

## Инструкция по настройке контура тока преобразователя частоты Unidrive SP

В этом руководстве описаны минимальные манипуляции, которые необходимо провести для того, чтобы преобразователь частоты Unidrive SP оптимально настроил контур тока для управления выбранным вами двигателем.

ПЧ Unidrive SP можно настроить вручную самостоятельно, но можно воспользоваться функцией автонастройки, в которой будут измерены все параметры необходимые для оптимальной работы привода в целом. Для использования этой функции, необходимо проделать все нижеследующие действия.

### Часть 1 Подготовка к проведению автонастройки

1. Перед началом настройки необходимо выбрать какой протокол передачи данных будет использоваться при настройке ПЧ а также назначить скорость последовательного порта.

**#0.35** {11.24} Этот параметр определяет протокол передачи данных, используемый портом 485 привода. (Примечание: ANSI использует 7 битов данных, 1 стоповый бит и контроль на четность суммы; Modbus RTU использует 8 битов данных, 2 стоповых бита и не использует контроль четности)

Величина Comms	Строка	Режим связи
0	AnSI	ANSI
1	rtU	Протокол Modbus RTU
2	Lcd	Протокол Modbus RTU, но только для панели SM-Keypad Plus

**#0.36** {11.25} Скорость последовательного порта в Бодах {300 (0), 600 (1), 1200 (2), 2400 (3), 4800 (4), 9600 (5), 19200 (6), 38400 (7), 57600 (8)\*, 115200 (9)\*}

\* применимо только в режиме Modbus RTU

При работе с использованием {CT Comms Cable - Кабель (RS232/485)} доступная скорость будет не больше 19200, при использовании {CT USB Comms Cable - Кабель USB} максимальная доступная скорость составит 115200.

2. Далее необходимо определиться в каком режиме будет работать привод (преобразователь частоты (ПЧ) + двигатель)

**#0.48** {11.38} Выбор рабочего режима.

Настройка		Рабочий режим
OPEn LP	1	Разомкнутый контур
CL VECt	2	Векторный с замкнутым контуром
SerVO	3	Сервосистема
rEgEn	4	Рекуперация

**В режиме разомкнутого контура (OPEn LP) доступны следующие режимы работы:**

#### **Векторный режим разомкнутого контура**

**#0.07** {5.14} Значения: Ur\_S (0), Ur (1), Ur\_Auto (3), Ur\_I (4)

Подаваемое на двигатель напряжение прямо пропорционально частоте, кроме низких частот, когда привод использует параметры двигателя для подачи напряжения, нужного для обеспечения неизменного потока при изменяющейся нагрузке.

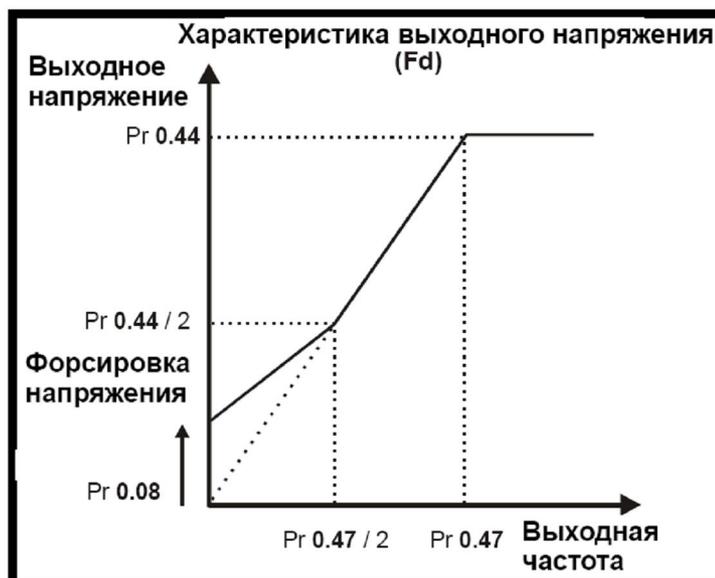
Обычно полный момент (100%) на 50 Гц двигателе можно получить вплоть до частот 1 Гц.

#### **Постоянная зависимость V/f**

**#0.07** {5.14} Значение Fd (2)

Подаваемое на двигатель напряжение прямо пропорционально частоте, кроме низких частот, когда имеется повышение напряжения (форсировка) согласно настройке пользователя. Этот режим можно использовать для управления несколькими двигателями.

Обычно полный момент (100%) на 50 Гц двигателе можно получить вплоть до частот 4 Гц.

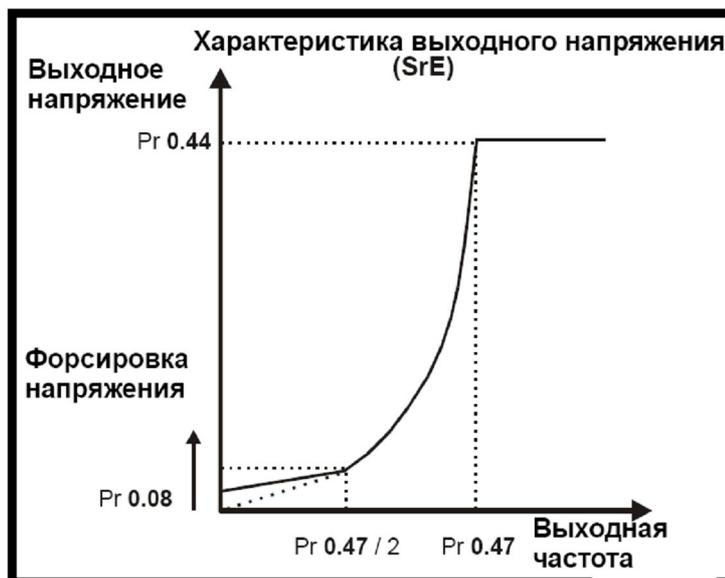


#### **Квадратичная зависимость V/f**

**#0.07** {5.14} Значение SrE (5)

Подаваемое на двигатель напряжение прямо пропорционально квадрату частоты, кроме низких частот, когда имеется повышение напряжения согласно настройке пользователя. Этот режим можно использовать для управления вентилятором или насосом с

квадратичной характеристикой нагрузки или для управления несколькими двигателями. Этот режим не годится для приложений, где необходим большой пусковой крутящий момент.



Примечание: Форсировку (boost) напряжения на малой частоте в разомкнутом контуре **#0.08** {5.15} можно вводить только в режимах постоянной, либо квадратичной зависимости  $V/f$  (значение параметра **#0.07** {5.14} равно  $F_d$  (2), либо SrE (5) соответственно). В режиме векторного управления разомкнутым контуром “boost” не участвует.

**В режиме замкнутого контура (CL VECt) доступны следующие режимы работы:**

### Векторный режим замкнутого контура

**#3.24** Значения: Position feedback (0), No max speed limit (2)

Для использования с асинхронными двигателями с датчиком сигнала обратной связи. Привод непосредственно управляет скоростью двигателя с помощью датчика обратной связи, обеспечивая в точности нужную скорость ротора. Поток двигателя точно управляется так, чтобы всегда обеспечить полный крутящий момент вплоть до нулевой скорости.

### Режим RFC

**#3.24** Значения: No Position feedback (1), No Position feedback and no max speed limit (3)

Для работы с асинхронными электродвигателями без датчика обратной связи. Для управления потоком ротора используется замкнутый контур управления током, что позволяет достичь такого же тока перегрузки, как в режимах замкнутого контура и устраняет нестабильность при низких нагрузках, которая присуща обычным схемам управления с разомкнутым контуром.

Примечание: Удовлетворительная работа двигателя достигается на частотах от 1Гц. На частотах до 1Гц двигатель развивает очень малый момент.

Примечание: Если ПЧ выдает ошибку об обрыве кабеля датчика обратной связи, то необходимо **#3.40** выставить в 0.

### Серво (SerVO)

Для использования с бесщеточными двигателями с постоянными магнитами с датчиком обратной связи. Привод непосредственно управляет скоростью двигателя с помощью датчика обратной связи, обеспечивая в точности нужную скорость ротора. Управление

потоком не требуется, поскольку двигатель самовозбуждается постоянными магнитами, которые являются частью ротора.

Датчик обратной связи должен давать информацию о точном положении ротора, это позволяет точно согласовать выходное напряжение привода с противо-ЭДС двигателя. Полный крутящий момент доступен вплоть до нулевой скорости.

### Рекуперация (rEgEn)

Для использования в качестве рекуперативного устройства при четырехквadrантной работе.

Режим рекуперации позволяет обеспечить двусторонний поток энергии в источник переменного питания и из него. Это позволяет достичь очень высоких уровней эффективности в приложениях, в которых иначе большие количества энергии рассеивались бы в виде тепла в тормозном резисторе.

Из-за почти синусоидального характера напряжения содержание высших гармоник во входном токе очень мало в сравнении с обычным мостовым выпрямителем или тиристорным блоком выпрямления.

### 3. Установить режим аналогового входа 3

Этот аналоговый вход по умолчанию используется для подключения термодатчика двигателя: значение параметра 8 (th). Если термодатчик не подключен, то ПЧ будет выдавать ошибку сразу после включения. Для того, чтобы отключить индикацию ошибки необходимо выставить в параметре #0.21 (7.15) 0 либо 1 (0-20, 20-0).

После подключения термодатчика необходимо настроить параметр в соответствии с таблицей:

Величина Pr	Строка Pr	Режим	Комментарии
0	0-20	0 - 20 мА	
1	20-0	20 - 0 мА	
2	4-20	4 - 20 мА с отключ. по потере тока	Отключен, если $I < 3$ мА
3	20-4	20 - 4 мА с отключ. по потере тока	Отключен, если $I < 3$ мА
4	4-20.tr	4 - 20 мА без отключ. по потере тока	0.0% если $I \leq 4$ мА
5	20-4.tr	20 - 4 мА без отключ. по потере тока	100% если $I \leq 4$ мА
6	VOLt	Режим напряжения	
7	th.SC	Режим термистора с обнаружением короткого замыкания (КЗ)	Откл. Th при $R > 3,3$ кОм Сброс Th при $R < 1,8$ кОм Откл ThS при $R < 50$ Ом
8	th	Режим термистора без обнаружения КЗ	Откл. Th при $R > 3,3$ кОм Сброс Th при $R < 1,8$ к
9	th.diSp	Режим термистора только с показом без отключения	

Примечание: изменяя настройку параметра, вы тем самым, лишь отключаете индикацию ошибки, термодатчик двигателя при этом остается неподключенным

#### 4. Установить режим управления ПЧ

**#0.14** {4.11} Селектор режима управления.

Выбор режима управления производится согласно нижеследующей таблице:

Настрой-ка	Разомкнутый контур	Замкнутый контур управления
0	Управление частотой	Управление скоростью
1	Управление моментом	Управление моментом
2		Управление моментом без обратной связи по скорости
3		Режим намотки/сматывания
4		Управление скоростью с прямой подачей момента

#### 5. Укажите тип энкодера привода (для замкнутого контура)

**#3.38** Тип энкодера привода.

К разъему энкодера привода можно подключить следующие энкодеры:

0. Ab: Импульсный инкрементный энкодер с импульсом маркера или без него

1. Fd: Инкрементный энкодер с выходами частоты и направления, с импульсом маркера или без него

2. Fr: Инкрементный энкодер с выходами вперед и назад, с импульсом маркера или без него.

Этот тип энкодера можно использовать для управления двигателем в векторном режиме замкнутого контура и в режиме серво. В режиме серво после каждого включения питания привода или отключения из-за энкодера нужно выполнять тест фазировки.

3. Ab.Servo: Импульсный инкрементный энкодер с сигналами коммутации, с импульсом маркера или без него

4. Fd.Servo: Инкрементный энкодер с выходами частоты и направления с сигналами коммутации, с импульсом маркера или без него

5. Fr.Servo: Инкрементный энкодер с выходами вперед и назад с сигналами коммутации, с импульсом маркера или без него

Этот тип энкодера обычно используется только в режиме серво. Если он используется в векторном режиме замкнутого контура, то сигналы UVW игнорируются. Сигналы коммутации UVW определяют положение двигателя в первые 120° электрического поворота после включения привода или инициализации энкодера.

6. SC: SinCos:Энкодер SinCos без последовательного порта

Этот тип энкодера можно использовать для управления двигателем в векторном режиме замкнутого контура и в режиме серво. В режиме серво после каждого включения питания привода или отключения из-за энкодера нужно выполнять тест фазировки.

7. SC.Hiper: Абсолютный энкодер SinCos с протоколом порта связи Stegmann 485 (HiperFace).

Этот тип энкодера выдает абсолютное положение и его можно использовать для управления в замкнутом контуре в режимах векторном и серво.

Привод может проверять положение по синусной и косинусной волнам относительно внутреннего положения энкодера по порту связи и в случае ошибки привод отключается. Модули создания приложений и модули типа Fieldbus могут обмениваться данными с энкодером через параметры, которые не отображаются на панели и в порту связи 485.

#### 8. EnDat: Абсолютный энкодер только EnDat

Этот тип энкодера выдает абсолютное положение и его можно использовать для управления в замкнутом контуре в режимах векторном и серво.

Дополнительный обмен данными с энкодером из модулей создания приложений и модулей типа Fieldbus невозможен.

#### 9. SC.Endat: Абсолютный энкодер SinCos с протоколом порта связи EnDat

Этот тип энкодера выдает абсолютное положение и его можно использовать для управления в замкнутом контуре в режимах векторном и серво.

Привод может проверять положение по синусной и косинусной волнам относительно внутреннего положения энкодера по порту связи и в случае ошибки привод отключается. Модули создания приложений и модули типа Fieldbus могут обмениваться данными с энкодером через параметры, которые не отображаются на панели и в порту 485 связи привода

#### 10. SSI: Абсолютный энкодер только SSI

Этот тип энкодера выдает абсолютное положение и его можно использовать для управления в замкнутом контуре в режимах векторном и серво. Дополнительный обмен данными с энкодером из модулей создания приложений и модулей типа Fieldbus не возможен. Энкодеры SSI используют код Грея или двоичный формат, это можно выбрать в **#3.41**.

#### 11. SC.SSI: Энкодер SinCos с протоколом порта SSI

Этот тип энкодера выдает абсолютное положение и его можно использовать для управления в замкнутом контуре в режимах векторном и серво.

Привод может проверять положение по синусной и косинусной волнам относительно внутреннего положения энкодера по порту последовательной связи и в случае ошибки привод отключается.

Все энкодеры SinCos и энкодеры с последовательными портами нужно сначала инициализировать и только затем можно использовать их данные о положении. Энкодер автоматически инициализируется при включении питания, после сброса отключений Enc1 - Enc8 или Enc11 - Enc17, и после установки параметра инициализации (**#3.47**) в 1. Если энкодер не инициализирован или инициализация недопустима, то привод выполняет отключение Enc7.

#### 6. Введите число меток (импульсов) энкодера на оборот

**#0.27** {3.34} Число меток энкодера привода на оборот

#### 7. Выберите источник задания

**#0.05** {1.14} Выбор источника задания. Значение параметра выбирается из таблицы:

Настройка		
A1.A2	0	Аналоговый вход 1 ИЛИ аналоговый вход 2, выбор по цифровому входу, клемма 28
A1.Pr	1	Аналоговый вход 1 ИЛИ задание частоты/скорости, выбор по цифровому входу, клемма 28 и 29
A2.Pr	2	Аналоговый вход 2 ИЛИ задание частоты/скорости, выбор по цифровому входу, клемма 28 и 29
Pr	3	Предустановленная частота/скорость
PAd	4	Задание с панели управления
Prc	5	Точное (прецизионное) задание

#### 8. Отключите рампу

**#0.16** {2.02} Разрешение рампы

Настройка **#0.16** в 0 позволяет пользователю отключить рампы. Обычно это применяют, если двигатель должен точно следовать за заданным значением скорости.

#### 9. Введите номинальное напряжение привода

**#0.44** {5.09} Номинальное напряжение привода

#### 10. Введите номинальный ток привода

**#0.46** {5.07} Номинальный ток привода

#### 11. Настройте максимальную частоту ШИМ

**#0.41** {5.18} Максимальная частота ШИМ

#### 12. Введите число полюсов двигателя

**#0.42** {5.11} Число полюсов двигателя

#### 13. Настройте номинальную скорость и частоты двигателя если используется асинхронный двигатель

**#0.45** {5.08} Номинальная скорость двигателя при полной нагрузке

**#0.47** {5.06} Номинальная частота вращения двигателя

#### 14. Если вы работаете с синхронным двигателем, то введите коэффициент тока и константу противо ЭДС

**#5.32** Значение момента двигателя на ампер Kt

**#5.33** Значение напряжения на 1000 оборотов в минуту вала двигателя Ke

#### 15. Введите максимальное ускорение и замедление

**#0.03** {2.11} Величина ускорения

Обратите внимание, что большие величины создают меньшие ускорения. Эта величина применяется к обоим направлениям вращения.

**#0.04** {2.22} Величина замедления

Обратите внимание, что большие величины создают меньшие замедления. Эта величина применяется к обоим направлениям вращения.

## Часть 2 Автонастройка

Для проведения оптимальной автонастройки необходимо ввести все параметры, описанные в части "Подготовка к автонастройке". Далее, необходимо в параметр #0.40 {5.12} ввести режим автонастройки.

### Разомкнутый контур управления

В режиме разомкнутого контура имеется две проверки (теста) автонастройки, при неподвижном и вращающемся роторе. По мере возможности стоит использовать автонастройку с вращающимся ротором, поскольку при этом привод использует измеренный коэффициент мощности двигателя.

- Автонастройку с неподвиж. ротором следует использовать, если к двигателю подключена нагрузка и ее невозможно отключить от вала.

- При автонастройке с вращением ротора сначала выполняется автонастройка с неподвиж. ротором, и затем двигатель несколько секунд вращается в направлении "вперед" со скоростью в 2/3 от номинальной скорости. Для выполнения автонастройки с вращ. ротором двигатель должен работать без нагрузки.

Для выполнения автонастройки задайте 1 в 0.40 для неподвижного ротора или 2 для вращения ротора, на привод надо подать сигнал разрешения (на клемму 31) и сигнал работы #6.15 = on и #6.34 = on. После выполнения процедуры автонастройки необходимо отключить сигнал работы или сигнал разрешения, и только после этого привод может работать от нужного заданного значения.

### Замкнутый контур управления

В векторном режиме замкнутого контура имеется три проверки (теста) автонастройки: неподвиж. ротор, вращ. ротор и измерение момента инерции на валу двигателя. Автонастройка с неподв. ротором дает умеренное качество работы, а автонастройка с вращ. ротором обеспечивает улучшенное качество работы, поскольку она измеряет фактические значения параметров двигателя, необходимые приводу для работы. Измерение момента инерции следует выполнять отдельно от теста неподвижного и вращающегося ротора.

- Автонастройку с неподвиж. ротором следует использовать, если к двигателю подключена нагрузка и ее невозможно отключить от вала.

- При автонастройке с вращ. ротором сначала выполняется неподвижная автонастройка, и затем двигатель примерно 30 секунд вращается в направлении "вперед" со скоростью в 2/3 от номинальной скорости. Для выполнения автонастройки с вращающимся ротором двигатель должен работать без нагрузки.

- Тест измерения момента инерции позволяет определить суммарный момент инерции нагрузки и двигателя. Он используется для настройки усилений в контуре управления скоростью и обеспечивает нужный для разгона динамический момент. Во время измерения момента инерции скорость двигателя несколько раз изменяется от 1/3 до 2/3 номинальной скорости в направлении "вперед". К двигателю может быть подключена нагрузка с постоянным моментом, при этом тест все равно будет давать точные результаты измерений. Однако использование нелинейных нагрузок и зависящих от скорости нагрузок приводит к появлению ошибок измерений.

Для выполнения автонастройки задайте 1 в 0.40 для неподвижного ротора, 2 для вращающегося ротора или 3 для измерения момента инерции, на привод надо подать сигнал разрешения (на клемму 31) и сигнал работы и сигнал работы #6.15 = on и #6.34 = on. После выполнения процедуры автонастройки необходимо отключить сигнал работы или сигнал разрешения, и только после этого привод может работать от нужного заданного значения.

## Сервосистема

В серво режиме имеется три теста автонастройки: короткий тест малой скорости, нормальный тест малой скорости и тест измерений момента инерции. По мере возможности следует выполнять нормальный тест малой скорости, поскольку привод измеряет сопротивление статора и индуктивность двигателя и по этим данным рассчитывает коэффициенты усиления для контура тока. Тест измерения момента инерции следует выполнять отдельно от автонастройки с короткой малой скоростью и от автонастройки с нормальной малой скоростью.

- В коротком тесте малой скорости двигатель вращается на 2 электрических оборота (то есть до 2 механических оборотов) в направлении вперед и при этом измеряется фазовый угол энкодера. Для этого теста двигатель должен работать без нагрузки.

- В нормальном тесте малой скорости двигатель вращается на 2 электрических оборота (то есть до 2 механических оборотов) в направлении вперед. Тест измеряет фазовый угол энкодера и обновляет другие параметры, включая коэф. усиления контура тока. Для этого теста двигатель должен работать без нагрузки.

- Тест измерения инерции позволяет определить суммарный момент инерции нагрузки и двигателя. Он используется для настройки коэффициентов усиления в контуре управления скоростью и обеспечивает нужный для разгона динамический момент. Во время теста измерения инерции скорость двигателя несколько раз изменяется от 1/3 до 2/3 номинальной скорости в направлении "вперед". К двигателю может быть подключена нагрузка с постоянным моментом нагрузки, при этом тест все равно будет давать точные результаты измерений. Однако использование нелинейных нагрузок и зависящих от скорости нагрузок приводит к появлению ошибок измерений.

- Тест с неподвижным двигателем измеряет только сопротивление и индуктивность двигателя и обновляет параметры усиления контура тока. Это тест не измеряет фазовый угол энкодера, поэтому его нужно выполнять вместе с коротким тестом малой скорости или с тестом минимального движения.

- Тест минимального движения поворачивает двигатель на малый угол для измерения фазового угла энкодера. Этот тест нельзя использовать для двигателя с нагрузкой.

Для выполнения автонастройки задайте в 0.40 1 для короткого теста малой скорости, 2 для нормального теста малой скорости или 3 для теста измерения инерции, 4 для неподвижного теста или 5 для теста минимального движения, на привод надо подать сигнал разрешения (на клемму 31) и сигнал работы #6.15 = on и #6.34 = on. После выполнения процедуры автонастройки необходимо отключить сигнал работы или сигнал разрешения, и только после этого привод может работать от нужного заданного значения. Настройка Pr 0.40 в значение 6 заставляет привод вычислить коэффициенты усиления по измеренным значениям сопротивления и индуктивности двигателя. При этом тесте привод не подает на двигатель никакого напряжения. Сразу после завершения вычислений (примерно через 100 мсек) привод сбрасывает Pr 0.40 назад в 0.

Не забудьте сохранить параметры. Для этого необходимо в параметр XX.00 любого меню ввести 1000 и выполнить сброс привода (Reset).

## Часть 3 Полезные параметры

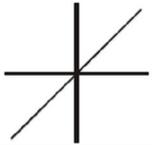
### 1. Максимальный и минимальный пределы задания скорости (частоты)

**#0.01** {1.07} Минимальное ограничение задания

**#0.02** {1.06} Максимальное ограничение задания

### 2. Выбор биполярного задания

**#0.22** {1.10} определяет, является ли задание (опорный сигнал) однополярным или биполярным, как показано ниже:

Pr 0.22	Функция	
0	Однополярное заданное значение скорости/ частоты	
1	Биполярное заданное значение скорости/ частоты	

### 3. Коэффициенты контура скорости

В приводе имеются два набора коэффициентов пропорционального звена регулятора скорости (**#3.10**=Kp1, **#3.13**=Kp2) и два набора коэффициентов интегрального звена регулятора скорости (**#3.11**=Ki1, **#3.14**=Ki2) с помощью параметра **#3.16** для работы регулятора скорости можно выбрать любой из этих наборов. Если **#3.16** = 0, то используются коэффициенты Kp1, Ki1, а если **#3.16** = 1, то используются коэффициенты Kp2, Ki2. **#3.16** можно изменить при наличии/отсутствии сигнала разрешения работы привода (Enable).

Следует отметить, что интегральная составляющая контура скорости может иметь много большее численное значение по сравнению с пропорциональной составляющей.

### 4. Фильтр задания тока

Для задания тока предусмотрен фильтр первого порядка, постоянная времени которого определяется этим параметром. Он позволяет снизить акустический шум и вибрации, возникающие из-за шума оцифровки (квантования) сигнала обратной связи по положению. В зависимости от значения селектора коэффициента усиления регулятора скорости **#3.16** можно выбрать альтернативные постоянные времени. Если **#3.16** = 0, то используется **#4.12** {0.17}, а если **#3.16** = 1, то используется **#4.23**.

### 5. Симметричный предел тока

#### **Разомкнутый контур**

Предел рабочего тока применяется в любом направлении вращения, если машина создает крутящий момент. Аналогично предел тока рекуперации применяется в любом направлении, если машина создает рекуперационный момент. Симметричный предел тока может заменить предел рабочего тока или тока рекуперации, если он настроен на меньшую величину, чем эти пределы.

Пределы тока сравниваются с активным током, и если ток превышает предел, то значение ошибки пропускается через ПИ-регулятор тока, чтобы получить компонент частоты, который используется для изменения выхода ramпы. Полученная ошибка по току всегда снижает частоту к нулю, если активный ток превышает рабочий предел, или увеличивает

частоту к максимальной, если ток превышает предел рекуперации. Рампа работает даже при активном пределе тока, поэтому коэффициенты усиления пропорционального и интегрального звеньев (#4.13 и #4.14) должны быть достаточно велики, чтобы противодействовать воздействию ramпы.

#### **Замкнутый векторный контур и сервосистема**

Предел рабочего тока применяется в любом направлении вращения, если машина создает крутящий момент. Аналогично предел тока рекуперации применяется в любом направлении, если машина создает рекуперационный момент. Симметричный предел тока может заменить предел рабочего тока или тока рекуперации, если он настроен на меньшую величину, чем эти пределы.

#### **Рекуперация**

Пределы тока имеются и для режима рекуперации, однако при активных пределах тока больше нельзя управлять напряжением на шине звена постоянного тока.

6. Подключение ramпы [Только замкнутый контур и серво]. В разомкнутом контуре присутствует всегда.

**#0.16** {2.02} Разрешение ramпы

7. Подключение тепловой защиты двигателя осуществляется параметром **#4.16**. контроль нагрева обмоток двигателя осуществляется по средствам математической модели

8. Тепловая постоянная времени **#4.15**

9. включение высокодинамичных характеристик **#5.26** [замкнутый контур, серво]

При установке этого бита привод создает напряжение прямой подачи перекрестной связи согласно переходной индуктивности и член напряжения прямой подачи согласно частоте. Эти напряжения улучшают переходные характеристики регуляторов тока.

10. Отключение контроля скольжения в разомкнутом контуре [разомкнутый контур]

**#5.27** Включение компенсации скольжения

11. Если не проходит тест поиска полюса нужно увеличить **#5.39 Minimal movement phasing test pulse length** [режим серво] увеличивается длительность импульса в тесте поиска полюса (#5.14)