

**ЗАО Лаборатория Электроники**

**Руководство по эксплуатации**

**Блок управления коллекторным  
двигателем постоянного тока  
AWD10**

Москва

2012

Данное руководство по эксплуатации предназначено для ознакомления технического персонала с техническими характеристиками, условиями эксплуатации, технического обслуживания и хранения блока управления AWD10 версии 1.4.

## Содержание

1	Описание и работа.....	6
1.1	Назначение.....	6
1.2	Функциональные возможности.....	6
1.3	Технические характеристики.....	7
1.3.1	Габаритные и установочные размеры .....	8
1.4	Устройство блока управления.....	9
1.4.1	Функциональная схема .....	9
1.4.2	Описание разъёмов блока управления .....	10
1.4.3	Схема внутреннего подключения разъёмов.....	12
1.5	Описание работы.....	12
1.5.1	Режимы работы.....	12
1.5.1.1	Режим стабилизации скорости вращения двигателя по уровню противо-ЭДС.....	12
1.5.1.2	Режим стабилизации скорости вращения двигателя с обратной связью от инкрементального энкодера .....	13
1.5.1.3	Режим слежения за внешним аналоговым сигналом .....	13
1.5.1.3.1	Подрежим слежения за внешним аналоговым сигналом .....	13
1.5.1.3.2	Подрежим принудительного управления.....	14
1.5.1.4	Режим ограничения момента на валу двигателя.....	14
1.5.2	Описание функциональных возможностей .....	14
1.5.2.1	Интерфейс связи.....	14
1.5.2.2	Защита от короткого замыкания .....	15
1.5.2.3	Торможение двигателя.....	15
1.5.2.4	Аппаратное ограничение тока двигателя .....	15
1.5.2.5	ПИД-регулирование.....	16
1.5.3	Описание настраиваемых параметров блока управления.....	17
1.5.3.1	Сетевой адрес .....	17
1.5.3.2	Смещение нуля аналоговых входов .....	17
1.5.3.3	Ограничение значений ШИМ .....	18
1.5.3.4	Коэффициенты ПИД-регулятора.....	18
1.5.3.5	Ограничение значений составляющих ПИД-регулятора.....	18
1.5.3.6	Коэффициент периода вычисления составляющих ПИД-регулятора .....	18
1.5.3.7	Коэффициент времени задержки перед измерением ЭДС двигателя .....	18
1.5.3.8	Количество измерений ЭДС двигателя.....	18

1.5.3.9 Ограничение пикового тока двигателя .....	19
1.5.3.10 Режим работы платы.....	19
1.5.3.11 Максимальная частота вращения энкодера .....	19
1.5.3.12 Количество импульсов на один оборот энкодера .....	19
1.5.3.13 Дифференциальное значение.....	19
1.5.3.14 «Зона нечувствительности» .....	19
1.5.3.15 Скорость, при которой изменяется направление вращения .....	20
1.5.3.16 Скорость вращения при принудительном управлении .....	20
1.5.3.17 Коэффициент усиления .....	20
1.5.3.18 Максимальная скорость вращения в режиме стабилизации момента .....	20
2 Эксплуатация .....	21
2.1 Эксплуатационные ограничения .....	21
2.2 Ограничения на использование типов двигателей .....	21
2.3 Подготовка блока управления к эксплуатации .....	21
2.3.1 Подключение источников питания .....	22
2.3.2 Подключение по интерфейсу RS485 .....	22
2.4 Примеры подключения для различных режимов работы блока управления .....	23
2.4.1 Подключение блока управления для работы в режиме Ст1 .....	24
2.4.2 Подключение блока управления для работы в режиме Ст2.....	25
2.4.3 Подключение блока управления для работы в режиме Сл .....	26
2.4.4 Подключение блока управления для работы в режиме М .....	27
2.5 Программирование и настройка блока управления .....	28
2.5.1 Параметры интерфейса.....	28
2.5.2 Описание протокола.....	28
2.5.2.1 Структура пакета.....	28
2.5.2.2 Контрольная сумма .....	29
2.5.2.3 Коды ошибок протокола .....	29
2.5.3 Команды управления.....	29
2.5.4 Описание параметров команд управления .....	30
2.5.4.1 Параметры команд установки и получения значений параметров блока управления .....	30
2.5.4.2 Параметры команды выполнения действия .....	33
2.5.4.3 Параметры команды получения результата .....	35
2.5.4.4 Описание регистра конфигурации режима работы блока управления .....	36
2.5.4.5 Описание регистра статуса блока управления .....	38

2.6 Выбор сигналов и команд управления.....	39
2.6.1 Выбор сигналов и команд управления в режиме Ст1 .....	39
2.6.1.1 Управление скоростью вращения двигателя в режиме Ст1 .....	39
2.6.1.2 Управление направлением вращения в режиме Ст1 .....	40
2.6.2 Выбор сигналов и команд управления в режиме Ст2.....	40
2.6.2.1 Настройка счётчика импульсов энкодера .....	41
2.6.3 Выбор сигналов и команд управления в режиме Сл .....	41
2.6.3.1 Управление двигателем в режиме Сл.....	42
2.6.3.2 Команда разрешения слежения.....	42
2.6.4 Выбор сигналов и команд управления в режиме М.....	42
2.6.4.1 Управление моментом и скоростью вращения двигателя в режиме М .....	43
2.6.4.2 Управление направлением вращения в режиме М .....	44
2.6.5 Описание работы цифровых входов управления .....	44
2.6.5.1 Цифровые входы конечных выключателей .....	44
2.6.5.2 Цифровые входы управления направлением вращения и разрешения вращения.....	44
2.7 Настройка ПИД-регулятора .....	45
2.7.1 Настройка ПИД-регулятора для режимов Ст1, Сл и М.....	45
2.7.2 Настройка ПИД-регулятора для режима Ст2 .....	46
3 Техническое обслуживание .....	47
4 Текущий ремонт .....	47
5 Хранение .....	47
6 Транспортирование .....	48
7 Утилизация.....	48
8 Гарантии изготовителя.....	48
9 Изготовитель .....	48

# 1 Описание и работа

## 1.1 Назначение

Блок управления коллекторным двигателем постоянного тока AWD10 (далее – блок управления или блок AWD10) предназначен для управления скоростью и направлением вращения двигателя с рабочим напряжением от 12 до 90В и током до 10А.

## 1.2 Функциональные возможности

Функциональные возможности блока управления:

- стабилизация скорости вращения двигателя без тахогенератора;
- стабилизация скорости вращения двигателя с тахогенератором;
- стабилизация скорости вращения двигателя по сигналам инкрементального энкодера;
- регулируемое ограничение момента на валу двигателя;
- управление двигателем по интерфейсу RS485;
- управление двигателем кнопками и потенциометром;
- управление двигателем с помощью дискретных и аналоговых сигналов;
- настраиваемый ПИД-регулятор для стабилизации скорости вращения двигателя;
- обработка сигналов концевых выключателей для остановки вращения;
- настройка параметров и режима работы осуществляется по интерфейсу RS485;
- защита от короткого замыкания в цепи питания двигателя и замыкания любого из проводов двигателя на питание или общий провод;
- возможность получения по интерфейсу RS485 направления, величины скорости вращения двигателя и параметров состояния блока управления.

### 1.3 Технические характеристики

Таблица 1 – Технические характеристики

Наименование параметра	Значение				
	AWD10-12	AWD10-24	AWD10-36	AWD10-60	AWD10-90
Общие характеристики					
Напряжение питания двигателя, В	12...18	18...27	27...42	48...72	72...90
Пиковый ток двигателя <sup>1</sup> , А	10				
Ток срабатывания защиты от короткого замыкания, А	12				
Диапазон регулирования скорости вращения с погрешностью до 5%	1:100				
Напряжение питания блока управления по линии 12 В	Не требуется			Требуется	
Номинальный ток потребления, А	0,035				
Температурный диапазон работы, °С	От –40 до +50				
Габаритные размеры, мм	100 × 80 × 25				
Уровни управляющих сигналов					
Дискретные входы/выходы, В	Логический ноль			От 0 до 0,5	
	Логическая единица			От 2,4 до 5	
Аналоговые входы, В	Минимальное значение			0	
	Максимальное значение			5	
Интерфейс связи					
Тип интерфейса	RS485				
Скорость передачи, кбит/с	9600				
Максимальное количество устройств в сети <sup>2</sup> , шт.	255				
Сопротивление согласующего резистора <sup>3</sup> , Ом	120				

<sup>1</sup> Подробнее про ограничение тока описано в п. 1.5.2.4 .

<sup>2</sup> Согласующий резистор подключается путём замыкания перемычки на плате.

<sup>3</sup> В одном сегменте сети RS485 можно подключать не более 31-го блока управления, 255 блоков AWD10 к одной сети можно подключить только при использовании повторителей сигналов интерфейсов RS485.

### 1.3.1 Габаритные и установочные размеры

Габаритные и установочные размеры представлены на рисунке 1. Размер со звездочкой максимальный.

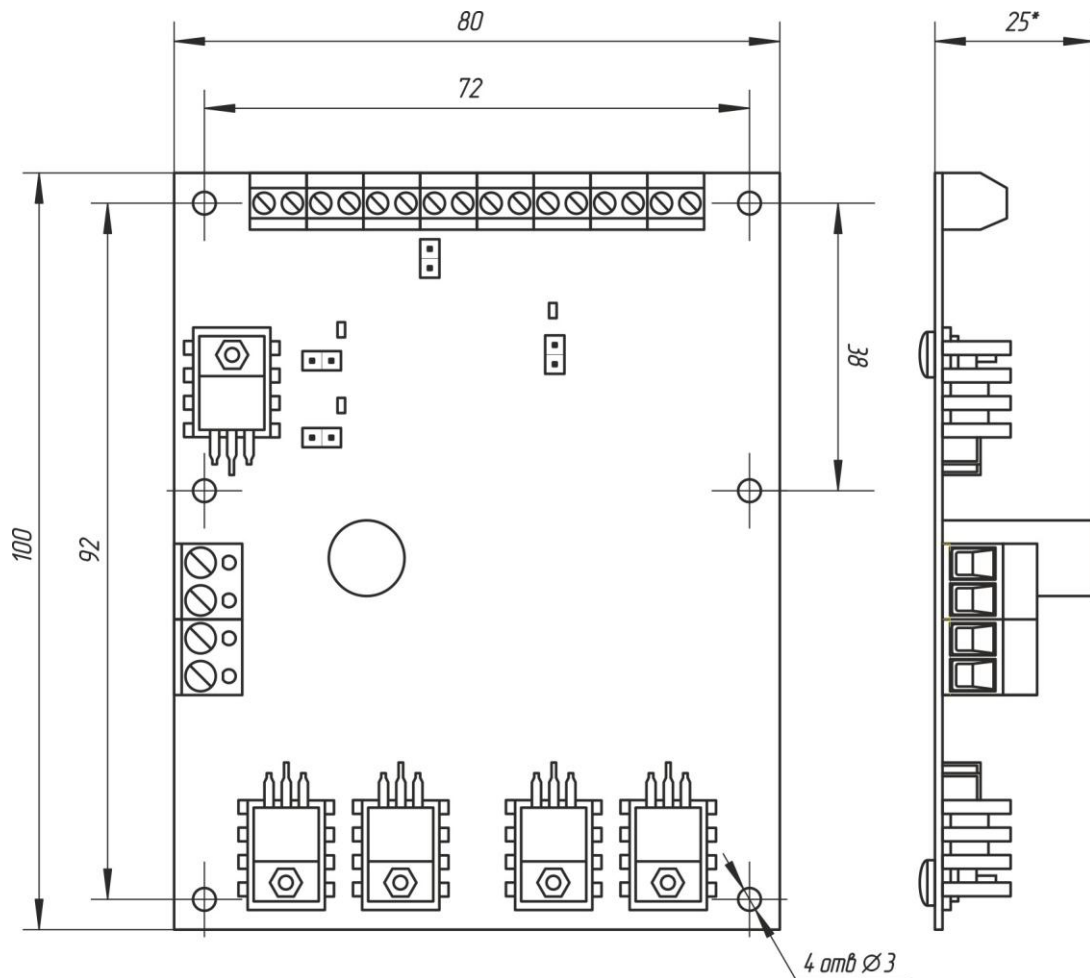


Рисунок 1 – Габаритные и установочные размеры блока управления



## 1.4 Устройство блока управления

### 1.4.1 Функциональная схема

Функциональная схема блока управления представлена на рисунке 2.

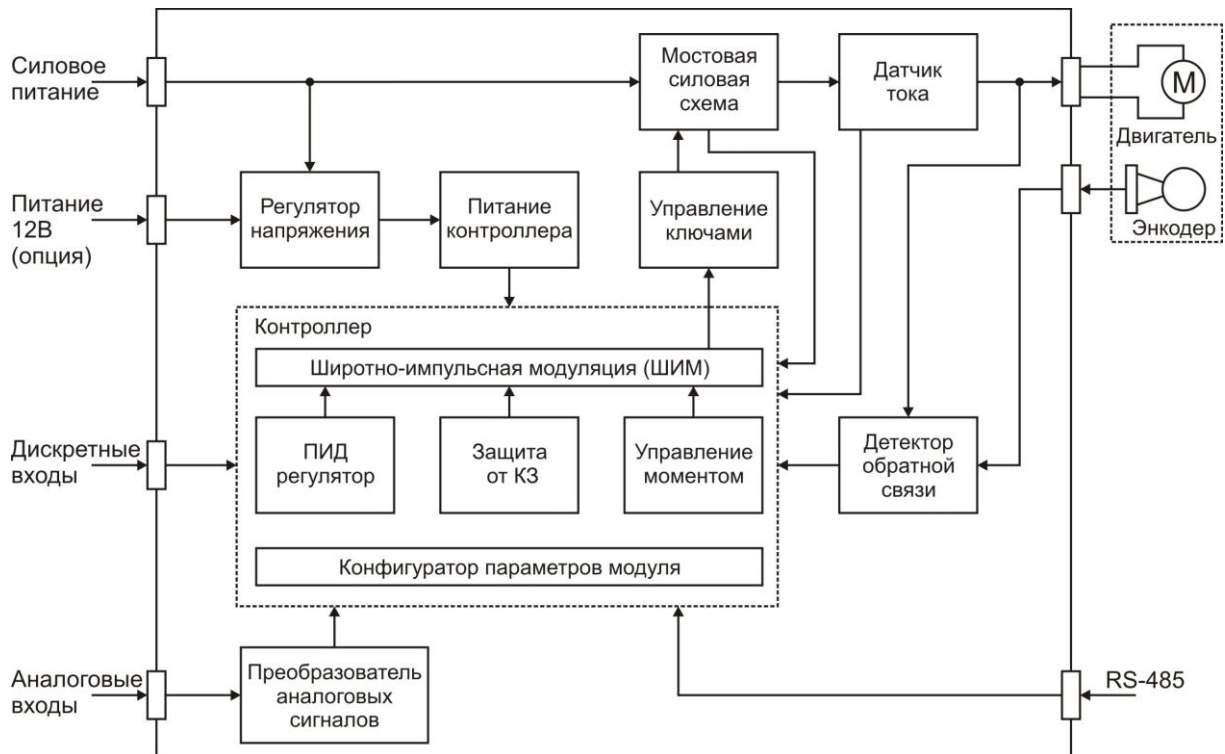


Рисунок 2 – Функциональная схема блока управления AWD10

Силовое питание поступает на «регулятор напряжения», формирующий внутреннее напряжение питания 12В, и на «мостовую силовую схему», обеспечивающую реверсивное управление двигателем с помощью ШИМ. Блок «питание контроллера» обеспечивает формирование внутреннего стабилизированного напряжения питания 5В. Питание 12В необходимо в модификациях AWD10-60 и AWD10-90. «Датчик тока» обеспечивает измерение выходного тока блока управления, что необходимо для обеспечения работы функций защиты от короткого замыкания и ограничения момента. «Детектор обратной связи» обеспечивает формирование сигнала обратной связи по напряжению противо-ЭДС двигателя или по частоте импульсов от энкодера.

Дискретные и аналоговые входы служат только для управления двигателем. Интерфейс RS485 служит для настройки параметров блока AWD10 и управления двигателем.

Все функции управления выполняет «контроллер». Управление скоростью вращения осуществляется ПИД-регулятором, на вход которого поступает информация о требуемой и реальной скорости вращения двигателя. Выходным сигналом ПИД-регулятора является величина ШИМ, подаваемая через блок «управления ключами» на «мостовую силовую схему».

### 1.4.2 Описание разъёмов блока управления

Расположение разъёмов и индикаторов блока управления показано на рисунке 3, описание разъёмов представлено в таблице 2.

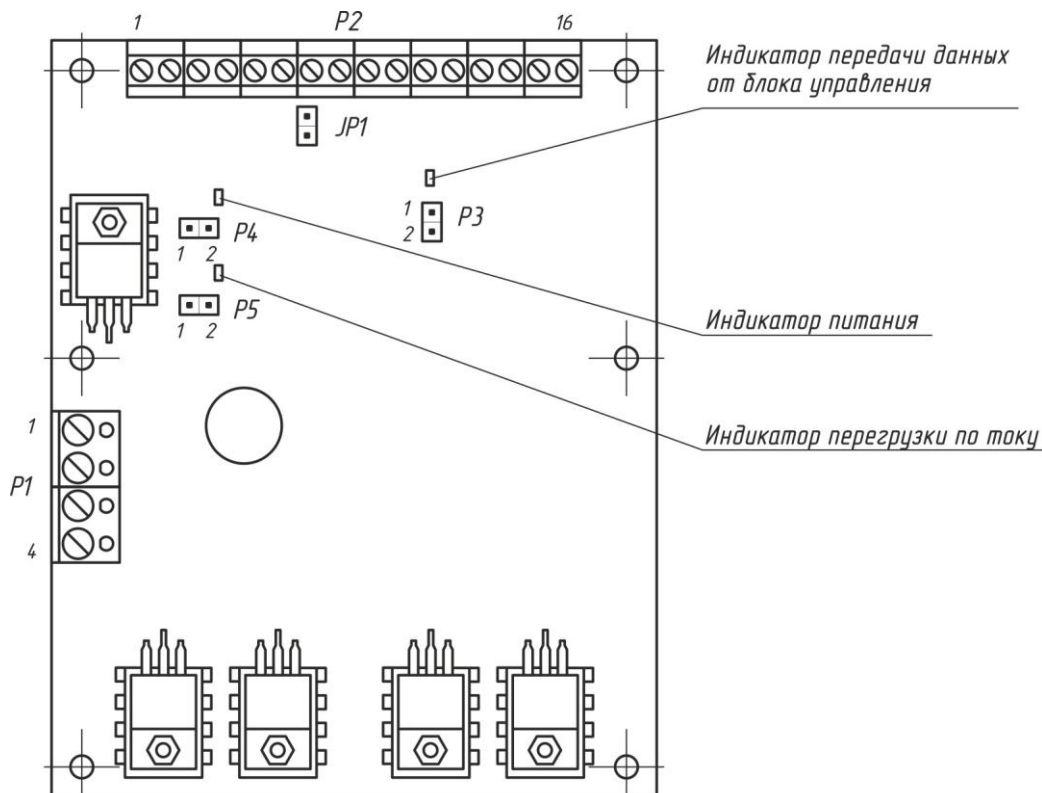


Рисунок 3 – Расположение разъёмов блока управления

Таблица 2 – Описание разъёмов блока AWD10

Разъём	Контакт		Назначение
P1	1	Power–	Общий
	2	Power+	Силовое питание двигателя и блока управления
	3	Motor–	Двигатель «–»
	4	Motor+	Двигатель «+»
P2	1	EXT +12	Вход для дополнительного питания блока 12 В
	2	GND	Общий
	3	GND	Общий
	4	GND	Общий
	5	+5	Выход 5 В, 100 мА
	6	GND	Общий
	7	B	Обратный дифференциальный вход/выход интерфейса RS485 (–Data)
	8	A	Прямой дифференциальный вход/выход интерфейса RS485 (+Data)
	9	EN	Разрешение вращения двигателя в режиме Сл
	10	LRev	Концевой выключатель при вращении двигателя в направлении «назад»
	11	LForw	Концевой выключатель при вращении двигателя в направлении «вперед»
	12	Rev	Разрешение вращения двигателя в направлении «назад»
	13	Forw	Разрешение вращения двигателя в направлении «вперед»
	14	Enc C	Импульсный вход инкрементального энкодера
	15	AN1	Аналоговый вход 1
	16	AN2	Аналоговый вход 2
P3	1	+TxD LED	Плюс светодиода «индикатор передачи данных»
	2	–TxD LED	Минус светодиода «индикатор передачи данных»
P4	1	+Led Power	Плюс светодиода «индикатор питания»
	2	–Led Power	Минус светодиода «индикатор питания»
P5	1	–Led Overload	Минус светодиода «индикатор короткого замыкания в цепи двигателя»
	2	+Led Overload	Плюс светодиода «индикатор короткого замыкания в цепи двигателя»

### 1.4.3 Схема внутреннего подключения разъёмов

Схема внутреннего подключения разъёмов показана на рисунке 4.

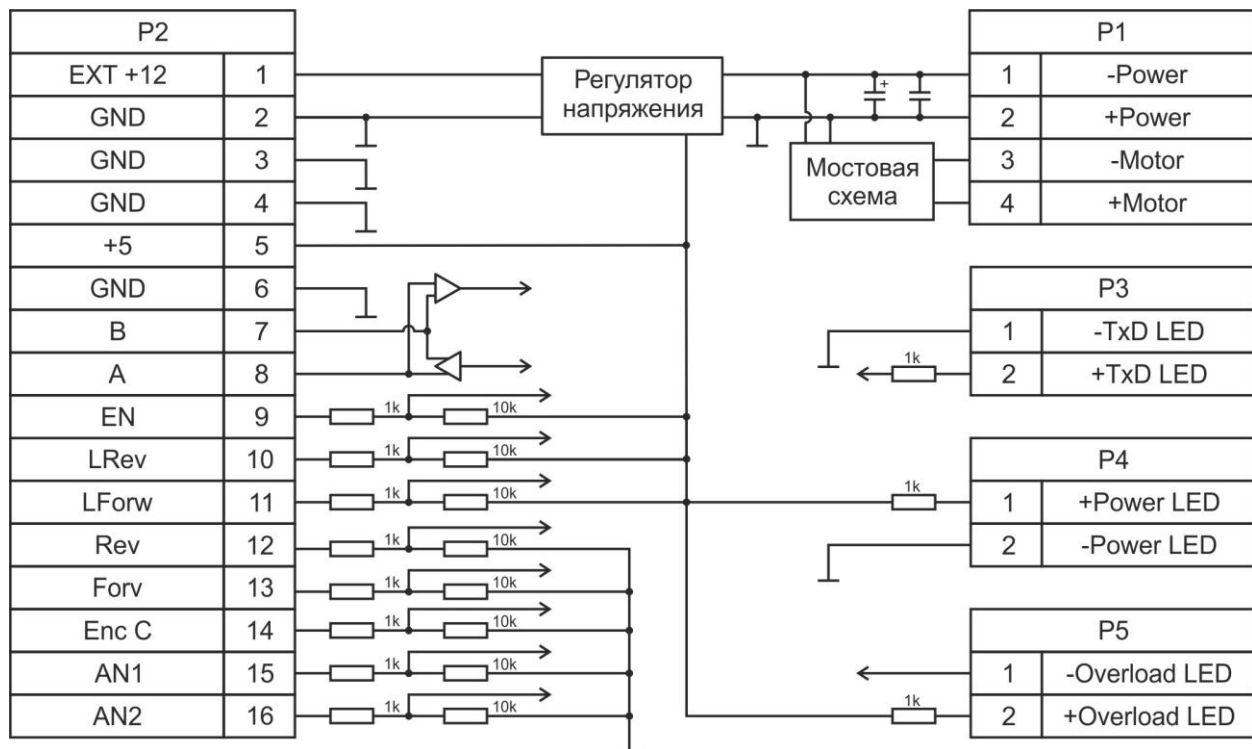


Рисунок 4 – Схема внутреннего подключения входов/выходов блока управления

## 1.5 Описание работы

### 1.5.1 Режимы работы

Блок AWD10 способен работать в четырёх режимах:

- режим стабилизации скорости вращения двигателя по уровню противо-ЭДС (Ст1);
- режим стабилизации скорости вращения двигателя с обратной связью от инкрементального энкодера (Ст2);
- режим слежения за внешним аналоговым сигналом (Сл);
- режим ограничения момента на валу двигателя (М).

Стабилизация скорости вращения двигателя с тахогенератором реализована в режиме Сл.

#### 1.5.1.1 Режим стабилизации скорости вращения двигателя по уровню противо-ЭДС

В режиме Ст1 реализована стабилизация оборотов коллекторного двигателя без использования внешнего тахогенератора. В качестве сигнала обратной связи используется противо-ЭДС двигателя. Скорость задается одним из следующих вариантов:

- внешним аналоговым сигналом напряжения;
- подключаемым потенциометром;
- непосредственной установкой значения скорости по интерфейсу RS485.

Направление вращения может задаваться:

- дискретными сигналами ТТЛ уровней;
- подключаемыми кнопками;
- знаком параметра скорости вращения двигателя, задаваемого по интерфейсу RS485.

#### 1.5.1.2 Режим стабилизации скорости вращения двигателя с обратной связью от инкрементального энкодера

В режиме Ст2 реализована стабилизация оборотов коллекторного двигателя с использованием внешнего инкрементального или встроенного в двигатель энкодера. В качестве сигнала обратной связи используются импульсы, поступающие от энкодера. Скорость и направление вращения задаются аналогично режиму Ст1.

#### 1.5.1.3 Режим слежения за внешним аналоговым сигналом

В режиме Сл блок управления может работать в следующих подрежимах:

- слежение за внешним аналоговым сигналом;
- прямое управление двигателем;

Стабилизация скорости вращения двигателя с тахогенератором реализована в подрежиме слежения за внешним аналоговым сигналом. При прямом управлении ПИД-регулирование отключено, а значение задаваемой скорости загружается непосредственно в регистр PWM.

##### 1.5.1.3.1 Подрежим слежения за внешним аналоговым сигналом

Подрежим слежения за внешним аналоговым сигналом позволяет реализовать следящие системы, например, системы задающие координатное положение в зависимости от уровня аналогового сигнала.

В данном случае управление может осуществляться:

- внешними потенциометром и кнопками;
- внешним аналоговым и дискретными сигналами;
- установкой уровня управляющего сигнала по интерфейсу RS485.

Сама система должна быть реализована таким образом, чтобы уровень сигнала обратной связи укладывался в диапазон от 0 до 5В. Блок AWD10 будет воздействовать на двигатель таким образом, чтобы значение сигнала обратной связи равнялось уровню управляющего.

#### 1.5.1.3.2 Подрежим принудительного управления

Подрежим принудительного управления позволяет реализовать управление двигателем следующими способами:

- по интерфейсу RS485 скорость задаётся значением программного параметра, направление – знаком этого параметра;
- скорость устанавливается по интерфейсу RS485 программным параметром, направление – логическими сигналами, подаваемыми на входы Rev и Forw.

Стабилизация скорости вращения в данном режиме всегда отключена.

#### 1.5.1.4 Режим ограничения момента на валу двигателя

Режим стабилизации момента позволяет реализовать стабилизацию скорости вращения двигателя по сигналам противо-ЭДС при этом ограничение момента двигателя может осуществляться одним из следующих способов:

- внешним аналоговым сигналом;
- внешним потенциометром;
- командами по интерфейсу RS485.

Скорость и направление вращения может задаваться:

- внешними потенциометром и кнопками;
- внешним аналоговым и дискретными сигналами;
- командами по интерфейсу RS485.

### 1.5.2 Описание функциональных возможностей

#### 1.5.2.1 Интерфейс связи

Интерфейс связи предназначен для подключения устройства в сеть, построенную на основе стандарта RS485. Использование интерфейса связи позволяет:

- осуществлять настройку параметров платы;
- управлять направлением и скоростью вращения двигателя;
- получать информацию о результатах работы, текущем состоянии блока AWD10 и двигателя.

#### 1.5.2.2 Защита от короткого замыкания

Блок AWD10 имеет защиту от короткого замыкания в цепи питания двигателя и замыкания любого из проводов двигателя на питание или общий провод. При коротком замыкании блок управления автоматически на одну секунду отключает двигатель от силовых цепей. Светодиодный индикатор, подключенный к разъему P5, в течение этого времени сигнализирует об аварийном режиме работы. Далее блок AWD10 автоматически возвращается в рабочее состояние.

#### 1.5.2.3 Торможение двигателя

Остановка двигателя для прекращения вращения или смены направления в блоке управления реализовано двумя способами:

- Отключением обмоток двигателя от силовых цепей (медленная остановка двигателя, зависящая от момента инерции на валу);
- Закорачиванием обмоток двигателя (быстрое торможение).

Данная функция может быть отключена программно.

**Внимание!** При включённой функции быстрого торможения во время остановки двигателя вся запасённая энергия выделяется на активном сопротивлении обмоток в виде тепла. Поэтому часто применять динамическое торможение не рекомендуется.

#### 1.5.2.4 Аппаратное ограничение тока двигателя

Блок управления позволяет задавать ограничение тока двигателя в пределах от  $10/16$  до 10А с шагом  $10/16$  А.

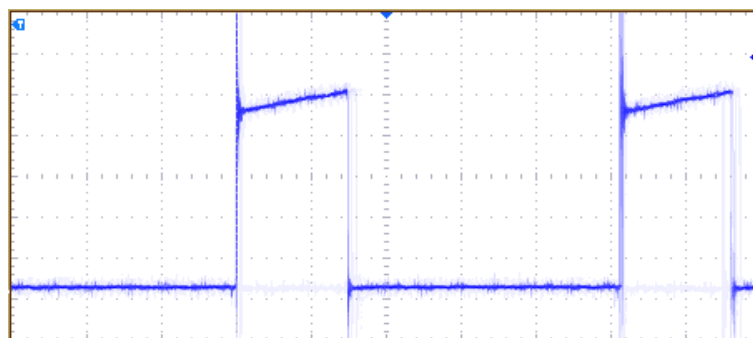


Рисунок 5 – Осциллограмма тока двигателя в импульсе ШИМ, измеряемого в блоке управления. Величина деления по горизонтали 20 мкс, по вертикали 2 А.

На рисунке 5 изображена осциллограмма тока двигателя измеряемого в блоке управления. При достижении тока двигателя значения 10 А напряжение

на двигателе отключается до начала следующего импульса ШИМ. На рисунке 6 приведена осциллограмма тока в цепи двигателя.

**Примечание.** При подключении двигателя с малой индуктивностью средний ток, измеряемый амперметром, установленным в цепи двигателя может значительно отличаться от пикового тока в импульсе ШИМ.

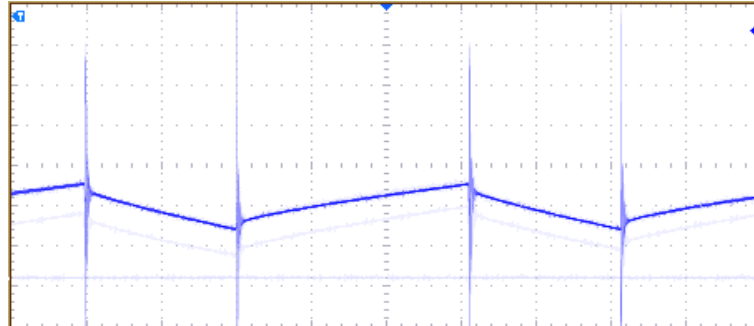


Рисунок 6 – Осциллограмма тока двигателя в импульсе ШИМ, измеряемого в цепи двигателя. Величина деления по горизонтали 20 мкс, по вертикали 2 А.

#### 1.5.2.5 ПИД-регулирование

ПИД-регулятор является одним из основных элементов блока AWD10, позволяющих осуществлять автоматическую стабилизацию скорости вращения двигателя.

Расчет регулирующего воздействия на двигатель  $U$  выполняется по следующей формуле:

$$U = \frac{K_{\Pi}}{0xFF} \cdot e(k) + \sum \frac{K_{\Pi}}{0xFF} \cdot e(k) + \frac{K_{\mathcal{D}}}{0xFF} \cdot (e(k) - e(k-1)), \quad (1)$$

где:

$U$  – уровень управляющего воздействия;

$e(k)$  – текущая ошибка регулирования;

$e(k-1)$  – предыдущая ошибка регулирования;

$K_{\Pi}$  – пропорциональный коэффициент регулятора;

$K_{\Pi}$  – интегральный коэффициент регулятора;

$K_{\mathcal{D}}$  – дифференциальный коэффициент регулятора;

$0xFF$  – константа в шестнадцатеричном формате.

Уровень управляющего воздействия  $U$  является беззнаковым числом, принимающим значения от 0 до 1023. Его знак определяет направление вращения, а модуль – значение выходного ШИМ.

Текущая ошибка регулирования определяется как разность текущей  $W_{\text{дв\_тек}}$  и задаваемой  $W_{\text{дв}}$  скорости вращения двигателя.

$$e(k) = W_{\text{дв}} - W_{\text{дв\_тек}}, \quad (2)$$



В режимах Ст1, Сл и М на валу двигателя текущая относительная скорость вращения определяется по противо-ЭДС.

$$W_{\text{ов}} = \frac{U_{\text{ЭДС}}}{U_{\text{ЭДС MAX}}}, (3)$$

где:

$U_{\text{ЭДС}}$  – текущее значение противо-ЭДС двигателя;

$U_{\text{ЭДС MAX}}$  – максимальное значение противо-ЭДС двигателя, равное номинальному напряжению питания двигателя и определяется индексом в названии блока управления.

В режиме Ст2 относительная скорость вращения двигателя  $W_{\text{ов\_тек}}$  определяется количеством импульсов  $Ne\_тек$ , накопленных за время периода  $Tn$ , задаваемого программно.

$$W_{\text{ов}} = \frac{Ne_{\text{тек}}}{Ne_{\text{MAX}}}, (4)$$

где:

$Ne\_тек$  – количество импульсов, накопленных за время  $Tn$ ;

$Ne\_мах$  – максимальное возможное количество импульсов, накапливаемых за время  $Tn$ . Параметры  $Tn$  и  $Ne\_мах$  задаются программно.

### 1.5.3 Описание настраиваемых параметров блока управления

Управляющие параметры хранятся в энергонезависимой памяти блока управления и могут быть изменены только через интерфейс RS485.

#### 1.5.3.1 Сетевой адрес

Сетевой адрес применяется в качестве идентификационного номера для независимого управления отдельными устройствами, присоединенными к общей шине.

#### 1.5.3.2 Смещение нуля аналоговых входов

Данный параметр приводит минимальное значение напряжения диапазона входных сигналов в нулевую отметку. Коррекция может быть осуществлена для четырёх аналоговых сигналов:

- внешнего аналогового входа 1;
- внешнего аналогового входа 2;
- аналогового входа «ЭДС двигателя».

Значение смещения вычитается из оцифрованного значения соответствующего аналогового сигнала.

### 1.5.3.3 Ограничение значений ШИМ

Параметры ограничения значений ШИМ определяют диапазон возможных скоростей, задавая минимальное и максимальное значения.

**Внимание!** Максимальное значение ШИМ превышающее 993 может вызвать неправильную работу блока управления.

### 1.5.3.4 Коэффициенты ПИД-регулятора

Параметры устанавливают пропорциональный, интегральный и дифференциальный коэффициенты ПИД-регулятора. Для корректного регулирования скорости вращения двигателя необходимо подбирать коэффициенты для каждого типа двигателей отдельно. Последовательность подбора коэффициентов ПИД-регулятора описана в п. 2.6.5 .

### 1.5.3.5 Ограничение значений составляющих ПИД-регулятора

Параметр ограничения значений составляющих ПИД-регулятора устанавливает максимальное значение пропорциональной, интегральной и дифференциальной составляющих ПИД-регулятора. При установке параметра в ноль, соответствующая компонента будет исключена из расчета в ПИД-регуляторе.

### 1.5.3.6 Коэффициент периода вычисления составляющих ПИД-регулятора

Для режимов Ст1, Сл и М параметр  $K_n$  устанавливает время периода вычисления параметров ПИД-регулятора  $T_n$ . Для режима Ст2 — время накопления импульсов, поступающих от энкодера.

$$T_n = 200\text{мкс} \cdot K_n, (5)$$

### 1.5.3.7 Коэффициент времени задержки перед измерением ЭДС двигателя

Параметр  $K_z$  устанавливает время задержки после отключения двигателя от источника питания до момента измерения ЭДС двигателя  $T_z$  в соответствии с формулой:

$$T_z = 200\text{мкс} \cdot K_z, (6)$$

### 1.5.3.8 Количество измерений ЭДС двигателя

Параметр устанавливает количество измерений ЭДС двигателя  $N_{\text{эдс}}$  для повышения точности измерений путем усреднения полученных значений  $U_{\text{эдс}i}$ .

$$U_{\text{эдс}} = \frac{1}{N_{\text{эдс}}} \sum_{i=1}^{N_{\text{эдс}}} U_{\text{эдс}i}, (7)$$

#### 1.5.3.9 Ограничение пикового тока двигателя

Параметр устанавливает пиковое значение тока двигателя в каждом импульсе ШИМ. При достижении заданного значения блок управления отключает напряжение на двигателе до начала следующего импульса ШИМ.

#### 1.5.3.10 Режим работы платы

Данный параметр позволяет настроить режим работы платы. А также выбрать источники управляющих сигналы.

#### 1.5.3.11 Максимальная частота вращения энкодера

Параметр устанавливает максимальное значение частоты вращения энкодера, соответствующее максимальной скорости вращения двигателя. Единица измерения - об/с.

#### 1.5.3.12 Количество импульсов на один оборот энкодера

Данный параметр задает количество импульсов на один оборот энкодера.

#### 1.5.3.13 Дифференциальное значение

Параметр задаёт десятибитное значение опорного сигнала  $S_{op}$ , используемого в режимах Ст1 и Ст2. Зависимость задаваемой скорости вращения двигателя от параметра «дифференциальное значение» представлена на рисунке 7.

#### 1.5.3.14 «Зона нечувствительности»

«Зона нечувствительности» необходима для формирования устойчивой «зоны нуля» после нахождения разности управляющих аналоговых сигналов (или управляющего аналогового сигнала и опорного сигнала  $S_{op}$ ). Параметр «зона нечувствительности» используется в режимах Ст1, Ст2 и Сл. Рисунок 7 поясняет работу данного параметра на примере режима Ст1:

1. Дифференциальное значение  $S_{op}=1023$ , зона нечувствительности  $N=0$ .
2. Дифференциальное значение  $S_{op}=650$ , зона нечувствительности  $N=50$ .
3. Дифференциальное значение  $S_{op}=11$ , зона нечувствительности  $N=21$ .

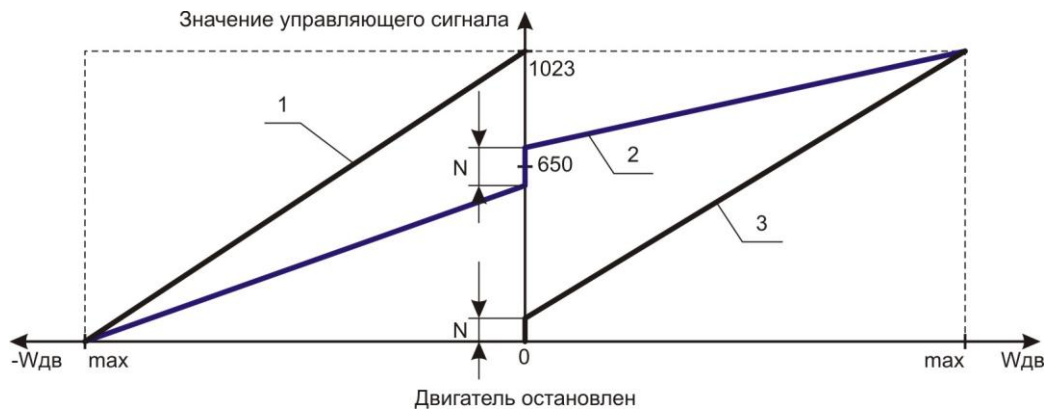


Рисунок 7 – Зависимость скорости вращения от параметров «дифференциальное значение» и «зона нечувствительности»

#### 1.5.3.15 Скорость, при которой изменяется направление вращения

Параметр задает значение скорости, при которой блоку управления разрешается переключать направление вращения двигателя.

#### 1.5.3.16 Скорость вращения при принудительном управлении

Параметр задает скорость вращения двигателя при принудительном управлении в режиме Сл.

#### 1.5.3.17 Коэффициент усиления

Коэффициент усиления  $G$  используется для дополнительного усиления/уменьшения разности управляющих аналоговых сигналов (или управляющего аналогового сигнала и опорного сигнала  $S_{оп}$ ). Параметр «коэффициент усиления» используется в режимах Ст1 и Ст2.

$$W_{дв} = \frac{G}{0xFF} \cdot (S1 - S2), \quad (8)$$

$W_{дв}$  – значение задаваемой скорости на выходе блока усиления;

$G$  – коэффициент усиления;

$0xFF$  – константа в шестнадцатеричном формате;

$S1$  – значение управляющего сигнала на входе AN1;

$S2$  – значение управляющего сигнала на входе AN2.

Параметр «коэффициент усиления» может принимать значения от  $0x0000$  до  $0xFFFF$ , значение по умолчанию  $0xFF$  соответствует единичному усилению.

#### 1.5.3.18 Максимальная скорость вращения в режиме стабилизации момента

Данный параметр задает ограничение скорости  $W_{дв\_макс}$  в режиме ограничения момента.

## 2 Эксплуатация

### 2.1 Эксплуатационные ограничения

Условия эксплуатации:

- запрещается соединять разъемы при включенном питании;
- запрещается использовать блок управления при наличии в воздухе паров кислот, щелочей и других агрессивных примесей;
- не допускается эксплуатация блока управления с механическими повреждениями;
- не допускается попадание влаги на разъёмы и плату блока управления;
- температура окружающего воздуха должна быть в пределах от -40 до +50°C;
- относительная влажность воздуха должна быть не более 80% при температуре 20°C.

### 2.2 Ограничения на использование типов двигателей

Существует ограничение на использование режимов работы блока управления в зависимости от используемого типа двигателя.

В режимах стабилизации скорости вращения двигателя без использования тахогенератора и ограничения момента на валу двигателя возможно применение только двигателей с постоянными магнитами или двигателей с независимым возбуждением обмоток якоря и статора.

Для режимов стабилизации скорости вращения двигателя с обратной связью от инкрементального энкодера и слежения за внешним аналоговым сигналом подходят любые типы коллекторных двигателей постоянного тока.

**Примечание.** При подключении двигателей с последовательным, параллельным или смешанным возбуждением не возможно управлять направлением вращения.

**Внимание!** При подключении нагрузки с малой индуктивностью (десятки мкГн) и малым активным сопротивлением (менее 10 Ом) возможно срабатывания защиты от короткого замыкания. В этом случае необходимо установить последовательно с нагрузкой дроссель с индуктивностью более 50 мкГн.

### 2.3 Подготовка блока управления к эксплуатации

Перед началом эксплуатации блока AWD10 необходимо:

1. Убедиться в отсутствии внешних повреждений.
2. Подключить к клеммам блока управления кабели от управляющих элементов и источника питания согласно выбранному режиму работы.

3. Подать на блок управления питание (для моделей AWD10-60 и AWD10-90 подать 12В).

**Внимание!** На вход +12 EXT запрещено подавать свыше 20 В.

4. Настроить параметры блока управления согласно выбранному режиму работы.
5. Отключить питание блока управления.
6. Подключить к клеммам блока управления кабели от двигателя.
7. Включить питание блока управления.

**Примечание.** В случае моделей AWD10-60 и AWD10-90 во избежание повреждений блока управления сначала подается питание 12В, затем силовое питание. Отключение питания осуществляется в обратном порядке – сначала силовое, затем питание низковольтной части блока управления.

### 2.3.1 Подключение источников питания

Питание блока управления моделей AWD10-12, AWD10-24 и AWD10-36 подключается к клеммам P1. При использовании блоков управления AWD10-60 и AWD10-90, питающее напряжение блока управления и силовое питание двигателя разделяются. Питание двигателя подается на клеммы P1. Напряжение питания низковольтной части блока управления осуществляется от дополнительного источника питания 12В 100мА. Питание подается на первые два контакта разъёма P2. Источники питания гальванически не развязаны и имеют общее заземление.

### 2.3.2 Подключение по интерфейсу RS485

Возможно два варианта подключения блока управления к управляющему устройству по интерфейсу RS485:

- подключение одного блока управления к управляющему устройству;
- подключение одного или нескольких блоков управления к сети RS485.

В первом случае подключение может осуществляться к управляющему устройству (промышленному контроллеру или персональному компьютеру) через преобразователь сигналов интерфейсов<sup>4</sup> (RS232 ↔ RS485 или USB ↔ RS485). На обоих концах соединительного кабеля должны быть установлены согласующие резисторы  $R_c = 120 \text{ Ом}$ . В блоке AWD10 согласующий резистор установлен, для его подключения необходимо замкнуть перемычку JP1 (см. рисунок 3).

<sup>4</sup> Преобразователь сигналов интерфейсов должен поддерживать функцию автоматического определения направления передачи информации.

При подключении одного или нескольких блоков AWD10 к сети RS485, согласующие резисторы должны быть установлены только на двух максимально удалённых друг от друга устройствах. Пример подключения блоков управления к сети RS485 показан на рисунке 8.

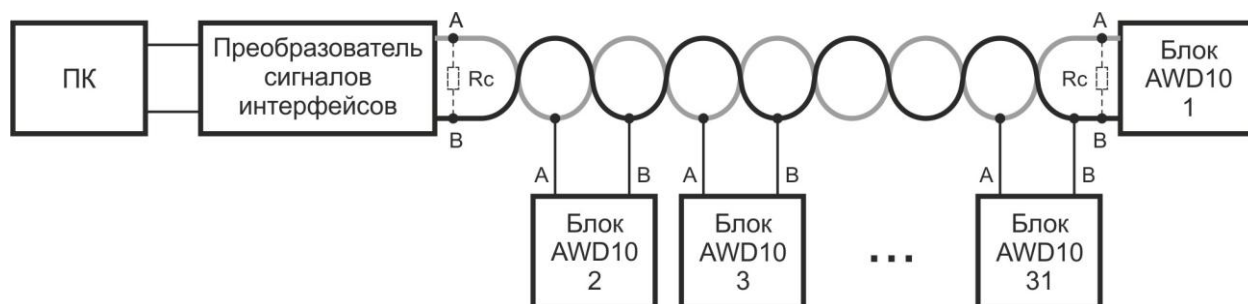


Рисунок 8 – Пример подключения блока AWD10 к сети RS485

Основные рекомендации при подключении:

- в качестве соединительных кабелей рекомендуется применять экранированную витую пару;
- сеть должна соответствовать топологии шины;
- на концах шины должны быть подключены терминальные (согласующие) резисторы;
- максимальная длина шины не должна превышать 1200м;
- максимальное количество блоков управления, подключаемых к одной сети – 31 шт.

## 2.4 Примеры подключения для различных режимов работы блока управления

В данном разделе представлены примеры подключения внешних элементов управления к блоку AWD10 для различных режимов работы.

Чёрным цветом отмечены элементы, необходимые для настройки и управления двигателем; элементы, отмеченные синим цветом допускается не подключать:

- дополнительный источник питания необходим только для моделей AWD10-60 и AWD10-90;
- если концевые выключатели отсутствуют или не используются, входы LRev и LForw должны быть замкнуты на общий провод, либо опрос концевых выключателей должен быть отключен программно;
- допускается подключение одной кнопки на один из входов Rev или Forw, если не требуется реверсивное управление или используется управление от двух аналоговых сигналов;
- потенциометр к аналоговому входу AN2 подключается, если требуется управление от двух аналоговых сигналов.

### 2.4.1 Подключение блока управления для работы в режиме Ст1

Пример подключения блока AWD10 для работы в режиме стабилизации по уровню противо-ЭДС показан на рисунке 9.

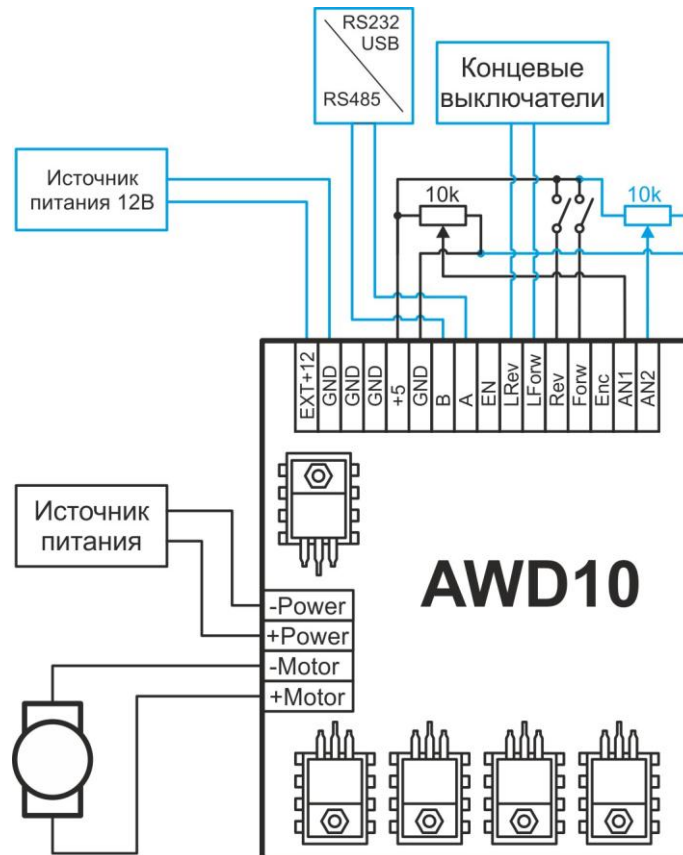


Рисунок 9 – Пример подключения блока AWD10 для работы в режиме Ст1

В данном режиме работы возможны следующие варианты:

1. Управление должно осуществляться от промышленного контроллера или персонального компьютера по интерфейсу RS485.
2. Управление должно осуществляться от внешних аналоговых и цифровых сигналов.

В первом случае необходимо подключить:

- ПК или промышленный контроллер;
- концевые выключатели (если требуется).

Во втором случае необходимо подключить:

- кнопки управления направлением вращения;
- потенциометр к аналоговому входу AN1;
- концевые выключатели (если требуется).



### 2.4.2 Подключение блока управления для работы в режиме Ст2

Пример подключения блока управления для работы в режиме Ст2 показан на рисунке 10.

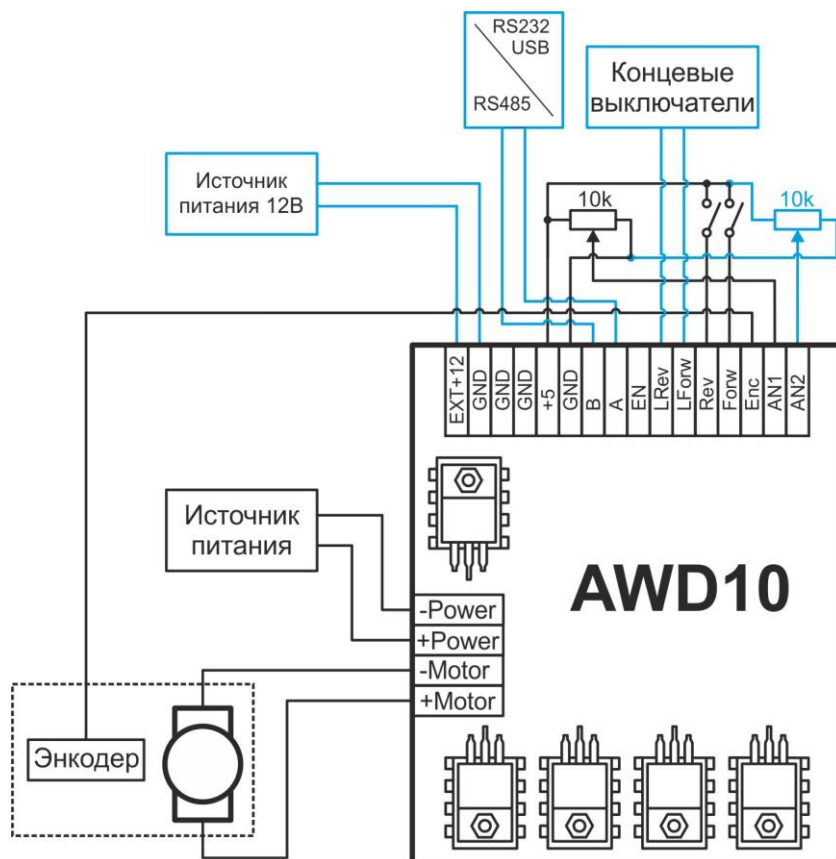


Рисунок 10 – Пример подключения блока AWD10 для работы в режиме Ст2

В данном режиме работы возможны следующие варианты:

1. Управление должно осуществляться от промышленного контроллера или персонального компьютера по интерфейсу RS485.
2. Управление должно осуществляться от внешних аналоговых и цифровых сигналов.

В первом случае необходимо подключить:

- ПК или промышленный контроллер;
- концевые выключатели (если требуется).

Во втором случае необходимо подключить:

- кнопки управления направлением вращения;
- потенциометр к аналоговому входу AN1;
- концевые выключатели (если требуется).

### 2.4.3 Подключение блока управления для работы в режиме Сл

Пример подключения блока управления для работы в режиме Сл показан на рисунке 11.

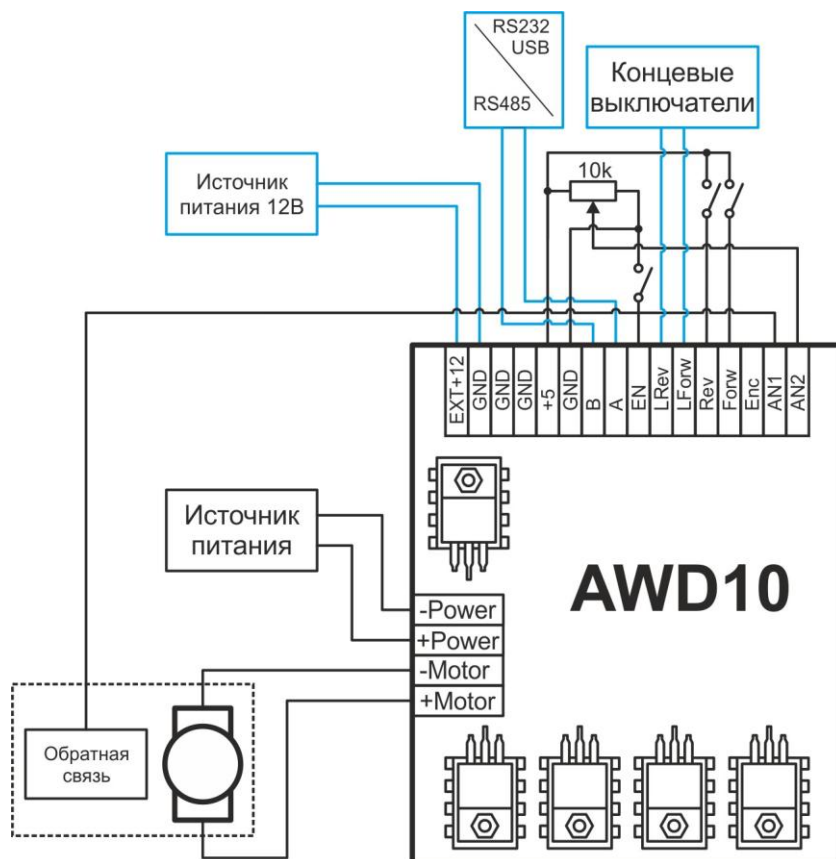


Рисунок 11 – Пример подключения блока AWD10 для работы в режиме Сл

В данном режиме работы возможны следующие варианты:

1. Управление должно осуществляться от промышленного контроллера или персонального компьютера по интерфейсу RS485.
2. Управление должно осуществляться от внешних аналоговых и цифровых сигналов.

В первом случае необходимо подключить:

- ПК или промышленный контроллер;
- концевые выключатели (если требуется).

Во втором случае необходимо подключить:

- кнопки управления направлением вращения;
- потенциометр к аналоговому входу AN1;
- концевые выключатели (если требуется).

Подключать тахогенератор к блоку управления можно **только** через делитель напряжений, чтобы максимальное напряжение на входе AN2 не превышало 5В.

#### 2.4.4 Подключение блока управления для работы в режиме М

Пример подключения блока управления для работы в режиме стабилизации момента на валу двигателя показан на рисунке 12.

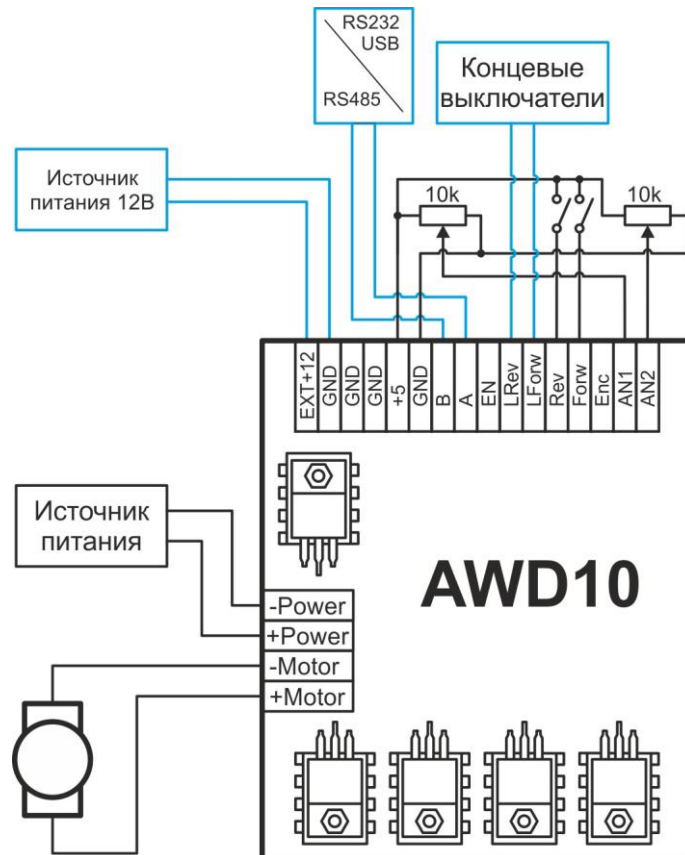


Рисунок 12 – Пример подключения блока AWD10 для работы в режиме М

В данном режиме работы возможны следующие варианты:

1. Управление должно осуществляться от промышленного контроллера или персонального компьютера по интерфейсу RS485.
2. Управление должно осуществляться от внешних аналоговых и цифровых сигналов.

В первом случае необходимо подключить:

- ПК или промышленный контроллер;
- концевые выключатели (если требуется).

Во втором случае необходимо подключить:

- кнопки управления направлением вращения;
- потенциометр к аналоговому входу AN1;
- концевые выключатели (если требуется).

## 2.5 Программирование и настройка блока управления

Программирование и настройка блока управления осуществляются командами по интерфейсу RS485.

### 2.5.1 Параметры интерфейса

Параметры интерфейса RS485 приведены в таблице 3 и не могут изменяться пользователем.

Таблица 3 – Параметры интерфейса RS485

Наименование параметра	Значение
Скорость обмена, бит/с	9600
Старт бит	1
Стоп бит	1
Биты данных	8
Чётность	Нет
Управление потоком	Нет
Тип обмена	Полудуплексный

### 2.5.2 Описание протокола

#### 2.5.2.1 Структура пакета

Команды передаются блоками по восемь байт, в ответ блок управления передает сообщение о результате выполнения команды. Формат команд и ответных сообщений приведен на рисунке 13. Описание приведено в таблице 4.

Address	CmdCode	Param1	Param0	Data1	Data0	Status	CS
---------	---------	--------	--------	-------	-------	--------	----

Рисунок 13 – Структура пакета сообщения

Таблица 4 – Описание полей пакета сообщения

Название байта	Описание
Address	Сетевой адрес
CmdCode	Код выполняемой команды
Param1	Старший байт номера параметра
Param0	Младший байт номера параметра
Data1	Старший байт значения параметра
Data0	Младший байт значения параметра
Status	Байт статуса состояния блока управления
CS	Контрольная сумма

Значения всех параметров, кроме Data0 и Data1 могут быть только положительными числами. Отрицательные значения представляются в дополнительном коде.

Ответное сообщение содержит в **CmdCode** код выполненной команды и совпадает с кодом, переданным в команде в случае успешного выполнения. Если во время выполнения команды произошла ошибка, то в **CmdCode** ответного сообщения содержится код ошибки.

Блок управления поддерживает широковещательную передачу сообщений. Для широковещательной рассылки необходимо задать сетевой адрес, равный 0x00. При получении широковещательного пакета, ответного сообщения блок управления не передаёт.

#### 2.5.2.2 Контрольная сумма

Значение контрольной суммы вычисляется как дополнение до нуля суммы всех полей сообщения. Контрольная сумма всегда однобайтовая.

##### Пример расчёта контрольной суммы.

Для последовательности «0x05, 0x87, 0x0F, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x65» контрольная сумма вычисляется как:

$$0x65 = 0x00 - (0x05 + 0x87 + 0x0F + 0x00 + 0x00 + 0x00 + 0x00).$$

#### 2.5.2.3 Коды ошибок протокола

Коды ошибок протокола приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Коды ошибок протокола

Код ошибки	Описание ошибки
0xE1	Ошибка CRC
0xD2	Команда не поддерживается
0xC3	Неправильный параметр команды
0xB4	Ошибка выполнения команды

#### 2.5.3 Команды управления

Для осуществления процесса управления используется пять типов команд, записываемых в поле **CmdCode**:

- «эхо» запрос;
- команда записи значений параметров;
- команда считывания значений параметров;
- команда выполнения действия;
- команда получения текущего состояния параметров двигателя и блока управления.

Команда ECHO («эхо» запрос) предназначена для проверки связи с блоком AWD10. Ответом блока управления будет последовательность символов 0x47, 0x57, 0x44, что в кодировке ASCII соответствует символам A, W, D. Формат команды ECHO приведён в таблице 13.

В таблице 6 приведены коды команд управления.

Таблица 6 – Коды команд управления

Address	CmdCode	Param1	Param0	Data1	Data0	Satus	CS
Код команды	Обозначение команды	Описание команды					
0xF0	ECHO	«эхо» запрос					
0x78	CMDSETPARAM	команда записи значений параметров					
0x87	CMDGETPARAM	команда считывания значений параметров					
0x4B	CMDEXECCMD	команда выполнения действия					
0x3C	CMDGETRESULT	команда получения текущего состояния параметров двигателя и блока управления					

**Пример команды «Эхо» запрос.** Команда ECHO («эхо» запрос) предназначена для проверки связи с блоком AWD10.

Байт данных	Значение поля	
	Сообщение запроса	Сообщение ответа
Address	Сетевой адрес	Сетевой адрес
CmdCode	0xF0	0xF0
Param1	0	0x41
Param0	0	0x57
Data1	0	0x44
Data0	0	0
Status	0	Статус
CS	Контрольная сумма	Контрольная сумма

#### 2.5.4 Описание параметров команд управления

##### 2.5.4.1 Параметры команд установки и получения значений параметров блока управления

Номера параметров и диапазон значений для команд CMDGETPARAM и CMDSETPARAM приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Сводная таблица описания параметров блока AWD10

Address	CmdCode (0x87 или 0x78)	Param1	Param0 (0x00)	Data1	Data0	Satus	CS
Код параметра	Обозначение параметра	Название параметра		Диапазон значений		Значение по умолчанию	
0x00	Параметр 0	Сетевой адрес		0x00 – 0xFF		0x0005	
0x01	Параметр 1	Смещение нуля внешнего аналогового входа 1		0x00 – 0x03FF		0x0003	
0x02	Параметр 2	Смещение нуля внешнего аналогового входа 2		0x00 – 0x03FF		0x0004	
0x03	Параметр 3	Смещение нуля аналогового входа «противо-ЭДС»		0x00 – 0x03FF		0x0005	
0x04	Параметр 4	Смещение нуля аналогового входа «ток»		0x00 – 0x03FF		0x0006	
0x0D	Параметр 13	Ограничение минимального значения ШИМ		0x00 – 0x03FF		0x0000	
0x0E	Параметр 14	Ограничение максимального значения ШИМ		0x00 – 0x03FF		0x03E1	
0x0F	Параметр 15	Пропорциональный коэффициент ПИД-регулятора		0x00 – 0xFFFF		0x0010	
0x10	Параметр 16	Интегральный коэффициент ПИД-регулятора		0x00 – 0xFFFF		0x000F	
0x11	Параметр 17	Дифференциальный коэффициент ПИД-регулятора		0x00 – 0xFFFF		0x0000	
0x15	Параметр 21	Ограничение пропорциональной части ПИД-регулятора		0x00 – 0xFFFF		0x03F0	
0x16	Параметр 22	Ограничение интегральной части ПИД-регулятора		0x00 – 0xFFFF		0x03E8	
0x17	Параметр 23	Ограничение дифференциальной части ПИД-регулятора		0x00 – 0xFFFF		0x03FF	
0x18	Параметр 24	Коэффициент периода вычисления ПИД-регулятора		0x00 – 0x0FFF		0x0258	
0x19	Параметр 25	Коэффициент времени задержки перед измерением ЭДС двигателя		0x00 – 0x000F		0x000A	
0x1A	Параметр 26	Количество измерений ЭДС двигателя		0x01, 0x02, 0x04, 0x08, 0x10		0x10	
0x1B	Параметр 27	Ограничение максимального тока двигателя		0x00 – 0x0F		0x0F	
0x1C	Параметр 28	Режим работы платы		0x00 – 0x0FFF		0x1000	
0x1D	Параметр 29	Максимальная частота вращения вала энкодера		0x01 – 0x2710		0x001E	
0x1E	Параметр 30	Количество импульсов на оборот энкодера		0x01 – 0x1388		0x0050	

Код параметра	Обозначение параметра	Название параметра	Диапазон значений	Значение по умолчанию
0x1F	Параметр 31	Дифференциальное значение (см. прим.)	0x00 – 0x03FF	0x0000
0x20	Параметр 32	«Зона нечувствительности»	0x00 – 0x03FF	0x0015
0x21	Параметр 33	Скорость, при которой изменяется направление вращения	0x00 – 0x03FF	0x00FF
0x22	Параметр 34	Скорость вращения при принудительном управлении в режиме Сл	0x00 – 0x03FF	0x0200
0x23	Параметр 35	Коэффициент усиления	0x01 – 0xFFFF	0x00FF
0x24	Параметр 36	Ограничение максимальной скорости в режиме М	0x00 – 0x03FF	0x03FF

Код параметра записывается в поле Param1, в поле Param0 всегда записывается 0x00.

В сообщении запроса считывания значения параметра в полях Data0 и Data1 должны передаваться 0x00.

**Пример команды установки значения** пропорционального коэффициента ПИД регулятора равным 150. В шестнадцатеричном формате значение равно 0x96, оно устанавливается в младший байт поля Data.

Байт данных	Значение поля	
	Сообщение запроса	Сообщение ответа
Address	0x05	0x05
CmdCode	0x78	0x78
Param1	0x0F	0x0F
Param0	0x00	0x00
Data1	0x00	0x00
Data0	0x96	0x96
Status	0x00	0x30
CS	0xDE	0xAE



**Пример команды считывания значения** интегрального коэффициента ПИД регулятора. Значение 0x32 в поле Data0 соответствует значению интегрального коэффициента 50 в десятичном формате. В сообщении запроса в полях Data0 и Data1 должны передаваться 0x00.

Байт данных	Значение поля	
	Сообщение запроса	Сообщение ответа
Address	0x05	0x05
CmdCode	0x78	0x78
Param1	0x10	0x10
Param0	0x00	0x00
Data1	0x00	0x00
Data0	0x00	0x32
Status	0x00	0x30
CS	0xDE	0x02

#### 2.5.4.2 Параметры команды выполнения действия

Номера параметров и диапазон значений для команды выполнения действия приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Номера параметров для команды CMDEXECCMD

Address	CmdCode (0x4B)	Param1	Param0 (0x00)	Data1	Data0	Satus	CS
Код параметра	Описание выполняемых действий				Диапазон значений	Обозначение	
0x08	Позволяет задавать и получать параметры скорости, момента <sup>5</sup> , направления вращения двигателя				0x00 – 0xFFFF	SetRot	
	В режиме Сл выполняется запись значения из поля <b>Data</b> непосредственно в регистр PWM блока управления <sup>6</sup> .						
0x09	Позволяет установить настройки блока управления по умолчанию				любое значение	ResetAWD	
0x0A	Закончить выполнение режима. Обнулить составляющие управляющего воздействия ПИД-регулятора <sup>7</sup>				любое значение	StopMode	
0x0B	Начать выполнение режима слежения за внешним аналоговым сигналом (режим Сл) <sup>8</sup>				любое значение	EnRot	

<sup>5</sup> В режиме М диапазон значений уменьшается до 0xFFFF1–0x000F (от -15 до +15 в десятичном коде).

<sup>6</sup> Для записи значения поля Data в регистр PWM блока управления, необходимо, чтобы разница управляющих сигналов была больше или равна значению параметра 32.

<sup>7</sup> Выполнение команды необходимо каждый раз перед изменением режима работы блока управления. Нет необходимости использовать данную команду, если флаги разрешения управления по интерфейсу RS485 в регистре конфигурации (**IntrfEN**, **IntrfVal**, **IntrfDir**) равны 0, т.е. управление осуществляется от внешних сигналов.

<sup>8</sup> Выполнение команды возможно, если в регистре конфигурации блока управления флаг **IntrfEN** равен 1.

**Пример команды установки скорости вращения двигателя 200 в обратном направлении.** В шестнадцатеричном формате -200 соответствует значению 0xFF38, которое записывается в поля Data1 и Data0. В сообщении ответа будет передан модуль текущей скорости двигателя в полях Data0 и Data1. Направление вращения передается в 5-ом бите байта статуса блока управления (Status).

Байт данных	Значение поля	
	Сообщение запроса	Сообщение ответа
Address	0x05	0x05
CmdCode	0x4B	0x4B
Param1	0x08	0x08
Param0	0x00	0x00
Data1	0xFF	0x00
Data0	0x38	0x5E
Status	0x00	0x50
CS	0x71	0xFA

## 2.5.4.3 Параметры команды получения результата

Номера параметров и диапазон значений для команды CMDGETRESULT приведены в таблице 9.

Таблица 9 – Номера параметров для команды CMDGETRESULT

Address	CmdCode (0x3C)	Param1	Param0 (0x00)	Data1	Data0	Status	CS
Код параметра	Название параметра					Диапазон значений	
0x00	Значение АЦП внешнего аналогового канала 1					0x00 – 0x3FF	
0x01	Значение АЦП внешнего аналогового канала 2					0x00 – 0x3FF	
0x04	Статус блока управления					0x00 – 0xFF	
0x05	Величина скорости вращения двигателя					0x00 – 0x3FF	
0x06	Величина управляющего ШИМ					0x00 – 0x3FF	

## Пример команды получения текущей скорости вращения двигателя.

Байт данных	Значение поля	
	Сообщение запроса	Сообщение ответа
Address	0x05	0x05
CmdCode	0x3C	0x3C
Param1	0x05	0x05
Param0	0x00	0x00
Data1	0x00	0x00
Data0	0x00	0xD6
Status	0x00	0x30
CS	0xBA	0xB4

## 2.5.4.4 Описание регистра конфигурации режима работы блока управления

Byte 0

-	-	-	-	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
-	-	-	-	SkipCV	Md2	Md1	Md0
bit7				bit0			

**Примечание.** Здесь и далее в описании регистров **R** означает возможность чтения бита, **W** – записи. После тире указано значение бита по умолчанию.

bit4-7 Не используется

bit3 **SkipCV**: Способ обработки контрольной суммы в поле CS

1 = При приеме данных игнорировать контрольное значение в поля CS. При передаче ответа поле CS равно 0x00.

0 = При приеме данных обрабатывать контрольное значение, находящееся в поле CS. При передаче ответа в поле CS находится рассчитанное контрольное значение.

bit2-0 **Md2:Md0** Режим платы

000 = режим Ст1 – стабилизация скорости с обратной связью от ЭДС двигателя

001 = режим Ст2 – стабилизация скорости с обратной связью от инкрементального энкодера

010 = режим Сл – слежение за внешним аналоговым сигналом

011 = режим М – стабилизация момента на валу двигателя

Byte 1

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
FB	SkipLim	LimDrop	StopDrop	IntrfEN	IntrfVal	IntrfDir	SrcParam

bit7

bit0

- bit7 **FB:** Управление обратной связью  
 1 = Величина сигнала обратной связи пропорциональна скорости вращения двигателя  
 0 = Величина сигнала обратной связи принудительно устанавливается равной нулю
- bit6 **SkipLim:** Не использовать входы концевых выключателей  
 1 = Не использовать сигналы от концевых выключателей  
 0 = Использовать сигналы от концевых выключателей
- bit5 **LimDrop:** При срабатывании концевого выключателя не удерживать двигатель  
 1 = Не удерживать двигатель  
 0 = Удерживать двигатель с нулевой скоростью
- bit4 **StopDrop:** При остановке вращения не удерживать двигатель  
 1 = Не удерживать двигатель  
 0 = Удерживать двигатель с нулевой скоростью
- bit3 **IntrfEN:** Управлять разрешением режима «слежения» через интерфейс RS485  
 1 = Управлять разрешением режима «слежения» через интерфейс RS485  
 0 = Управлять разрешением режима «слежения» с помощью внешнего цифрового сигнала на входе EN
- bit2 **IntrfVal:** Управлять величиной скорости или момента через интерфейс RS485  
 1 = Управлять скоростью через интерфейс RS485 (для режимов Ст1, Ст2 и Сл) или величиной момента (для режима М)  
 0 = Управлять скоростью с помощью внешних аналоговых сигналов (для режимов Ст1, Ст2 и Сл) или величиной момента (для режима М)
- bit1 **IntrfDir:** Управлять направлением через интерфейс RS485  
 1 = Управлять направлением через интерфейс RS485  
 0 = Управлять направлением с помощью внешних цифровых сигналов на входах Forw и Rev.
- bit0 **SrcParam:** Выбор источника опорного сигнала  
 1 = Использовать аналоговый вход AN2  
 0 = Использовать параметр 31 (для режимов Ст1, Ст2 и Сл) или параметр 36 (для режима М)

**Примечание.** Если перед выполнением записи в регистры конфигурации один из флагов **IntrfEN**, **IntrfVal**, **IntrfDir** имеет значение «1», то предварительно необходимо выполнить команду **StopMode**. Эта команда остановит выполнение текущего режима. Для начала работы в новом режиме необходимо выполнить команду **SeRot**. В случае если флаги разрешения управления по интерфейсу RS485 (**IntrfEN**, **IntrfVal**, **IntrfDir**) равны нулю, то применение команды **SeRot** не требуется, работа блока управления начинается от соответствующих входных цифровых управляющих сигналов.

## 2.5.4.5 Описание регистра статуса блока управления

Byte 1

R	R	R	R	R	R	R	R
StOverCur	StMaxPWM	StDirFrwRev	StMotAct	StInRev	StInFrw	StLimRev	StLimFrw
bit7							bit0

- bit7      **StOverCur**: Индикатор токовой защиты  
1 = Токовая защита сработала  
0 = Токовая защита не сработала
- bit6      **StMaxPWM**: Индикатор максимального управляющего сигнала (ШИМ)  
1 = Управляющий сигнал достиг максимального значения  
0 = Управляющий сигнал не достиг максимального значения
- bit5      **StDirFrwRev**: Индикатор направления вращения  
1 = Выдано управляющее воздействие в направлении «вперед»  
0 = Выдано управляющее воздействие в направлении «назад»
- bit4      **StMotAct**: Признак вращения двигателя  
1 = Двигатель вращается  
0 = Двигатель не вращается
- bit3      **StInRev**: Состояние входа «движение назад» Rev  
1 = На входе Rev присутствует сигнал, разрешающий вращение двигателя  
0 = На входе Rev отсутствует сигнал, разрешающий вращение двигателя
- bit2      **StInFrw**: Состояние входа «движение вперед» Forw  
1 = На входе Forw присутствует сигнал, разрешающий вращение двигателя  
0 = На входе Forw отсутствует сигнал, разрешающий вращение двигателя
- bit1      **StLimRev**: Состояние входа «концевой выключатель «движение назад» LRev  
1 = На входе LRev присутствует сигнал, разрешающий вращение двигателя  
0 = На входе LRev отсутствует сигнал, разрешающий вращение двигателя
- bit0      **StLimFrw**: Состояние входа «концевой выключатель «движение вперед» LForw  
1 = На входе LForw присутствует сигнал, разрешающий вращение двигателя  
0 = На входе LForw отсутствует сигнал, разрешающий вращение двигателя

## 2.6 Выбор сигналов и команд управления

### 2.6.1 Выбор сигналов и команд управления в режиме Ст1

Сигналы и команды управления режима Ст1 схематично представлены на рисунке 14.

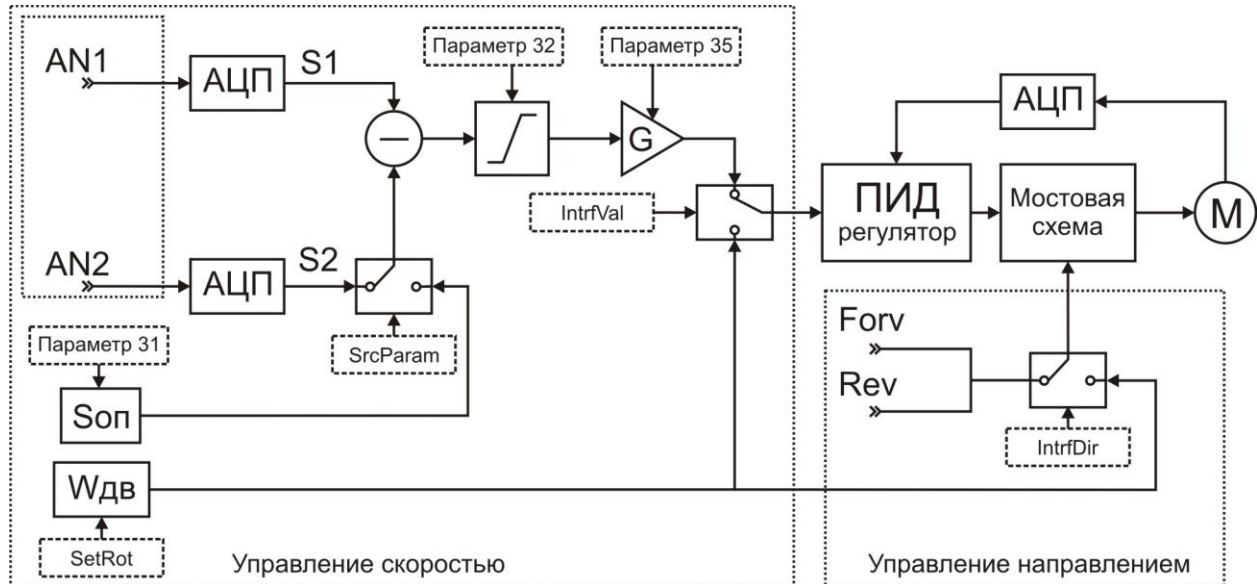


Рисунок 14 – Выбор сигналов и команд управления в режиме Ст1

#### 2.6.1.1 Управление скоростью вращения двигателя в режиме Ст1

Величина скорости вращения двигателя может быть сформирована несколькими способами:

- как разностное значение двух сигналов S1 и S2;
- как разностное значение цифрового значения сигнала S1 и опорного сигнала Sоп, задаваемого параметром 31;
- непосредственной установкой значения параметра Data команды SetRot по интерфейсу RS485.

Выбор источника значения скорости вращения осуществляется флагом **IntrfVal** в регистре конфигурации блока управления (параметр 28). В таблице 10 приведено описание работы флага IntrfVal.

Таблица 10 – Описание работы флага IntrfVal в режиме Ст1

IntrfVal	Описание состояния
0	Величина скорости вращения двигателя формируется как разностное значение двух сигналов (аналоговое управление)
1	Величина скорости вращения двигателя определяется значением параметра Data команды <b>SetRot</b> (управление командами по интерфейсу RS485)

В случае аналогового управления, первый сигнал формируется непосредственно с аналогового входа AN1. Второй сигнал задается либо величиной параметра 31 (дифференциальное значение), либо непосредственно формируется с аналогового входа AN2. Выбор источника опорного сигнала определяется флагом **SrcParam** в регистре конфигурации блока управления (параметр 28). В таблице 11 приведено описание работы флага **SrcParam**.

Таблица 11 – Описание работы флага SrcParam в режиме Ст1

<b>SrcParam</b>	<b>Описание состояния</b>
0	Уровень опорного сигнала задаётся параметром 31
1	Уровень опорного сигнала задаётся аналоговым сигналом на входе AN2

#### 2.6.1.2 Управление направлением вращения в режиме Ст1

Направление вращения двигателя задается либо знаком параметра Data команды **SetRot**, передаваемой по интерфейсу RS485, либо непосредственно подается на цифровой вход блока управления **Forw** или **Rev**. Выбор способа управления определяется состоянием флага **IntrfDir** в регистре конфигурации. В таблице 12 приведено описание работы флага **IntrfDir**.

Таблица 12 – Описание работы флага IntrfDir

<b>IntrfDir</b>	<b>Описание состояния</b>
0	Направление вращения определяется состоянием цифровых входов Rev и Forw и знаком разности управляющих сигналов
1	Направление вращения определяется знаком значения параметра Data команды <b>SetRot</b>

#### 2.6.2 Выбор сигналов и команд управления в режиме Ст2

Выбор сигналов и команд управления в режиме Ст2 представлены на рисунке 15. Описание аналогично режиму Ст1 за исключением настроек обратной связи. Перед началом эксплуатации необходимо настроить счётчик импульсов на правильную работу с энкодером.



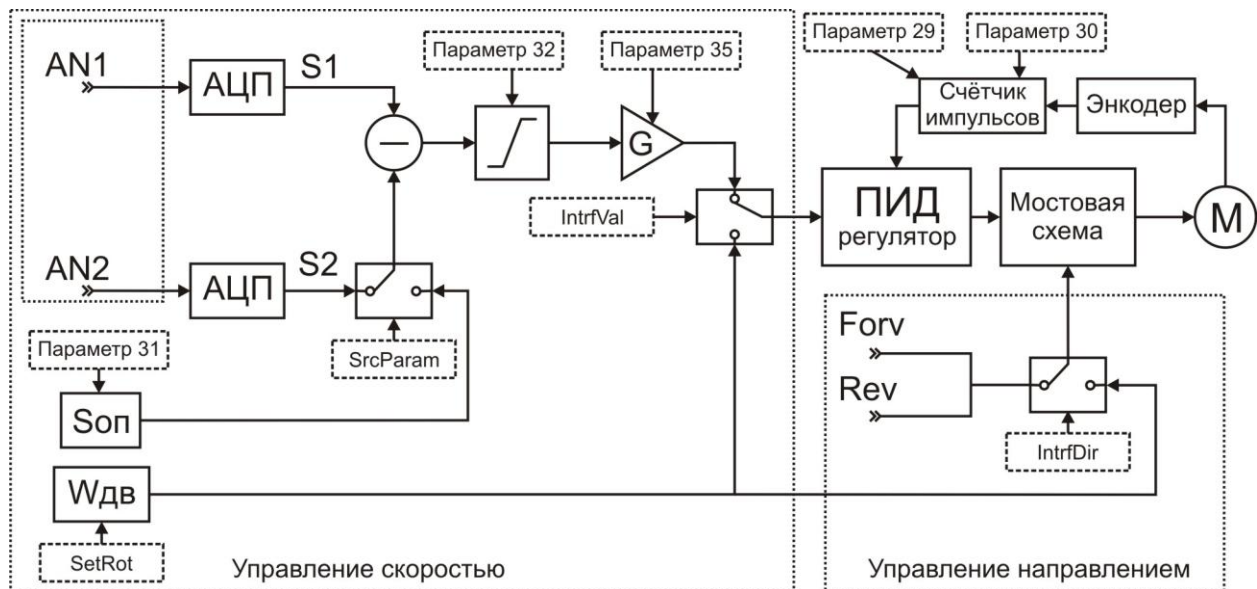


Рисунок 15 – Выбор сигналов и команд управления в режиме Ст2

### 2.6.2.1 Настройка счётчика импульсов энкодера

Перед началом работы в данном режиме необходимо задать три параметра, влияющие на характеристику стабилизации скорости двигателя:

- период накопления импульсов, поступающих от энкодера  $T_{п}$ ;
- количество импульсов на один оборот энкодера;
- максимальная частота вращения вала энкодера. Единица измерения - об/с.

Период накопления импульсов задается параметром 24 «коэффициент периода вычисления ПИД-регулятора». Количество импульсов на один оборот энкодера задается параметром 30. Максимальная частота вращения вала энкодера задается параметром 29.

### 2.6.3 Выбор сигналов и команд управления в режиме Сл

В данном режиме блок управления всегда пытается установить разность двух сигналов, управляющего и подстраиваемого, равной величине зоны устойчивого нуля (параметр 32). Управление осуществляется одним из сигналов, при этом блок управления будет воздействовать на двигатель таким образом, чтобы уровень второго стремился к уровню первого.

Сигналы и команды управления режима Сл схематично представлены на рисунке 16.

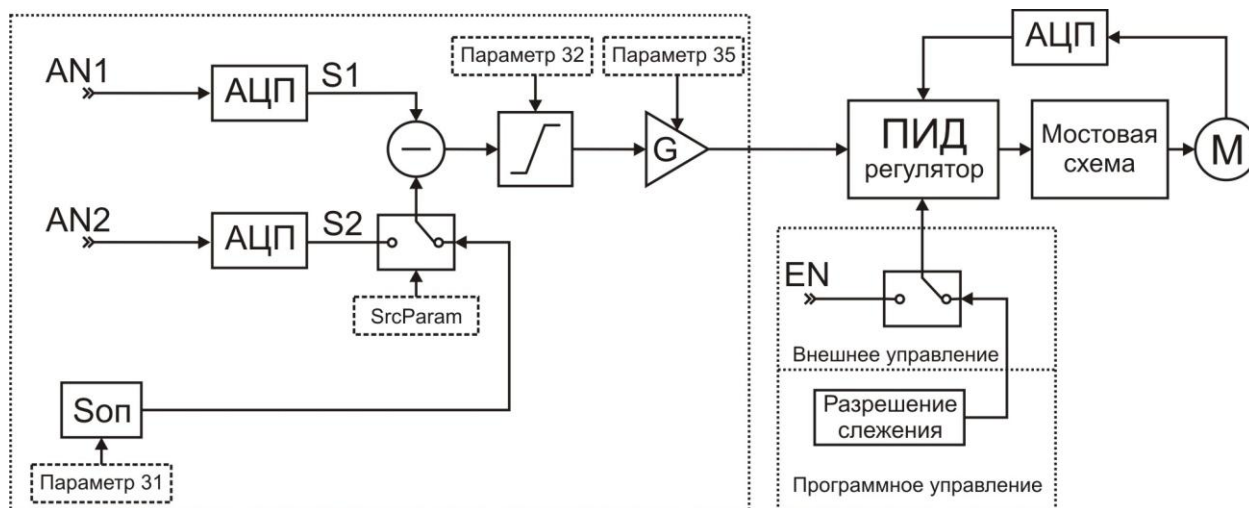


Рисунок 16 – Выбор сигналов и команд управления в режиме Сл

### 2.6.3.1 Управление двигателем в режиме Сл

Управляющий сигнал задается либо величиной параметра 31, либо непосредственно формируется с аналогового входа AN2. Выбор источника управляющего сигнала определяется состоянием флага SrcParam в регистре конфигурации блока управления и описан в таблице 13.

Таблица 13 – Описание работы флага в режиме Сл

SrcParam	Описание состояния
0	Уровень опорного сигнала задаётся параметром 31
1	Уровень опорного сигнала задаётся аналоговым сигналом на входе AN2

### 2.6.3.2 Команда разрешения слежения

Разрешение запуска слежения задается либо командой **EnRot**, передаваемой по интерфейсу RS485, либо непосредственно подается на цифровой вход блока управления EN. Выбор источника команды разрешения слежения определяется состоянием флага IntrfEn в регистре конфигурации блока управления и описан в таблице 14.

Таблица 14 – Описание работы флага IntrfEn

IntrfEn	Описание состояния
0	Разрешение слежения определяется сигналом на цифровом входе EN
1	Начало слежения задаётся командой EnRot по интерфейсу RS485

### 2.6.4 Выбор сигналов и команд управления в режиме М

Сигналы и команды управления режима М схематично представлены на рисунке 17.

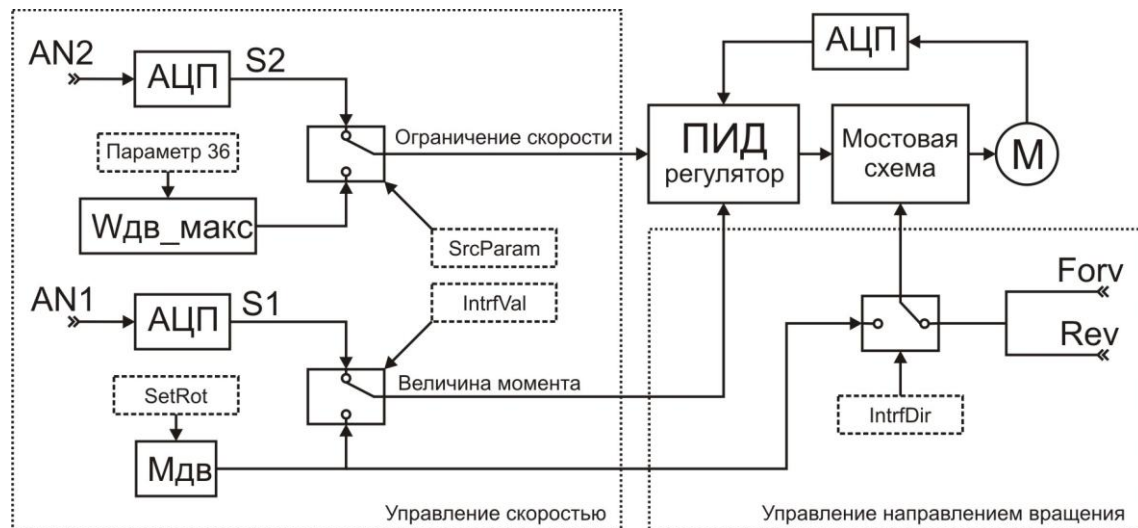


Рисунок 17 – Выбор сигналов и команд управления в режиме М

#### 2.6.4.1 Управление моментом и скоростью вращения двигателя в режиме М

Величина момента формируется либо непосредственно с аналогового входа AN1, либо величиной параметра Data1:Data0 команды SetRot. Выбор источника величины момента определяется состоянием флага IntrfVal в регистре конфигурации блока управления и описан в таблице 15.

Таблица 15 – Описание работы флага IntrfVal в режиме М

IntrfVal	Описание состояния
0	Величина момента двигателя формируется непосредственно с аналогового входа AN1
1	Величина момента двигателя задаётся значением параметра Data команды SetRot

**Примечание.** Параметр Data команды SetRot в режиме М может принимать значения от –15 до +15 в десятичном коде.

Ограничение максимальной скорости вращения двигателя задается либо величиной параметра 36, либо непосредственно формируется с аналогового входа AN2 блока управления. Выбор способа управления максимальной скоростью определяется состоянием флага SrcParam в регистре конфигурации и описан в таблице 16.

Таблица 16 – Описание работы флага SrcParam в режиме М

SrcParam	Описание состояния
0	Максимальная скорость вращения двигателя определяется значением параметра 36
1	Максимальная скорость вращения двигателя задаётся уровнем сигнала на аналоговом входе AN2

### 2.6.4.2 Управление направлением вращения в режиме М

Направление вращения двигателя задается либо знаком параметра Data команды SetRot, передаваемой по интерфейсу RS485, либо непосредственно подается на цифровой вход Forw или Rev. Выбор способа управления направлением определяется состоянием флага IntrfDir и описан в таблице 17.

Таблица 17 – Описание работы флага IntrfDir в режиме М

IntrfDir	Описание состояния
0	Направление вращения определяется состоянием цифровых входов Forw и Rev
1	Направление вращения определяется знаком значения параметра Data команды SetRot

### 2.6.5 Описание работы цифровых входов управления

#### 2.6.5.1 Цифровые входы концевых выключателей

Описание работы цифровых входов концевых выключателей приведено в таблице 18.

Таблица 18 – Описание работы цифровых входов концевых выключателей

Контакт	Подключение	Описание работы
LForw	GND	Разрешено вращение двигателя в направлении «вперед»
	5B/He подкл.	Запрещено вращение двигателя в направлении «вперед»
LRev	GND	Разрешено вращение двигателя в направлении «назад»
	5B/He подкл.	Запрещено вращение двигателя в направлении «назад»

#### 2.6.5.2 Цифровые входы управления направлением вращения и разрешения вращения

Описание работы цифровых входов управления направлением вращения приведено в таблице 19.

Таблица 19 – Описание работы цифровых входов управления направлением вращения

Контакт	Подключение	Описание работы
Forw	5B	Разрешено вращение двигателя в направлении «вперед»
	GND/He подкл.	Запрещено вращение двигателя в направлении «вперед»
Rev	5B	Разрешено вращение двигателя в направлении «назад»
	GND/He подкл.	Запрещено вращение двигателя в направлении «назад»
EN <sup>9</sup>	GND	Разрешено вращение двигателя в режиме «слежение»
	5B/He подкл.	Запрещено вращение двигателя в режиме «слежение»

<sup>9</sup> Цифровой вход EN используется только в режиме Сл.

## 2.7 Настройка ПИД-регулятора

### 2.7.1 Настройка ПИД-регулятора для режимов Ст1, Сл и М

От настройки его параметров ПИД-регулятора зависит скорость и качество стабилизации скорости вращения двигателя. Настройка платы осуществляется по переходной характеристике, которую можно определить с помощью AWD Setup Software (бесплатно поставляется вместе с платой, последнюю версию можно скачать с сайта производителя).

Порядок действий при подборе параметров ПИД-регулятора:

1. Запустить программу, перейти на вкладку «графики» и установить время обновления 100 мс.
2. Настроить пропорциональный коэффициент ПИД-регулятора:
  - a. Обнулить интегральный и дифференциальный коэффициенты регулятора.
  - b. Установить пропорциональный коэффициент равным 10, а скорость вращения на уровне 10% от максимально возможной.
  - c. Повысить коэффициент пропорциональной части  $K_P$  и проверить переходную характеристику.
  - d. Повторять шаг 4, пока не появится эффект перерегулирования.
  - e. Уменьшить значение коэффициента  $K_P$  до уровня 0,5 от найденного.
3. Настроить интегральный коэффициент ПИД-регулятора:
  - a. Повысить коэффициент интегральной части  $K_I$  и проверить переходную характеристику.
  - b. Повторять шаг 7, пока не появится эффект перерегулирования.
  - c. Уменьшить значение коэффициента  $K_I$  до уровня 0,5 от найденного.
4. В случае, когда от системы требуется большее быстроедействие необходимо увеличить коэффициент интегральной части  $K_I$ . Для большинства систем его изменять не требуется.
5. Проверить систему на стабильность, задавая различные значения скорости.

### 2.7.2 Настройка ПИД-регулятора для режима Ст2

Для использования полного диапазона скоростей и правильного отображения текущей скорости двигателя в режиме Ст2 настраивать параметры ПИД-регулятора и энкодера необходимо одновременно. Пример настройки блока управления с помощью программы AWD Setup Software приведен ниже:

1. Запустить программу, перейти на вкладку «графики» и установить время обновления 100 мс.
2. Настроить пропорциональный коэффициент ПИД-регулятора:
  - a. Обнулить интегральный и дифференциальный коэффициенты ПИД-регулятора.
  - b. Пропорциональный коэффициент  $K_p$  сделать равным 10.
  - c. Параметром SetRot установить скорость вращения двигателя равной 200.
  - d. В случае отсутствия перерегулирований повысить  $K_p$ .
  - e. Повторять выполнение шага d) до появления эффекта перерегулирования.
  - f. Установить значение коэффициента  $K_p$  на уровне 0,5 от найденного.
3. Настроить параметры энкодера:
  - a. Установить количество импульсов на один оборот энкодера согласно документации энкодера.
  - b. Установить значение максимальной частоты вращения вала энкодера равным 100.
  - c. Интегральный коэффициент сделать равным 5.
  - d. Параметром SetRot задать скорость вращения 200 и проверить, что значение текущей скорости соответствует заданной. Если величины отличаются, необходимо уменьшить значение параметра 29 в 10 раз:
    - если отображаемая скорость вращения возросла, но не достигла заданного значения, необходимо повторить предыдущий шаг;
    - если уменьшение параметра 29 перестало приводить к возрастанию отображаемой скорости вращения, необходимо изменить значение параметра 30.
    - если отображаемая скорость равна заданной, убедиться, что уменьшение параметра 29 не приводит к её увеличению.

- е. Установить скорость вращения равной 1000. Считать значение текущей скорости вращения. Если она равна 1000, повторить шаг d).
- ф. Рассчитать оптимальное значение параметра 29 согласно формуле:

$$Ne_{\max\_opt} = \frac{W_{\text{дв\_тек}}}{1000} \cdot Ne_{\max\_тек},$$

где:

$Ne_{\max\_opt}$  – оптимальное значение максимальной частоты вращения вала энкодера;

$W_{\text{дв\_тек}}$  – текущая скорость вращения двигателя;

$Ne_{\max\_тек}$  – текущее значение параметра 29;

- г. Установить значение максимальной частоты вращения вала энкодера равным, округлённым в меньшую сторону.
  - h. Проверить правильность параметра 29 для нескольких значений скорости.
4. Настроить интегральный коэффициент ПИД-регулятора:
- а. Повысить интегральный коэффициент  $K_i$  и проверить переходную характеристику.
  - б. Повторять шаг а) до появления перерегулирования.
  - с. Установить значение интегрального коэффициента  $K_i$  на уровне 0,5 от найденного.
5. Проверить системы на стабильность, задавая различные значения.

В случае необходимости уменьшения разброса значений текущей скорости вращения, следует увеличить значение параметра 24 (время накопления импульсов от энкодера).

### 3 Техническое обслуживание

Блок управления не требует технического обслуживания.

### 4 Текущий ремонт

Ремонт блока управления осуществляется только у изготовителя.

### 5 Хранение

Блок управления следует хранить в закрытых помещениях с естественной вентиляцией при температуре от  $-50$  до  $+85^{\circ}\text{C}$  и относительной влажности воздуха 80% при температуре  $20^{\circ}\text{C}$ . Наличие в воздухе паров кислот, щелочей и других агрессивных примесей не допускается.

## 6 Транспортирование

Блок управления может транспортироваться всеми видами закрытого транспорта в соответствии с правилами перевозок, действующими на каждом виде транспорта.

## 7 Утилизация

Утилизация блока управления производится в порядке, принятом на предприятии-потребителе. После окончания срока службы блок управления не представляет опасности для жизни, здоровья людей и окружающей среды.

## 8 Гарантии изготовителя

Изготовитель гарантирует соответствие блока управления требованиям технической документации при соблюдении потребителем условий эксплуатации, хранения и транспортирования.

Гарантийный срок эксплуатации – 24 месяца со дня продажи и не более 36 месяцев со дня изготовления.

## 9 Изготовитель

ЗАО Лаборатория Электроники

Юридический адрес: Тетеринский пер., д. 16, стр. 1, помещение ТАРП ЦАО, г. Москва, Россия, 109004

Фактический адрес: ул. Стромынка, д. 18, г. Москва, Россия, 107076

Тел./факс: 8-495-783-26-18

Электронный адрес:

[www.ellab.ru](http://www.ellab.ru); [www.ellab.info](http://www.ellab.info); [www.ellab.su](http://www.ellab.su)

Электронная почта:

[info@ellab.ru](mailto:info@ellab.ru); [support@ellab.ru](mailto:support@ellab.ru)