчанию
Канал измерения температуры фазы U инвертора		
Температура стойки U инвертора [3A05.01]	Величина сигнала на входе канала, В.	наблюдаемый
Коэффициент усиления [3A05.02]	Коэффициент усиления канала, В.	3.0 В
Смещение [3A05.03]	Смещение нуля канала измерения.	0
Канал измерения температуры фазы V инвертора		
Температура стойки V инвертора [3A05.04]	Величина сигнала на входе канала, В.	наблюдаемый
Коэффициент усиления [3A05.05]	Коэффициент усиления канала, В.	3.0 В
Смещение [3A05.06]	Смещение нуля канала измерения.	0
Канал измерения температуры фазы W инвертора		
Температура стойки W инвертора [3A05.07]	Величина сигнала на входе канала, В.	наблюдаемый
Коэффициент усиления [3A05.08]	Коэффициент усиления канала, В.	3.0 В
Смещение [3A05.09]	Смещение нуля канала измерения.	0
Канал измерения температуры модуля TP		
Температура модуля TP [3A05.0A]	Величина сигнала на входе канала, В.	наблюдаемый
Коэффициент усиления [3A05.0B]	Коэффициент усиления канала, В.	3.0 В
Смещение [3A05.0C]	Смещение нуля канала измерения.	0
Канал измерения температуры воздуха		
Температура воздуха [3A05.0D]	Величина сигнала на входе канала, В.	наблюдаемый
Коэффициент усиления [3A05.0E]	Коэффициент усиления канала, В.	3.0 В
Смещение [3A05.0F]	Смещение нуля канала измерения.	0
Канал измерения температуры платы		
Температура платы [3A05.10]	Величина сигнала на входе канала, В.	наблюдаемый
Коэффициент усиления [3A05.11]	Коэффициент усиления канала, В.	3.0 В
Смещение [3A05.12]	Смещение нуля канала измерения.	0
Значения регистров АЦП контроллера по каналам измерения температур		
Температура стойки U инвертора [3A06.01]	Значение регистра АЦП контроллера	наблюдаемый
Температура стойки V инвертора [3A06.02]	Значение регистра АЦП контроллера	наблюдаемый
Температура стойки W инвертора [3A06.03]	Значение регистра АЦП контроллера	наблюдаемый
Температура модуля тормозного (защитного) резистора [3A06.04]	Значение регистра АЦП контроллера	наблюдаемый
Температура воздуха [3A06.05]	Значение регистра АЦП контроллера	наблюдаемый
Температура платы [3A06.06]	Значение регистра АЦП контроллера	наблюдаемый

#### 4.22. Температуры

В данной группе отображаются значения температур.

Параметр	Описание	Значение по умолчанию
Макс. температура ключей [3A07.01]	Максимальная из температур всех силовых ключей инвертора, °С.	наблюдаемый
Температура стойки U инвертора [3A07.02]	Температура фазы U инвертора, °С.	наблюдаемый
Температура стойки V инвертора [3A07.03]	Температура фазы V инвертора, °С.	наблюдаемый

Параметр	Описание	Значение по умолчанию
Температура стойки W инвертора [3A07.04]	Температура фазы W инвертора, °С.	наблюдаемый
Постоянная времени фильтра температур [3A07.05]	Коэффициент $K_{\Phi}$ , определяющий постоянную времени программного фильтра сигналов температур: $T_{\Phi} = 0.001 / K_{\Phi}$ , сек. (чем меньше значение данного параметра, тем сильнее фильтрация)	0.001 ( $T_{\Phi} = 1$ сек)
Температура модуля тормозного (защитного) резистора [3A07.06]	Температура модуля TP, °С.	наблюдаемый
Температура воздуха [3A07.06]	Температура воздуха, °С.	наблюдаемый
Температура платы [3A07.07]	Температура платы, °С.	наблюдаемый

#### 4.23. Регулятор технологического параметра

ПИД-регулятор для управления технологическим параметром. В качестве обратной связи регулятора используется сигнал, измеренный внешним датчиком, выходом регулятора является задание скорости электродвигателя.

Настройки ПИД-регулятора технологического параметра, использующегося в режиме векторного управления.

Параметр	Описание	Значение по умолчанию
Скорость зад. [5021.01]	Задание скорости на входе, об/мин.	наблюдаемый
Скорость тек. [5021.02]	Текущее значение скорости (обратная связь) на входе, об/мин.	наблюдаемый
Пропорц. коэфф. $K_p$ [5021.03]	Пропорциональный коэффициент усиления.	16
Максимум выхода [5021.04]	Верхнее ограничение выхода*, А.	наблюдаемый
Минимум выхода [5021.05]	Нижнее ограничение выхода*, А.	наблюдаемый
Выход регулятора [5021.06]	Выход регулятора, А.	наблюдаемый
Интегральный коэфф. $K_i$ [5021.07]	Интегральный коэффициент.	0.001
Дифф. коэфф. $K_d$ [5021.08]	Дифференциальный коэффициент.	0
Вых.Интегр. [5021.09]	Выход интегральной части, А.	наблюдаемый
Интегр.корректир.коэффициент [5021.0A]	Интегральный корректирующий коэффициент.	0.5

#### 4.24. БВУ

Данная группа параметров содержит настройки режима бездатчикового векторного управления двигателем (см. выше п.3.7), в частности, так называемого наблюдателя (SMO – Sliding Mode Observer) и модуля фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ) – синусно-косинусного фильтра), оценивающего угол/скорость потокосцепления ротора относительно неподвижных осей статора  $\alpha/\beta$ :

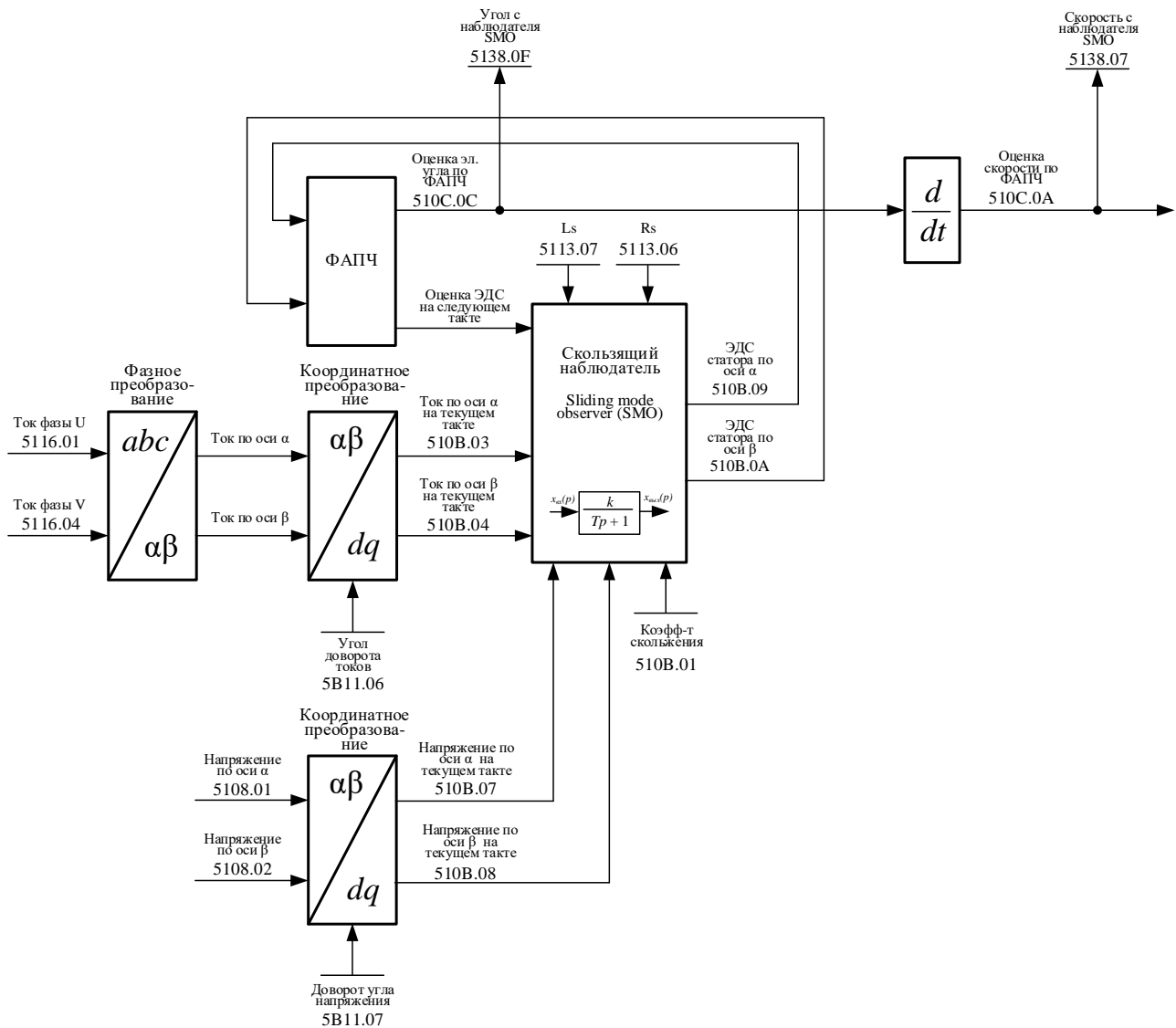


Рисунок 10 – Функциональная схема наблюдателя (SMO)

Параметр	Описание	Значение по умолчанию
smo.Коэфф. скольжения [510B.01]	Коэффициент усиления, на который умножаются разницы токов осей $\alpha$ и $\beta$ при расчёте ЭДС осей $\alpha$ и $\beta$ . Влияет на колебательность наблюдателя: чем он выше, тем устойчивее. Не должен превышать 1.	0.2
Частота перехода на SMO [510B.02]	Пуск двигателя осуществляется в режиме частотно-токового управления. При достижении скорости, определяемой данным параметром, осуществляется переход в режим бездатчикового векторного управления (и обратно).	50 об/мин
smo.isalfa [510B.03]	Ток по оси $\alpha$ на текущем такте, А.	наблюдаемый
smo.isbeta [510B.04]	Ток по оси $\beta$ на текущем такте, А.	наблюдаемый
smo.isalfae [510B.05]	Наблюдаемый ток по оси $\alpha$ на текущем такте, А.	наблюдаемый
smo.isbetae [510B.06]	Наблюдаемый ток по оси $\beta$ на текущем такте, А.	наблюдаемый
Ualpha [510B.07]	Напряжение статора по оси $\alpha$ на текущем такте, В.	наблюдаемый
Ubeta [510B.08]	Напряжение статора по оси $\beta$ на текущем такте, В.	наблюдаемый

Параметр	Описание	Значение по умолчанию
smo.esalfa [510B.09]	ЭДС статора по оси $\alpha$ на текущем такте, В.	наблюдаемый
smo.esbeta [510B.0A]	ЭДС статора по оси $\beta$ на текущем такте, В.	наблюдаемый
<b>Настройки модуля ФАПЧ (синусно-косинусного фильтра)</b>		
Xalfa [510C.01]	Сигнал по оси $\alpha$ на входе, отн.ед. По сути это ЭДС статора – значение параметра «smo.esalfa [510B.09]» (см. выше).	наблюдаемый
Xbeta [510C.02]	Сигнал по оси $\beta$ на входе, отн.ед. По сути это ЭДС статора – значение параметра «smo.esbeta [510B.0A]» (см. выше).	наблюдаемый
XalfaE [510C.03]	Расчётный (по модели) сигнал по оси $\alpha$ , отн.ед.	наблюдаемый
XbetaE [510C.04]	Расчётный (по модели) сигнал по оси $\beta$ , отн.ед.	наблюдаемый
К быстрогодействия фильтра угла [510C.05]	Коэффициент быстрогодействия фильтра угла. Чем меньше его значение, тем сильнее фильтруется входной сигнал синусно-косинусного фильтра угла, и тем стабильнее работает ФАПЧ, но это увеличивает погрешность при большой динамике входного сигнала.	0.05
К быстрогодействия фильтра скорости [510C.06]	Коэффициент быстрогодействия фильтра скорости. Чем меньше его значение, тем сильнее фильтруется сигнал скорости.	1.0
Уровень помех [510C.07]	Уровень амплитуды входного сигнала, ниже которого оценка скорости обнулится, отн.ед.	0.003
Коэф. авто. подст. ампл. [510C.08]	Коэффициент расчёта амплитуды входного сигнала. Определяет скорость списывания фильтра амплитуды – чем больше значение, тем быстрее списывается. Настраивается по осциллограмме параметра «U_ампл [510C.09]» (см. ниже).	0.001
U_ампл [510C.09]	Расчётная (по модели) амплитуда сигнала, отн.ед.	наблюдаемый
Скорость [510C.0A]	Оценка скорости, об/мин.	наблюдаемый
Производная [510C.0B]	Производная скорости за один период расчёта, Гц.	наблюдаемый
ЭлУгол [510C.0C]	Оценка электрического угла, град.	наблюдаемый
СмещУгол [510C.0D]	Смещение электрического угла, град.	0 град

#### 4.25. Настройки СУ

Параметр	Описание	Значение по умолчанию
Разрешение рекуперации [5110.01]	Флаг включения алгоритма ограничения токов при рекуперации энергии торможения в ЗПТ (см. выше п.4.20).	1
АЦП авто смещ. [5110.02]	Флаг включения алгоритма автоматической подстройки нулевых смещений каналов измерения фазных токов и входных линейных напряжений (см. выше п.4.9).	0

Параметр	Описание	Значение по умолчанию
Огранич.Автосмещ. [5110.03]	Ограничение величины нулевого смещения каналов измерения фазных токов и входных линейных напряжений (см. параметр выше). Если смещение превышает заданное ограничение, то выставляется соответствующее предупреждение (ибо это может свидетельствовать о неисправности цепи измерения аналогового сигнала).	2000
Ограничивать Id в функции скорости [5110.04]	Если флаг включен (1), то в векторном режиме управления задание на ток по оси d определяется зависимостью от скорости – см. ниже п.4.31. Данный параметр менее приоритетный, чем параметр "Рег. ослабления поля (Id) [5110.05]" (см. ниже).*	0
Рег. ослабления поля (Id) [5110.05]	Если флаг включен (1), то в векторном режиме управления задание на ток по оси d определяется модулем ослабления поля – см. выше п.4.18. Данный параметр более приоритетный, чем параметр "Ограничивать Id в функции скорости [5110.04]" (см. выше).*	1
Режим работы [5110.06]	3: скалярное управление; 4: частотно-токовое управление; 5: векторное датчиковое управление с регулятором скорости; 6: векторное бездатчиковое управление с регулятором скорости; 18: тестирование силовых ключей; 25: идентификация параметров двигателя.	3
Автоогран. рег-ов тока [5110.07]	Способ ограничения выходов регуляторов токов по осям d/q (см. выше п.4.3): 1: в двигательном режиме ограничения регулятора тока d определяются только напряжением ЗПТ, а тока q – напряжением ЗПТ и выходом регулятора тока d; в генераторном режиме – наоборот: ограничения регулятора тока q определяются только напряжением ЗПТ, а тока d – напряжением ЗПТ и выходом регулятора тока q; 2: верхнее/нижнее ограничения определяются только величиной напряжения ЗПТ, симметрично относительно нуля; 3: ограничения регулятора тока d определяются только напряжением ЗПТ, а тока q – напряжением ЗПТ и выходом регулятора тока d.	1
Сменить NodeID CAN [5110.08]	Запись 1 в этот параметр вызывает смену сетевого адреса контроллера ПЧ в сети CAN на случайное число.	0
Авария когда нет связи с NordDrive [5110.09]	Флаг включения защиты при обрыве связи с программой NordDrive по интерфейсу CAN.	0
f <sub>шим</sub> = f(i/t) [5110.0A]	Если флаг включен (1), то осуществляется изменение частоты ШИМ в зависимости от величины тока статора двигателя (см. ниже п.4.32).	0

Параметр	Описание	Значение по умолчанию
Задержка компенсации Ud [5110.0B]	Если флаг включен (1), то при компенсации изменения напряжения ЗПТ используется не мгновенное, а фильтрованное значение напряжения ЗПТ (см. выше п.4.11, параметр "ШИМ --> Коэф. компенсации Ud [5108.08]").	1
Управление по CAN [5110.0C]	Разрешить приём команд «Пуск» и «Синхронизировать» по интерфейсу CAN (от программы NordDrive).	1
Управление с ПУ [5110.0D]	Разрешить приём команд «Пуск» и «Синхронизировать» от панели управления (НМИ).	0
Управление через ModBus [5110.0E]	Разрешить приём команд «Пуск» и «Синхронизировать» по протоколу Modbus от СУ верхнего уровня.	0
Разрешённые источники управления [5110.0F]	Три предыдущих параметра, отображаемые в виде двоичных флагов.	001b
Включить авто идент. параметров [5110.10]	Позволяет запустить 25 режим работы [5110.06] для автоматического определения параметров электродвигателя.	0
Вкл. автоподстройку рег. тока [5110.11]	Автоматическая настройка коэффициентов регуляторов тока в зависимости от частоты ШИМ, Rs и Ls.	0
Вкл. плавную смену fШИМ [5110.12]	Разрешение плавного изменения частоты ШИМ во время работы электродвигателя.	0
Температура выкл. вент. охл. [5110.13]	Уставка температуры инвертора (считается, как максимальная температура ключей по трем стойкам) при которой отключается вентилятор охлаждения, °C.	50 °C
Время выкл. вент. охл., с [5110.14]	Минимальное время, после которого отключаются вентиляторы охлаждения при остановке двигателя, с. Для отключения вентиляторов охлаждения необходимо выполнение двух условий: после остановки двигателя должно пройти минимальное заданное время, и температура инвертора должна опуститься ниже уставки [5110.13].	10 с
ДПП – SSI [5110.15]	Выбор типа ДПП: 0 – инкрементальный энкодер; 1 – SSI энкодер.	0
Подхват [5110.16]	Разрешение режима «подхвата», при котором осуществляется запуск АД «на вращающийся двигатель».	0

\* Если оба флага – «Ограничивать Id в функции скорости [5110.04]» и «Рег. ослабления поля (Id) [5110.05]» – равны нулю, то задание тока по оси d определяется параметром "ЗАДАНИЯ --> Мин. ток оси d [5112.0C]".

Команды «Стоп» и «Сброс аварии» обрабатываются всегда от любого источника, даже если он запрещён. Если команда «Стоп» длится (активна) более двух секунд, то это воспринимается, как команда «Сброс аварии».

Задание скорости принимается от того источника, от которого поступила команда «Пуск».

#### 4.26. Дискретные входы/выходы

Параметр	Описание	Значение по умолчанию
Состояние [5115.01]	Битовые флаги состояния дискретных входов. Нулевой бит (крайний правый) соответствует дискретному входу 1.	наблюдаемый
Маска [5115.02]	Битовая маска запрещения/разрешения обработки внешних дискретных сигналов. Установленный в единицу бит означает, что соответствующий дискретный вход будет обрабатываться. Нулевой бит (крайний правый) соответствует дискретному входу 1.	111111
Постоянная времени фильтра [5115.03]	Постоянная времени фильтра дискретных входов, сек.	0.03 сек
ON-порог дискретного входа [5115.04]	Верхний порог детектирования состояния дискретного входа (по выходу фильтра).	0.9
OFF-порог дискретного входа [5115.05]	Нижний порог детектирования состояния дискретного входа (по выходу фильтра).	0.2
Вентилятор [5115.06]	Состояния выхода, управляющего включением вентилятора.	наблюдаемый

#### 4.27. Температуры (АЦП)

В данной группе расположены настройки АЦП по каналам измерения температур.

Параметр	Описание	Значение по умолчанию
Канал измерения температуры фазы U инвертора		
Температура стойки U инвертора [3A05.01]	Величина сигнала на входе канала, В.	наблюдаемый
Коэффициент усиления [3A05.02]	Коэффициент усиления канала, В.	3.0 В
Смещение [3A05.03]	Смещение нуля канала измерения.	0
Канал измерения температуры фазы V инвертора		
Температура стойки V инвертора [3A05.04]	Величина сигнала на входе канала, В.	наблюдаемый
Коэффициент усиления [3A05.05]	Коэффициент усиления канала, В.	3.0 В
Смещение [3A05.06]	Смещение нуля канала измерения.	0
Канал измерения температуры фазы W инвертора		
Температура стойки W инвертора [3A05.07]	Величина сигнала на входе канала, В.	наблюдаемый
Коэффициент усиления [3A05.08]	Коэффициент усиления канала, В.	3.0 В
Смещение [3A05.09]	Смещение нуля канала измерения.	0
Канал измерения температуры модуля TP		
Температура модуля TP [3A05.0A]	Величина сигнала на входе канала, В.	наблюдаемый
Коэффициент усиления [3A05.0B]	Коэффициент усиления канала, В.	3.0 В
Смещение [3A05.0C]	Смещение нуля канала измерения.	0
Канал измерения температуры воздуха		
Температура воздуха [3A05.0D]	Величина сигнала на входе канала, В.	наблюдаемый
Коэффициент усиления [3A05.0E]	Коэффициент усиления канала, В.	3.0 В
Смещение [3A05.0F]	Смещение нуля канала измерения.	0
Канал измерения температуры платы		

Параметр	Описание	Значение по умолчанию
Температура платы [3A05.10]	Величина сигнала на входе канала, В.	наблюдаемый
Коэффициент усиления [3A05.11]	Коэффициент усиления канала, В.	3.0 В
Смещение [3A05.12]	Смещение нуля канала измерения.	0
<b>Значения регистров АЦП контроллера по каналам измерения температур</b>		
Температура стойки U инвертора [3A06.01]	Значение регистра АЦП контроллера	наблюдаемый
Температура стойки V инвертора [3A06.02]	Значение регистра АЦП контроллера	наблюдаемый
Температура стойки W инвертора [3A06.03]	Значение регистра АЦП контроллера	наблюдаемый
Температура модуля тормозного (защитного) резистора [3A06.04]	Значение регистра АЦП контроллера	наблюдаемый
Температура воздуха [3A06.05]	Значение регистра АЦП контроллера	наблюдаемый
Температура платы [3A06.06]	Значение регистра АЦП контроллера	наблюдаемый

#### 4.28. Температуры

В данной группе отображаются значения температур.

Параметр	Описание	Значение по умолчанию
Макс. температура ключей [3A07.01]	Максимальная из температур всех силовых ключей инвертора, °С.	наблюдаемый
Температура стойки U инвертора [3A07.02]	Температура фазы U инвертора, °С.	наблюдаемый
Температура стойки V инвертора [3A07.03]	Температура фазы V инвертора, °С.	наблюдаемый
Температура стойки W инвертора [3A07.04]	Температура фазы W инвертора, °С.	наблюдаемый
Постоянная времени фильтра температур [3A07.05]	Коэффициент $K_{\Phi}$ , определяющий постоянную времени программного фильтра сигналов температур: $T_{\Phi} = 0.001 / K_{\Phi}$ , сек. (чем меньше значение данного параметра, тем сильнее фильтрация)	0.001 ( $T_{\Phi} = 1$ сек)
Температура модуля тормозного (защитного) резистора [3A07.06]	Температура модуля ТР, °С.	наблюдаемый
Температура воздуха [3A07.06]	Температура воздуха, °С.	наблюдаемый
Температура платы [3A07.07]	Температура платы, °С.	наблюдаемый

#### 4.29. Служебные параметры СУ

Параметр	Описание	Значение по умолчанию
sm_state [5160.01]	Служебная переменная.	наблюдаемый
Статус ПЧ [5160.02]	Текстовое обозначение статуса ПЧ (он же отображается на панели управления программы NordDrive).	наблюдаемый

Параметр	Описание	Значение по умолчанию
drv_status_code [5160.03]	Статусные флаги (0-й бит – крайний справа):	
	Бит	Описание
	0	Готов
	1	Работа (двигатель вращается)
	2	Авария
	3	Предупреждение
	4	Тестирование
5	Предупреждение о скором перегреве	
Состояние cmd [5160.04]	Текстовое обозначение состояния главного дискретного автомата.	наблюдаемый
Перезагрузка [5160.05]	Запись 1 в этот параметр вызывает программную перезагрузку контроллера ПЧ.	0

### 4.30. ВУ АД

В данной группе расположены настройки режима векторного управления двигателем.

Параметр	Описание	Значение по умолчанию
Пост. времени ротора [5B11.01]	Постоянная времени ротора двигателя*, сек.	1.2 сек
Поток ротора по оси D [5B11.02]	Поток ротора по оси d, приведённый к A.	наблюдаемый
Поток ротора по оси Q [5B11.03]	Поток ротора по оси q, приведённый к A.	наблюдаемый
Угол потока ротора в осях ротора [5B11.04]	Угол потока ротора в осях d/q, эл. град. (угол потока ротора относительно ротора)	наблюдаемый
Доворот угла park (токи) [5B11.05]	Коэффициент доворота угла при координатном преобразовании значений токов из осей $\alpha/\beta$ в оси d/q. Получившийся доворот угла в эл. градусах отображается параметром ниже.	0.0
Доворот угла park (токи) [5B11.06]	Доворота угла при координатном преобразовании значений токов из осей $\alpha/\beta$ в оси d/q, эл.град.	наблюдаемый
Доворот угла ipark (напряжения) [5B11.07]	Коэффициент доворота угла при обратном координатном преобразовании заданий напряжения из осей d/q в оси $\alpha/\beta$ . Получившийся доворот угла в эл. градусах отображается параметром ниже.	1.2
Доворот угла ipark (напряжения) [5B11.08]	Доворот угла при обратном координатном преобразовании заданий напряжения из осей d/q в оси $\alpha/\beta$ , эл.град.	наблюдаемый
Ток по оси Q фильтрованный [5B11.09]	Ток по оси q (фильтрованный), A.	наблюдаемый
Theta_SMO [5B11.0A]	Оценка электрического угла потока ротора относительно осей статора $\alpha/\beta$ , град. Вычисляется наблюдателем (SMO) и используется при бездатчиковом векторном управлении.	наблюдаемый

Параметр	Описание	Значение по умолчанию
Theta_DPR [5B11.0B]	Электрический угол положения ротора относительно статора, полученный от выбранного ДПР, град.	наблюдаемый
Theta_DPR_OBS [5B11.0C]	Угол потока ротора относительно осей статора $\alpha/\beta$ , град. Вычисляется как сумма угла положения ротора (от ДПР, см. параметр выше) и угла потока ротора относительно ротора (см. выше параметр 5B11.04).	наблюдаемый
Ток по оси D [5B11.0D]	Текущее значение тока по оси d, А.	наблюдаемый
Ток по оси Q [5B11.0E]	Текущее значение тока по оси q, А.	наблюдаемый

\* Для автоматического определения постоянной времени ротора можно использовать соответствующий режим идентификации параметров двигателя (см. выше п.3.6).

### 4.31. $I_{d\_max}(n)$

В данной группе расположены настройки зависимости задания тока по оси d от скорости двигателя. Данная зависимость используется при векторном управлении, если это разрешено параметром "Настройки СУ --> Ограничивать Id в функции скорости [5110.04]" (см. выше п.4.25).

Зависимость задана шестью опорными точками с линейной интерполяцией между ними.

Параметр	Описание	Значение по умолчанию
n0 [5A1A.01]	Точка 0 (скорость → задание тока).	0 об/мин
I_0 [5A1A.02]		120 А
n1 [5A1A.03]	Точка 1 (скорость → задание тока).	920 об/мин
I_1 [5A1A.04]		102 А
n2 [5A1A.05]	Точка 2 (скорость → задание тока).	1000 об/мин
I_2 [5A1A.06]		96 А
n3 [5A1A.07]	Точка 3 (скорость → задание тока).	1170 об/мин
I_3 [5A1A.08]		90 А
n4 [5A1A.09]	Точка 4 (скорость → задание тока).	1420 об/мин
I_4 [5A1A.0A]		78 А
n5 [5A1A.0B]	Точка 5 (скорость → задание тока).	2000 об/мин
I_5 [5A1A.0C]		50 А

### 4.32. $f_{шии} = f(i/t)$

В данной группе расположены настройки алгоритма автоматического выбора частоты ШИМ в зависимости от тока и температуры. Выбор одного из трёх значений частоты ШИМ определяется двумя опорными входными точками, с гистерезисом (на примере тока):

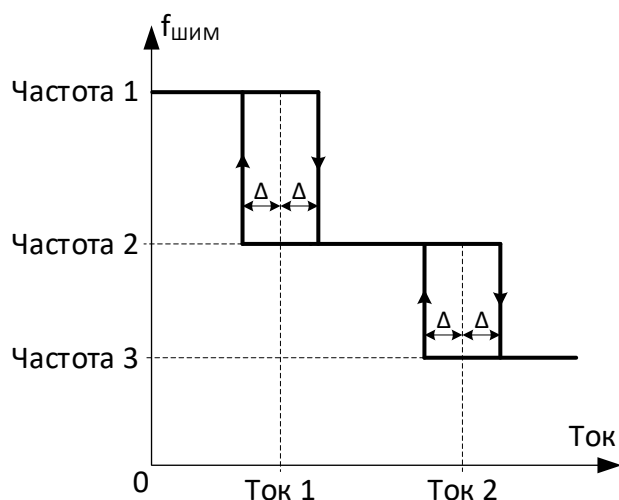


Рисунок 11 – Выбор частоты ШИМ в зависимости от тока

Если ток двигателя меньше значения «Ток 1», то в качестве частоты ШИМ выбирается значение «Частота 1». Если величина тока находится между значениями «Ток 1» и «Ток 2», то выбирается «Частота 2». Если ток больше значения «Ток 2» – выбирается «Частота 3». При этом относительно значений «Ток 1» и «Ток 2» имеется зона гистерезиса с настраиваемой (полу)шириной  $\Delta$ . В качестве тока двигателя используется максимальное из трёх значений действующих фазных токов.

Аналогично выбирается частота ШИМ в зависимости от температуры. В качестве температуры используется максимальная из температур ключей инвертора и радиатора выпрямителя.

В качестве итоговой частоты ШИМ используется минимальное значение из двух, полученных по току и по температуре.

Параметр	Описание	Значение по умолчанию
Включено [5A1B.01]	Флаг разрешения автоматического выбора частоты ШИМ (1 – разрешено). Дублирует параметр "Настройки СУ --> $f_{\text{шим}} = f(i/t)$ [5110.0A]" (см. п.4.25).	0
Ток [5A1B.02]	Текущее значение действующего тока двигателя, по которому осуществляется выбор частоты ШИМ, А.	наблюдаемый
Ток 1 [5A1B.03]	Первая опорная точка по току двигателя, А.	180 А
Ток 2 [5A1B.04]	Вторая опорная точка по току двигателя, А.	420 А
Гистерезис по току [5A1B.05]	(Полу)ширина зоны гистерезиса относительно опорных точек по току, А.	30 А
Частота ШИМ [1] [5A1B.06]	Частота ШИМ, выбираемая при значении тока меньше, чем опорная точка «Ток 1», кГц.	4.0 кГц
Частота ШИМ [2] [5A1B.07]	Частота ШИМ, выбираемая при значениях тока от «Ток 1» до «Ток 2», кГц.	2.0 кГц
Частота ШИМ [3] [5A1B.08]	Частота ШИМ, выбираемая при значении тока больше, чем опорная точка «Ток 2», кГц.	1.0 кГц
Температура [5A1B.09]	Текущее значение температуры, по которому осуществляется выбор частоты ШИМ, А.	наблюдаемый
Температура [1] [5A1B.0A]	Первая опорная точка по температуре, °С.	60 °С

Параметр	Описание	Значение по умолчанию
Температура [2] [5A1B.0B]	Вторая опорная точка по температуре, °С.	80 °С
Гистерезис по температуре [5A1B.0C]	(Полу)ширина зоны гистерезиса относительно опорных точек по температуре, °С.	5 °С
Частота ШИМ [1] [5A1B.0D]	Частота ШИМ, выбираемая при значении температуры меньше, чем опорная точка «Температура [1]», кГц.	4.0 кГц
Частота ШИМ [2] [5A1B.0E]	Частота ШИМ, выбираемая при значениях температуры от «Температура [1]» до «Температура [2]», кГц.	2.0 кГц
Частота ШИМ [3] [5A1B.0F]	Частота ШИМ, выбираемая при значении температуры больше, чем опорная точка «Температура [2]», кГц.	1.0 кГц
Частота ШИМ [5A1B.10]	Текущая частота ШИМ, кГц.	наблюдаемый

### 4.33. Статистика

Параметр	Описание	Значение по умолчанию
Время запитанного сост. ПЧ, м [513F.01]	Время, в течение которого на ПЧ было подано приборное питание 24В, мин.	наблюдаемый
Время работы ПЧ, мин [513F.02]	Время, в течение которого был включен двигатель, мин.	наблюдаемый

### 4.34. Тестирование

В данной группе расположены параметры, отвечающие за режим тестирования силовых ключей инвертора.

Для перехода в режим тестирования ключей необходимо установить параметр "Настройки СУ --> Режим работы [5110.06]" в значение 18. Режим запускается/останавливается кнопками Пуск/Стоп.

Параметр	Описание	Значение по умолчанию
Номер силового ключа [5109.01]	0 – ключи выключены 1 – верхний ключ стойки фазы U 2 – нижний ключ стойки фазы U 3 – верхний ключ стойки фазы V 4 – нижний ключ стойки фазы V 5 – верхний ключ стойки фазы W 6 – нижний ключ стойки фазы W 7 – ключ тормозного резистора 12 – верхний/нижний ключи стойки фазы U 34 – верхний/нижний ключи стойки фазы V 56 – верхний/нижний ключи стойки фазы W	0
Скважность [5109.02]	Скважность сигнала управления на тестируемом ключе, %.	50 %
GammaA [5109.03]	Скважность в тиках таймера ШИМ	наблюдаемый

### 4.35. Определение параметров

В данной группе расположены настройки режима автоматического определения параметров двигателя (см. выше п.3.6). Режим выбирается параметром "Настройки СУ --> Режим работы [5110.06]".

Параметр	Описание	Значение по умолчанию
Кол-во выборок [5B22.01]	Кол-во точек записанного переходного процесса	наблюдаемый
Время между сэмплами [5B22.02]	Время дискретизации записанного переходного процесса	наблюдаемый
Статус идентификации параметров [5B22.03]	0 – норма; 1 – переданы неверные настройки; 2 – недостоверный результат; 3 – переходной процесс не достиг установившегося значения; 4 – переходной процесс начинается не из 0; 5 – слишком много итераций при идентификации; 6 – таймаут определения параметров; 7 – слишком большое напряжение при определении мертвого времени (ток не появился); 8 – был использован тип ШИМ FLY. Нужно выбрать 12-ти секторный тип ШИМ или 6-ти секторный.	наблюдаемый
Параметры готовы [5B22.04]	Флаг окончания определения параметров двигателя.	наблюдаемый
Таймер [5B22.05]	Счетчик для замера таймаута при идентификации параметров.	наблюдаемый
Разрешить изменение частоты сэмплирования [5B22.06]	Флаг разрешения автоматической настройки таймингов и заданий при идентификации.	наблюдаемый
Делиметр [5B22.07]	Делитель времени дискретизации для выбора точек переходного процесса тока относительно частоты ШИМ. Подбирается автоматически, если установлен флаг «Включить авто идент. параметров» [5110.10] в группе параметров «Настройки СУ».	0
Заданная точность [5B22.08]	Расхождение теоретического переходного процесса (в %) и реального к которому стремится расчет	5%

Параметр	Описание	Значение по умолчанию
Заданный ток идентификации [5B22.09]	Постоянный ток при идентификации параметров. Рассчитывается на основании номинального тока двигателя, если установлен флаг «Включить авто идент. параметров» [5110.10] в группе параметров «Настройки СУ».	0
Заданный ток определения Rs [5B22.0A]	Постоянный ток для определения сопротивления статора. Рассчитывается на основании номинального тока двигателя, если установлен флаг «Включить авто идент. параметров» [5110.10] в группе параметров «Настройки СУ».	0
Время намагничивания при идентификации, мс [5B22.0B]	Время намагничивания при идентификации. Подбирается автоматически, если установлен флаг «Включить авто идент. параметров» [5110.10] в группе параметров «Настройки СУ».	10000 мс
Таймаут идентификации, мс [5B22.0C]	Максимальное время при идентификации. Подбирается автоматически, если установлен флаг «Включить авто идент. параметров» [5110.10] в группе параметров «Настройки СУ».	100000 мс
Заданное время паузы, мс [5B22.0D]	Время паузы между этапа идентификации. Подбирается автоматически, если установлен флаг «Включить авто идент. параметров» [5110.10] в группе параметров «Настройки СУ».	1000 мс
Заданное кол-во точек [5B22.0E]	Заданное кол-во точек для записи переходного процесса тока.	4000
Максимальное $U_{\alpha}$ при определении МВ [5B22.0F]	Максимальное напряжение при определении мертвого времени. Подбирается автоматически на основании номинального напряжения двигателя, если установлен флаг «Включить авто идент. параметров [5110.13]»	0

#### 4.36. Определение параметров (мониторинг)

Данная группа для служебного пользования. Служит для мониторинга работы алгоритма идентификации параметров электродвигателя.

#### 4.37. Параметры АД

В данной группе отражены параметры двигателя, которые были определены в ходе идентификации (см. раздел 3.6).

Параметр	Описание	Значение по умолчанию
Rs [5B25.01]	Сопротивление статора, Ом	0

Параметр	Описание	Значение по умолчанию
Lambda_r [5B25.02]	Постоянная времени ротора, с	0
Lambda_s_sigma [5B25.03]	Служебная переменная	0
Lambda_r_sigma [5B25.04]	Служебная переменная	0
Sigma [5B25.05]	Служебная переменная	0
Kappa_r [5B25.06]	Служебная переменная	0
Kappa_s [5B25.07]	Служебная переменная	0
Ls [5B25.08]	Полная индуктивность статора, мГн	0
Lr [5B25.09]	Полная индуктивность ротора, мГн	0
Lm [5B25.0A]	Индуктивность намагничивания, мГн	0
Rr [5B25.0B]	Сопротивление ротора, Ом	0

#### 4.38. Modbus (slave)

В данной группе расположены настройки интерфейса связи RS-485. По этому интерфейсу осуществляется взаимодействие устройств внутри ПЧ по протоколу Modbus RTU.

Слейвы – это устройства, которые отвечают на запросы мастера, направленные именно им. В одной сети может находиться один мастер и вплоть до 247 слейвов.

Параметр	Описание	Значение по умолчанию
Скор-ть передачи [5B18.01]	Скорость передачи данных, бит/сек.	19200 бит/сек
Стоповые биты [5B18.02]	Количество стоповых битов.	1 бит
Чётность [5B18.03]	Наличие бита (не)чётности.	Нет чётности
Режим работы драйвера [5B18.04]	режим работы: 0 – слейв; 1 – мастер.	0
Драйвер включён [5B18.05]	Флаг разрешения работы интерфейса.	Да
Автоматический сброс ошибок [5B18.06]	Флаг разрешения автоматического сброса ошибок.	1
Ручной сброс ошибок [5B18.07]	Команда сброса ошибок модуля RS-485.	0
Мин. таймаут между запросами [5B18.07]	Минимальный таймаут (пауза) между запросами к «слейву», мс.	0 мс
Номер узла [5B18.08]	Номер узла в сети. Должен быть в пределах от 1 до 255 (0xFF).	1
Таймаут ожидания 1-ого байта ответа, мс [5B18.09]	Таймаут ожидания ответа от слейва в мс.	1 мс

Параметр	Описание	Значение по умолчанию
Мин. время простоя линии, мс [5B18.0A]	Минимальное время простоя линии. Необходимо, чтобы между прошлым ответом и новым запросом у слейва осталось время на переключение ножки направления посылки.	1 мс
Онлайн [5B18.0B]	Флаг-признак наличия связи (идёт обмен данными).	наблюдаемый
Таймаут онлайн, мс [5B18.0C]	Таймаут наличия связи, мс. Если отсутствие обмена данными длится дольше этого времени – параметр «Онлайн [5B17.0B]» обнуляется.	1000 мс
Успешных запросов [5B18.0D]	Счётчик успешно обработанных запросов.	наблюдаемый
Ошибки словаря: флаги [5B18.0E]	Ошибки словаря, проверяются при инициализации. Если есть хоть одна – драйвер работать не будет: Бит 0. Не задан указатель на модуль порта RS-485 при инициализации; Бит 1. Задан запрещенный режим работы, например, запретили функции мастера, но поставили режим работы «мастер»; Бит 2. Не задан указатель на словарь; Бит 3. Не задан указатель на модуль порта RS-485; Бит 4. Индексы расположены не в порядке возрастания: поиск по словарю будет работать некорректно; Бит 5. Не задан адрес переменной в контроллере; Бит 6. Номер узла слейва больше максимального; Бит 7. Код функции не поддерживается; Бит 8. Широковещательный запрос чтения; Бит 9. Недопустимое количество регистров – задали их число меньше 1; Бит 10. Недопустимое количество регистров – задали число больше того, которое может обработать драйвер; Бит 11. Недопустимый триггер запроса, т.е. не ручная отправка, не отправка по изменению и не по таймеру; Бит 12. Запрос чтения по изменению; Бит 13. Запрос записи массива по изменению. Допустимо писать 1 или 2 Uint16 (для float или Uint32); Бит 14. Слишком малый период запроса; Бит 15. Некорректный указатель на счётчик успешных запросов.	наблюдаемый
Ошибки словаря: индекс объекта [5B18.0F]	Счетчик ошибок, связанных со словарем.	наблюдаемый

Параметр	Описание	Значение по умолчанию
Ошибки RS485: флаги [5B18.10]	Ошибки линии RS485 (аппаратные). Соответствует ошибкам в регистре SCIRXST: Бит 0. Нет; Бит 1. Нет; Бит 2. Ошибка чётности; Бит 3. Переполнение FIFO; Бит 4. Ошибка фрейма. Как правило, отсутствие стоп-бита; Бит 5. Обрыв линии; Бит 6. Нет; Бит 7. Флаг наличия ошибки у приёмника. Выставляется, если есть хотя бы одна ошибка линии RS485.	наблюдаемый
Ошибки RS485: счетчик [5B18.11]	Счетчик аппаратных ошибок RS458.	наблюдаемый
Ошибки фрейма: флаги [5B18.12]	Ошибки пакета: CRC, длина пакета и т.п.: Бит 0. Получившийся таймаут на длину стоп-бит $\geq$ таймаута 3,5 символа; Бит 1. Пришло слишком много байт; Бит 2. Расчётная CRC и CRC пришедшего запроса не совпали; Бит 3. Длина запроса меньше 4 байт; Бит 4. Расчётная CRC и CRC пришедшего ответа не совпали; Бит 5. Нет ответа слейва; Бит 6. Ожидаемая длина ответа отличается от фактической.	наблюдаемый
Ошибки фрейма: счетчик [5B18.13]	Счетчик ошибок, связанных с пакетом данных.	наблюдаемый
Ошибки запроса: флаги [5B18.14]	Ошибки запроса. Первые 4 бита соответствуют кодам возвращаемых мастеру исключений: Бит 0. Запрос обработан успешно. Не является ошибкой; Бит 1. Принятый код функции не может быть обработан; Бит 2. Адрес данных (индекс), указанный в запросе, недоступен; Бит 3. Значение, содержащееся в поле данных запроса, является недопустимой величиной; Бит 4. Неверный номер узла. Неверный номер узла может не быть ошибкой, если в сети есть другие слейвы.	наблюдаемый
Ошибки запроса: счетчик [5B18.15]	Счетчик ошибок, связанных с неверным запросом.	наблюдаемый

Параметр	Описание	Значение по умолчанию
Ошибки ответа: флаги [5B18.16]	<p>Ошибки ответа на запрос:</p> <p>Бит 0. Запрос обработан успешно. По сути, не ошибка, но вот так сделано;</p> <p>Бит 1. Принятый код функции не может быть обработан;</p> <p>Бит 2. Адрес данных (индекс), указанный в запросе, недоступен;</p> <p>Бит 3. Значение, содержащееся в поле данных запроса, является недопустимой величиной;</p> <p>Бит 4. Запросы с нулевым ID слейва - ширококовачательные, и не подразумевают ответа;</p> <p>Бит 5. Ответ не от того узла, который запрашивали;</p> <p>Бит 6. Код функции в ответе не совпадает с запросом;</p> <p>Бит 7. Адрес первого регистра в ответе не совпадает с адресом в запросе;</p> <p>Бит 8. Записанное значение в ответе не совпадает со значением а запросе;</p> <p>Бит 9. Число регистров в ответе не совпадает с числом регистров в запросе;</p> <p>Бит 10. Количество байт данных в ответе не совпадает с заявленным.</p>	наблюдаемый
Ошибки ответа: счетчик [5B18.17]	Счетчик ошибок, связанных с неверным ответом.	наблюдаемый
Загрузка сети [5B18.18]	Загрузка сети, %.	наблюдаемый
Таймаут 3.5 байта, байт [5B18.19]	Фактический таймаут "3.5 байта" после округления, измеряется в числе вызовов быстрой функции расчета драйвера.	наблюдаемый
Таймаут на стоп-биты, бит [5B18.1A]	Фактический таймаут на длину стоп-бит после округления, измеряется в числе вызовов быстрой функции расчета драйвера.	наблюдаемый
Состояние ножек GPIO [5B18.1B]	Состояние ножек порта RS485.	наблюдаемый
Состояние быстрого ДА [5B18.1C]	Служебная переменная.	наблюдаемый
Состояние ДА 1 мс [5B18.1D]	Служебная переменная.	наблюдаемый