

Быстрый запуск в работу ПЧ серии EN500/600

ВНИМАНИЕ!!!

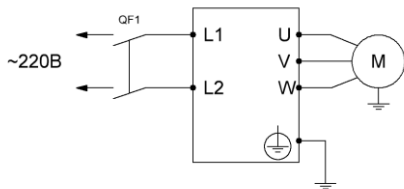
Перед началом работы внимательно ознакомьтесь с выделенными вставками с графической пометкой «важно» в разделах 1 и 3 основной инструкции производителя.

При построении более сложных систем, чем описанные примеры в данной инструкции, внимательно изучите полную инструкцию пользователя производителя.

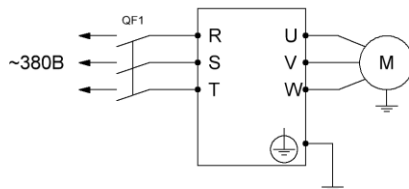
СОДЕРЖАНИЕ

1. ПОДКЛЮЧЕНИЕ СИЛОВОЙ ЦЕПИ	2
Выбор автоматического выключателя, кабеля питания и проводов управления	2
2. ПОДКЛЮЧЕНИЕ ЦЕПЕЙ УПРАВЛЕНИЯ ТЕРМИНАЛА	3
Описание разъёмов клеммной коробки	3
3. ПАРАМЕТРИРОВАНИЕ (РАБОТА С ПУЛЬТОМ)	4
Описание кнопок пульта	4
Пример просмотра параметра F26.01 затем F01.01 в режиме ожидания	5
Пример изменения параметра F15.01 затем F15.02 в режиме ожидания	5
4. ОСНОВНЫЕ (МИНИМАЛЬНЫЕ) НАСТРОЙКИ ПЧ	6
Зависимость схемы соединения обмоток мотора от модели инвертора и номинального напряжения типового электродвигателя	6
Настройки параметров двигателя группы F15, пределов изменения частоты и времени разгона/торможения, включение кнопки реверс	6
5. ПЕРЕВОД ПЧ В ВЕКТОРНЫЙ РЕЖИМ	7
6. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТОРМОЗНОГО РЕЗИСТОРА И ТОРМОЗНОГО МОДУЛЯ	8
Тормозной резистор	8
Внешний тормозной модуль	9
Подбор эквивалента тормозного резистора	10
7. ПРИМЕРЫ ПРОСТЫХ РЕШЕНИЙ (СХЕМЫ И НАСТРОЙКИ)	11
Внешнее управление 2-х проводной режим тип 1	11
Внешнее управление 3-х проводной режим тип 1	11
Регулировка установленной частоты с помощью потенциометра (переменного резистора)	12
Регулировка установленной частоты с помощью внешних кнопок	12
Простейшая схема подключения частотного преобразователя EN600 к одному насосу с управлением от пульта ПЧ	12
Подключение электрического тормоза к дискретному выходу ПЧ через промежуточное реле	14
Простой способ синхронизации работы двух или более ПЧ по интерфейсу RS-485	15
Приложение А. Памятка по основным параметрам настроек ПЧ серии EN500/600	16
Приложение Б. Информация о неисправностях ПЧ серии EN500/600	17
Приложение №1. Таблица настроек ПИД-регулятора на основе метода Циглера-Николаса	18

1. ПОДКЛЮЧЕНИЕ СИЛОВОЙ ЦЕПИ



Простая силовая схема подключения к однофазной питающей сети ~220В для моделей EN600-2Sxxxx



Простая силовая схема подключения к трехфазной питающей сети ~380В для моделей EN500/600-4Txxxx

ВНИМАНИЕ!!!

Запрещается отключать питающее напряжение при разгоне, торможении и работающем двигателе. Питающее напряжение может быть отключено только когда мотор остановлен и инвертор находится в режиме ожидания.

Выбор автоматического выключателя, кабеля питания и проводов управления

Для проводов питания нужно использовать медный кабель в ПВХ изоляции, если длина кабеля до мотора превышает 50м в цепь дополнительно устанавливается моторный дроссель. Для сигнальных проводов должен использоваться многожильный экранированный кабель, коммутируемые концы кабеля необходимо залудить, экран должен быть одним концом подключен к клемме заземления частотного преобразователя, который в свою очередь должен быть надежно заземлен, второй конец экрана провода управления не заземляется.

Модель	Номинальный ток Авт. выкл. QF1, А	Сечение проводов на входе, мм ²	Сечение проводов на выходе, мм ²	Сечение провода управления мм ²
EN600-2S0004	6	0.75	0.75	0.5
EN600-2S0007	10	0.75	0.75	0.5
EN600-2S0015	16	1.5	1.5	0.5
EN600-2S0022	16	1.5	1.5	0.5
EN600-2S0037	20	2.5	2.5	0.75
EN600-4T0007G/0015P	6	0.75	0.75	0.5
EN600-4T0015G/0022P	10	0.75	0.75	0.5
EN600-4T0022G/0037P	16	1.5	1.5	0.5
EN600-4T0037G/0055P	20	2.5	2.5	0.75
EN600-4T0055G/0075P	20	2.5	2.5	0.75
EN600-4T0075G/0110P	25	4.0	4.0	0.75
EN600-4T0110G/0150P	32	6.0	6.0	0.75
EN600-4T0150G/0185P	40	6.0	6.0	0.75
EN600-4T0185G/0220P	50	10	10	1.0
EN600-4T0220G/0300P	50	10	10	1.0
EN600-4T0300G/0370P	63	16	16	1.0
EN600-4T0370G/0450P	80	25	25	1.0
EN600-4T0450G/0550P	100	35	35	1.0
EN600-4T0550G/0750P	125	50	50	1.0
EN500-4T0750G/0900P	250	70	70	1.5
EN500-4T0900G/1100P	250	95	95	1.5
EN500-4T1100G/1320P	350	120	120	1.5
EN500-4T1320G/1600P	400	120	120	1.5
EN500-4T1600G/2000P	500	150	150	1.5
EN500-4T2000G/2200P	630	185	185	1.5
EN500-4T2200G/2500P	700	240	240	1.5

2. ПОДКЛЮЧЕНИЕ ЦЕПЕЙ УПРАВЛЕНИЯ ТЕРМИНАЛА

ВНИМАНИЕ!!!

При коммутации сигнальных проводов к входным клеммам преобразователя частоты необходимо: открутить винт клеммы против часовой стрелки до образования достаточного зазора между прижимными контактными пластинами; затем вставить кабель в образовавшийся зазор и закрутить винт по часовой стрелке.

Переключение SW1-SW4 и коммутацию проводов производить только при отключенном преобразователе частоты.

Описание разъёмов клеммной коробки

Обозначение	Описание
X1~X8	Дискретные (логические) входы. Диапазон входного напряжения : 15~30В. Вход X8 может быть использован как высокоскоростной импульсный вход.
+24V, COM	Внутренний источник питания 24В. Также является источником логических уровней для дискретных входов(X)/выходов(Y). Макс. выходной ток: 200мА.
+10V, GND	Внутренний источник питания 10В. Также является источником аналоговых уровней для входов(AI)/выходов(AO). Макс. выходной ток: 50мА.
AI1, AI2	Аналоговые входы. AI1 - Аналоговый вход 1. Тип сигнала 0~10V – переключатель SW1 в верхнем положении (Рис.2), в значение параметра F0.20 в разряде единиц установить ноль; тип сигнала 4~20mA - переключатель SW1 в нижнем положении (Рис.2), в значение параметра F0.20 в разряде единиц установить единицу. AI2 - Аналоговый вход 2; тип сигнала -10~10V - переключатель SW2 в верхнем положении (Рис.2), в значение параметра F0.20 в разряде десятков установить ноль; тип сигнала 4~20mA - переключатель SW2 в нижнем положении (Рис.2), в значение параметра F0.20 в разряде десятков установить единицу.
AO1, AO2	Аналоговые выходы. AO1 - Аналоговый выход 1. Тип сигнала 0~10V – переключатель SW3 в верхнем положении (Рис.2), в значение параметра F0.21 в разряде единиц установить ноль; тип сигнала 4~20mA - переключатель SW3 в нижнем положении (Рис.2), в значение параметра F0.21 в разряде единиц установить единицу. AO2 - Аналоговый выход 2; тип сигнала 0~10V - переключатель SW4 в верхнем положении (Рис.2), в значение параметра F0.21 в разряде десятков установить ноль; тип сигнала 4~20mA - переключатель SW4 в нижнем положении (Рис.2), в значение параметра F0.21 в разряде десятков установить единицу.
Y1~Y4	Дискретные (логические) выходы с открытым коллектором. Макс. выходное напряжение 30В, макс. выходной ток 50мА. Выход Y4 может быть использован как высокоскоростной импульсный выход.
485+, 485-	Интерфейс RS-485
TA, TB, TC	Релейный выход. ТВ-ТС нормально замкнутый контакт, ТА-ТС нормально разомкнутый контакт. Перем.ток 250В/2А (cosφ=1), перем. ток 250В/1А (cosφ=0.4), пост. ток 30В/1А.
	
Рис.1	Рис.2

3. ПАРАМЕТРИРОВАНИЕ (РАБОТА С ПУЛЬТОМ)



Описание кнопок пульта

	<p>Кнопка «Меню программирования/отмена». В обычном режиме переходит в меню первого уровня (изменение номера параметра). При нахождении в меню второго уровня (изменение значения параметра) переходит в меню первого уровня. При нахождении в меню первого уровня переходит в обычный режим.</p>
	<p>Кнопка «Сдвиг». При параметрировании сдвигает активность (символ мигает) для изменения символа на следующий. В обычном режиме сдвигает текущий отображаемый параметр на следующий (например: С-00 (уставка) на С-01 (вых. частота), при следующем нажатии на С-02 (вых. ток) и т.д.).</p>
	<p>Кнопка «РЕВЕРС/Jog». В зависимости от параметра F00.15 («Выбор функций кнопок пульта»; Разряд единиц - Функция кнопки «REV/JOG»: 0: Реверс; 1: Запуск Jog режима), запускает двигатель в обратном направлении или при нажатии и удерживании включает режим Jog.</p>
	<p>Кнопка «Увеличить». При параметрировании увеличивает значение активного (мигающий символ). В обычном режиме может использоваться для увеличения значения задания уставки (частоты, момента или давления).</p>
	<p>Кнопка «Уменьшить». При параметрировании уменьшает значение активного (мигающий символ). В обычном режиме может использоваться для уменьшения значения задания уставки (частоты, момента или давления).</p>
	<p>Кнопка «ПУСК». Запускает двигатель в прямом направлении.</p>
	<p>Потенциометр клавиатуры. Используется для изменения значения задания (частоты, момента или давления).</p>
	<p>Кнопка «Ввод данных». При параметрировании является кнопкой подтверждения внесенных изменений. В состоянии ожидания (мотор не запущен) используется для блокировки клавиатуры (нажать и удерживать 2 секунды до появления на экране «LOCH1», набор блокируемых кнопок определяется значением параметра F00.14; для снятия нажать и удерживать 5 секунд)</p>
	<p>Кнопка «СТОП/СБРОС». Работает как «СБРОС» состояния ПЧ при возникновении ошибки, в обычном режиме как «СТОП» - включает режим останова двигателя.</p>

**Пример просмотра параметра F26.01 затем F01.01 в режиме ожидания
(двигатель остановлен, значение индикатора мигает)**

№п/п	Отображение на дисплее	Действие
<i>Просмотр параметра F26.01</i>		
1	50.00 (мигает)	Нажать кнопку «Меню программирования/отмена»
2	F00.00 (мигает подчеркнутый символ)	Нажать кнопку «Увеличить» два раза
3	F20.00 (мигает подчеркнутый символ)	Нажать кнопку «Сдвиг»
4	F20.00 (мигает подчеркнутый символ)	Нажать кнопку «Увеличить» шесть раз
5	F26.00 (мигает подчеркнутый символ)	Нажать кнопку «Сдвиг» два раза
6	F26.00 (мигает подчеркнутый символ)	Нажать кнопку «Увеличить»
7	F26.01 (мигает подчеркнутый символ)	Нажать кнопку «Ввод данных»
8	00	Значение параметра F26.01
<i>Дальнейший просмотр параметра F01.01</i>		
9	00	Нажать кнопку «Меню программирования/отмена»
10	F26.01 (мигает подчеркнутый символ)	Нажать кнопку «Сдвиг»
11	F26.01 (мигает подчеркнутый символ)	Нажать кнопку «Уменьшить» два раза
12	F06.00 (мигает подчеркнутый символ)	Нажать кнопку «Сдвиг»
13	F06.00 (мигает подчеркнутый символ)	Нажать кнопку «Уменьшить» пять раз
14	F01.00 (мигает подчеркнутый символ)	Нажать кнопку «Сдвиг» два раза
15	F01.00 (мигает подчеркнутый символ)	Нажать кнопку «Увеличить»
16	F01.01 (мигает подчеркнутый символ)	Нажать кнопку «Ввод данных»
17	050.00 (мигает подчеркнутый символ)	Значение параметра F01.01
<i>Выход из режима программирования</i>		
18	050.00 (мигает подчеркнутый символ)	Нажать кнопку «Меню программирования/отмена»
19	F01.01 (мигает подчеркнутый символ)	Нажать кнопку «Меню программирования/отмена»
20	50.00 (мигает)	Режим ожидания

**Пример изменения параметра F15.01 затем F15.02 в режиме ожидания
(двигатель остановлен, значение индикатора мигает)**

№п/п	Отображение на дисплее	Действие
<i>Изменение параметра F15.01</i>		
1	50.00 (мигает)	Нажать кнопку «Меню программирования/отмена»
2	F01.01 (мигает подчеркнутый символ)	Нажать кнопку «Увеличить»
3	F11.00 (мигает подчеркнутый символ)	Нажать кнопку «Сдвиг»
4	F11.00 (мигает подчеркнутый символ)	Нажать кнопку «Увеличить» четыре раза
5	F15.00 (мигает подчеркнутый символ)	Нажать кнопку «Сдвиг» два раза
6	F15.00 (мигает подчеркнутый символ)	Нажать кнопку «Увеличить»
7	F15.01 (мигает подчеркнутый символ)	Нажать кнопку «Ввод данных»
8	0001.5 (мигает подчеркнутый символ)	Нажать кнопку «Сдвиг» три раза
9	0001.5 (мигает подчеркнутый символ)	Нажать кнопку «Уменьшить»
10	0000.5 (мигает подчеркнутый символ)	Нажать кнопку «Сдвиг»
11	0000.5 (мигает подчеркнутый символ)	Нажать кнопку «Увеличить» два раза
12	0000.7 (мигает подчеркнутый символ)	Нажать кнопку «Ввод данных»
13	F15.02 (мигает подчеркнутый символ)	Значение параметра F15.01=0,7 сохранено
<i>Дальнейшее изменение параметра F15.02</i>		
14	F15.02 (мигает подчеркнутый символ)	Нажать кнопку «Ввод данных»
15	380 (мигает подчеркнутый символ)	Нажать кнопку «Уменьшить»
16	280 (мигает подчеркнутый символ)	Нажать кнопку «Сдвиг»
17	280 (мигает подчеркнутый символ)	Нажать кнопку «Уменьшить» шесть раз
18	220 (мигает подчеркнутый символ)	Нажать кнопку «Ввод данных»
19	F15.03 (мигает подчеркнутый символ)	Значение параметра F15.02=220 сохранено
<i>Выход из режима программирования</i>		
20	F15.03 (мигает подчеркнутый символ)	Нажать кнопку «Меню программирования/отмена»
21	50.00 (мигает)	Режим ожидания

4. ОСНОВНЫЕ (МИНИМАЛЬНЫЕ) НАСТРОЙКИ ПЧ

Зависимость схемы соединения обмоток мотора от модели инвертора и номинального напряжения типового электродвигателя.



Рис.3. Соединение обмоток мотора по схеме «звезда»



Рис.4. Соединение обмоток мотора по схеме «треугольник»

Модель инвертора	Обозначение номинального напряжения обмоток на шильдике электродвигателя	Соединение обмоток при подключении к ПЧ
EN600-2Sxxxx	220/380	Рис.4.
	380	не используется
	380/660	не используется
EN600-4TxxxxG/xxxxP	220/380	Рис.3.
	380	Рис.4.
	380/660	Рис.4.

ВНИМАНИЕ!!!

При первом включении перед началом параметрирования рекомендуется сбросить настройки в заводское состояние. Для этого установите параметр F00.14=010 (если при входе в параметр отображается 4 цифры, установите 0010).

Проверьте значение параметра F00.00, которое должно быть 1 или 2. Если в параметре записано другое значение, установите и сохраните значение 2.

При подключении нескольких двигателей с параллельной работой к одному преобразователю частоты настройки параметров двигателя группы F15 не производятся (т.е. преобразователь будет работать на номинальной мощности). Следует учитывать, что при таком подключении преобразователь частоты не обеспечивает защиту двигателей. Так же запрещается переводить инвертор в векторный режим работы.

Настройки параметров двигателя группы F15, пределов изменения частоты и времени разгона/торможения, включение кнопки реверс.

Параметр	Описание
F15.01=	Номинальная мощность двигателя (кВт). В соответствии с данными шильдика мотора.
F15.02=	Номинальное напряжение двигателя (В). В соответствии с данными шильдика мотора.
F15.03=	Номинальный ток двигателя (А). В соответствии с данными шильдика и схемы соединения обмоток двигателя (ток в схеме «звезда» меньше, чем в схеме «треугольник»). Например: если на шильдике тип обмоток 220/380 и значения тока 1,6/2,7, модель ПЧ EN600-4Txxxx, то в данном параметре устанавливается 1,6 и обмотки должны быть соединены в «звезду».
F15.04=	Номинальная частота двигателя (Гц). В соответствии с данными шильдика мотора.
F15.05=	Номинальная скорость двигателя (об/мин). В соответствии с данными шильдика мотора.
F15.06=	Количество пар полюсов (1-3000об/мин, 2-1500об/мин, 3-1000об/мин, 4-750об/мин и т.д.)
F00.15=0000	Выбор функции кнопки "REV/JOG" – работает как РЕВЕРС
F01.11=	Верхнее ограничение частоты (Гц) для регулировки скорости вращения мотора
F01.12=	Нижнее ограничение частоты (Гц) для регулировки скорости вращения мотора
F01.17=	Время разгона мотора от нулевой до номинальной скорости (сек)
F01.18=	Время торможения мотора от номинальной до нулевой скорости (сек)

5. ПЕРЕВОД ПЧ В ВЕКТОРНЫЙ РЕЖИМ

Преимуществами управления работой электродвигателя в векторном режиме являются более точное поддержание скорости, возможность перехода в режим поддержания постоянного момента и возможность обеспечения устойчивого тяжелого пуска.

ВНИМАНИЕ!!!

Приступать к настройке векторного режима только после настройки группы параметров электродвигателя F15 (F15.01 - F15.06).

Запрещается использовать двигатель мощностью ниже 50% от номинала преобразователя во избежание выхода двигателя из строя.

При работе с грузоподъемными механизмами рекомендуется перевести ПЧ в векторный режим.

При необходимости произвести сброс настроек до заводского состояния (установите F00.14=010).

Для корректной работы преобразователя вместе с двигателем необходимо ввести данные с таблички двигателя в параметры преобразователя:

F15.01- мощность двигателя (кВт),

F15.02 – номинальное напряжение двигателя (В),

F15.03 – номинальный ток двигателя (А),

F15.04 – номинальная частота питания двигателя (Гц),

F15.05 – номинальные обороты двигателя (об/мин),

F15.06 – число пар полюсов двигателя (~3000 об/мин = 1, ~1500 об/мин = 2, ~1000 об/мин = 3, ~750 об/мин = 4 и т.д.).

Если вы изменяете значение номинальной мощности двигателя в параметре F15.01, все остальные параметры двигателя и данные автонастройки будут сброшены на значения по умолчанию. Сохранить значения мощности двигателя ниже 50% от номинала преобразователя невозможно во избежание выхода двигателя из строя.

Производитель предусматривает 2 типа автонастройки: статическая и динамическая (с вращением двигателя). Для проведения динамической автонастройки требуется отсоединить вал двигателя от приводного механизма. Динамическая автонастройка дает больше информации о двигателе и позволяет ПЧ в дальнейшем производить более точное управление электродвигателем, однако статическая не требует подготовительных процедур.

Для выполнения статической автонастройки введите цифру 1 в параметр F15.19, для выполнения динамической автонастройки введите цифру 2 в параметр F15.19. Далее выйдите из режима программирования параметров и нажмите кнопку RUN. На дисплее должна появиться надпись «tUNE», преобразователь подаст питание на двигатель и через несколько минут автонастройка будет завершена, надпись «tUNE» исчезнет. После завершения автонастройки установите параметр F00.24=1 для активации режима векторного управления двигателем.

6. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТОРМОЗНОГО РЕЗИСТОРА И ТОРМОЗНОГО МОДУЛЯ

При торможении скорость торможения двигателя может быть ниже скорости снижения частоты с выхода частотного преобразователя из-за высокой инерции нагрузки. При этом процессе будет генерироваться дополнительная энергия в двигателе и приводить к росту напряжения на шине постоянного тока. Если не использовать функцию ограничения напряжения на шине постоянного тока, то привод отключится из-за ошибки перенапряжения на шине постоянного тока.

Тормозной резистор

Тормозной резистор применяется для быстрого понижения скорости или торможения двигателя, особенно, если двигатель работает с большим инерционным моментом. При торможении асинхронный двигатель работает в режиме генератора, его отдаваемая электрическая энергия способна вызвать перенапряжение в сети постоянного тока, для гашения этого эффекта применяют тормозные резисторы. Так же использование тормозных резисторов позволяет при понижении энергопотребления уменьшить нагрев электродвигателя. Наиболее часто преобразователи частоты работают в грузоподъемных машинах и оборудовании (работа в режиме торможения 50% от общего времени работы). Важно учитывать и легкий режим работы (работа в режиме торможения 10% от общего времени работы), он характерен для конвейеров или дымососов.

За порядок подключения и отключения тормозного резистора отвечает тормозной модуль. В серии частотных преобразователей EN600 тормозной модуль встроен у следующих моделей: EN600-2S0037; EN600-4T0007G/0015P; EN600-4T0015G/0022P; EN600-4T0022G/0037P; EN600-4T0037G; EN600-4T0055P; EN600-4T0055G/0075P; EN600-4T0075G/0110P; EN600-4T0110G/0150P; EN600-4T0150G/0185P. В данных моделях тормозной резистор подключается между клеммами «PB» и «+». Остальные модели не предусмотрены для непосредственного подключения тормозного резистора к частотному преобразователю и предполагают использование при необходимости внешнего тормозного модуля.

Подбор тормозных резисторов для ПЧ со встроенным тормозным модулем осуществляется в соответствии с нижеприведенной таблицей.

Модель преобразователя частоты	Сопrotивление тормозного резистора, Ом	Мощность ТР при работе в режиме торможения 50% от общего времени работы, кВт	Мощность ТР при работе в режиме торможения 10% от общего времени работы, Вт
EN600-2S0037	≥30	≥5	≥1000
EN600-4T0007G/0015P	≥300	≥1	≥250
EN600-4T0015G/0022P	≥300	≥1	≥250
EN600-4T0022G/0037P	≥300	≥1	≥250
EN600-4T0037G	≥125	≥2	≥400
EN600-4T0055P	≥125	≥2	≥400
EN600-4T0055G/0075P	≥80	≥3,8	≥750
EN600-4T0075G/0110P	≥80	≥3,8	≥750
EN600-4T0110G/0150P	≥50	≥5	≥1000
EN600-4T0150G/0185P	≥40	≥7,5	≥1500

ЗАПРЕЩАЕТСЯ:

1. Устанавливать тормозные резисторы сопротивлением меньше указанного в таблице для соответствующего номинала частотного преобразователя, это может привести к повреждению силовой схемы устройства.
2. Производить подключение тормозного резистора к другим клеммам, кроме клемм «PB» и «+».

Настройка параметров:

F02.22 - Включение режима потребления энергии при торможении (тормозной резистор): 0 – Выключен, 1 – Включен (не потребляет в процессе остановки), 2: Включен. (потребляет в процессе остановки – обеспечивает динамическое торможение);

F02.23 - Уровень напряжения на шине постоянного тока для использования тормозного модуля в процентах (115-145%) от номинального напряжения на шине постоянного тока (отображаемый параметр C-01 в режиме ожидания);

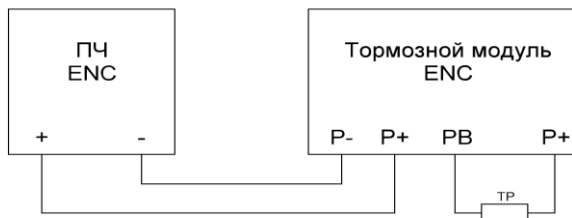
F02.24 - Количество используемой энергии при торможении (резистор) в процентах (0-100%) - при более высоком значении более высокая нагрузка на тормозной модуль и более сильный эффект торможения, но при неустойчивом напряжении на шине постоянного тока во время торможения необходимо настроить параметр в соответствии с характеристиками тормозного резистора.

F19.13 - Уровень напряжения на шине постоянного тока для включения защиты от перенапряжения в процентах (120-150%) от номинального напряжения на шине постоянного тока.

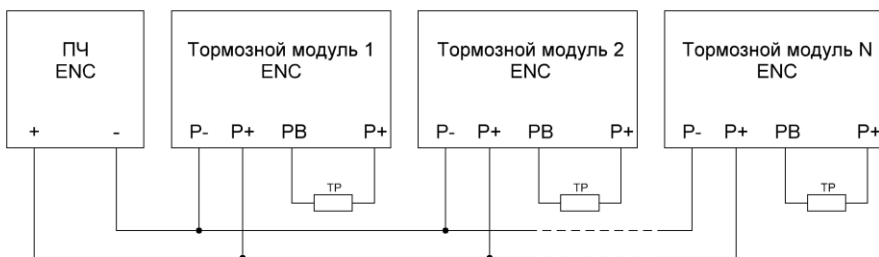
Разница между F19.13 и F02.23 должна составлять 1-5%, при этом F19.13 > F02.23.

Внешний тормозной модуль

Тормозной модуль это дополнительное устройство подключаемое к клеммам «+» и «-» шины постоянного тока преобразователя частоты для управления тормозными резисторами при динамическом торможении асинхронного двигателя.



Модули имеют максимальную нагрузочную способность, т.о. при использовании с частотными преобразователями большой мощности несколько тормозных модулей меньшей мощности подключают параллельно.



Следует учитывать, что тормозные модули требуют предварительной настройки уровня срабатывания от напряжения на шине постоянного тока и на некоторых моделях требуется установка статуса «Ведущий»/«Ведомый» при параллельном подключении нескольких модулей, в связи с этим перед включением и использованием необходимо внимательно ознакомиться с инструкцией пользователя на используемый модуль.

Ниже приведена таблица по подбору тормозных модулей для частотных преобразователей серии EN600.

Мощность двигателя, кВт	Модель тормозного модуля	Общая мощность тормозного резистора для одного модуля, кВт	Общее сопротивление тормозного резистора для одного модуля, Ом	Количество комплектов тормозных модулей с резисторами, шт
18,5	4030	≥4,8	≥32	1
22	4030	≥4,8	≥27,2	1
30	4030	≥6	≥20	1
37	4045	≥9,6	≥16	1
45	4045	≥9,6	≥13,6	1
55	4030	≥6	≥20	2
75	4045	≥9,6	≥13,6	2
90	4045	≥9,6	≥13,6	3
110	4045	≥9,6	≥13,6	3
132	4045	≥9,6	≥13,6	4
160	4045	≥9,6	≥13,6	4
200	4045	≥9,6	≥13,6	5
220	4045	≥9,6	≥13,6	5
250	4045	≥9,6	≥13,6	6
280	4045	≥9,6	≥13,6	7

ЗАПРЕЩАЕТСЯ:

1. Устанавливать тормозные резисторы с общим сопротивлением меньше указанного в таблице для соответствующего номинала двигателя, это может привести к повреждению силовой схемы устройства.
2. Производить подключение тормозного модуля к другим клеммам, кроме клемм «+» и «-».

Настройка параметров:

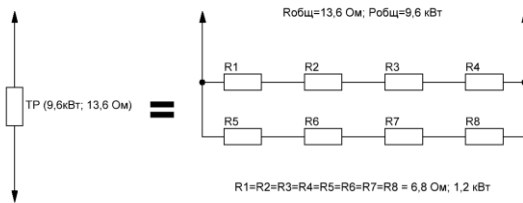
F19.13 - Уровень напряжения на шине постоянного тока для включения защиты от перенапряжения в процентах (120-150%) от номинального напряжения на шине постоянного тока.

Разница между F19.13 и установленного в модуле напряжения срабатывания в % от номинального напряжения на шине постоянного тока ПЧ должна составлять 1-5%.

Подбор эквивалента тормозного резистора

Тормозной резистор большой мощности конструктивно представляет из себя блок с соединенными последовательно или параллельно несколькими одинаковыми резисторами меньшего номинала. Ниже для примера рассмотрим подбор вариантов тормозного резистора для подключения к одному модулю из комплекта используемому с двигателем 75 кВт.

Требуемый тормозной резистор согласно табличных данных 13,6 Ом; 9,6 кВт фактически представляет из себя блок резисторов, схема которого изображена ниже:



При отсутствие резисторов требуемой мощности можно подобрать эквивалент из имеющихся не превышая предельных табличных характеристик:

Схема эквивалентного блока резисторов без изменения тормозного момента, но имеющим небольшой запас по мощности

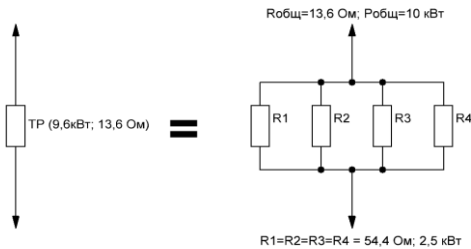
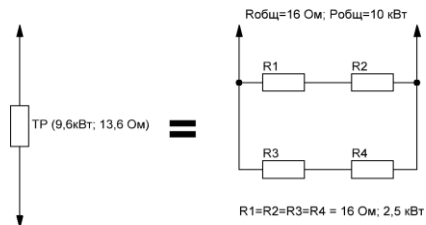


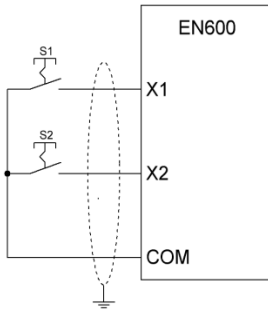
Схема эквивалентного блока резисторов с незначительным уменьшением тормозного момента и имеющим небольшой запас по мощности



7. ПРИМЕРЫ ПРОСТЫХ РЕШЕНИЙ (СХЕМЫ И НАСТРОЙКИ)

Внешнее управление 2-х проводной режим тип 1

В данном варианте схемы: S1 – является кнопкой запуска двигателя с направлением вращения вперед, S2 – является кнопкой запуска двигателя с направлением вращения назад.



S1	S2	Команда управления
0	0	СТОП
1	0	ВПЕРЕД
0	1	РЕВЕРС
1	1	СТОП
«0» - контакт разомкнут		
«1» - контакт замкнут		

ВНИМАНИЕ!!!

В данной схеме должны использоваться кнопки с фиксацией или переключатели.

Перед началом настройки убедитесь, что состояние контактов кнопок (замкнут/разомкнут) соответствуют комбинации команды управления СТОП.

Настройка параметров:

F8.18=1 – Выбор функции дискретного входа X1 - Запуск в прямом направлении;

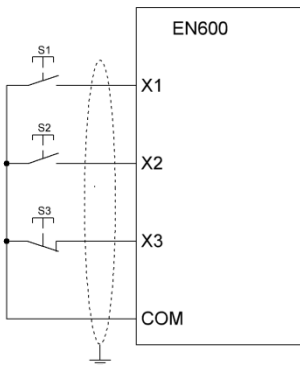
F8.19=2 – Выбор функции дискретного входа X2 - Запуск в обратном направлении;

F8.26=0 – Выбор режима задания пусковых команд и команд вперед/реверс - 2-х проводной режим тип 1;

F0.15=0100 – Выбор функций кнопок пульта - Функционирование при пусковых командах с клемм: Кнопка “STOP/RESET” работает;

F1.15=1 – Выбор канала команд запуска - Дискретные входы.

Внешнее управление 3-х проводной режим тип 1



Одноимпульсное управление (тригерное управление).

S1 – кнопка запуска двигателя с направлением вращения вперед;

S2 – кнопка запуска двигателя с направлением вращения назад;

S3 – кнопка СТОП.

ВНИМАНИЕ!

В данной схеме должны использоваться кнопки без фиксации: S1, S2 - с нормально разомкнутыми контактами, S3 - с нормально замкнутым контактом.

При отсутствии кнопки S3 и попытке запуска электропривода кнопкой S1 или S2 - пуск не будет осуществлен. Наличие скоммутированной кнопки S3 обязательно.

Настройка параметров:

F8.18=1 – Выбор функции дискретного входа X1 - Запуск в прямом направлении;

F8.19=2 – Выбор функции дискретного входа X2 - Запуск в обратном направлении;

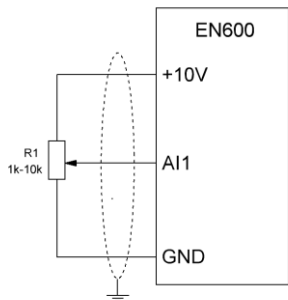
F8.20=30 – Выбор функции дискретного входа X3 - 3-х проводной режим;

F8.26=3 – Выбор режима задания пусковых команд и команд вперед/реверс - 3-х проводной режим тип 1;

F0.15=0100 – Выбор функций кнопок пульта - Функционирование при пусковых командах с клемм: Кнопка “STOP/RESET” работает;

F1.15=1 – Выбор канала команд запуска - Дискретные входы.

Регулировка установленной частоты с помощью потенциометра (переменного резистора)



Используемый потенциометр (переменный резистор): сопротивлением от 1 кОм до 5 кОм, мощностью не менее 0,2 Вт.

Тип сигнала AI1: 0~10V – переключатель SW1 в верхнем положении.

ВНИМАНИЕ!

Переключение SW1 и коммутацию потенциометра производить только при отключенном преобразователе частоты от питающей сети.

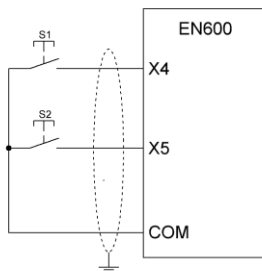
Настройка параметров:

F0.20=0000 – Настройка аналоговых входов - Настройка AI1: 0~10В;

F1.00=1 – Выбор канала задания основной частоты - Аналоговый вход AI1;

Регулировка установленной частоты с помощью внешних кнопок

В преобразователях частоты серии EN600 регулировка частоты может производиться с помощью внешних кнопок настроенных как «Увеличение частоты (UP)» и «Уменьшение частоты (DOWN)».



Одноимпульсное управление (триггерное управление).

S1 – Увеличение частоты (UP);

S2 – Уменьшение частоты (DOWN).

ВНИМАНИЕ!

В данной схеме должны использоваться кнопки без фиксации с нормально разомкнутыми контактами.

Примечание:

Настройка кнопок регулировки частоты может быть произведена на любой дискретный вход X1~X8 (соответственно параметры F08.18~ F08.25), в данном примере будут использованы X4 и X5.

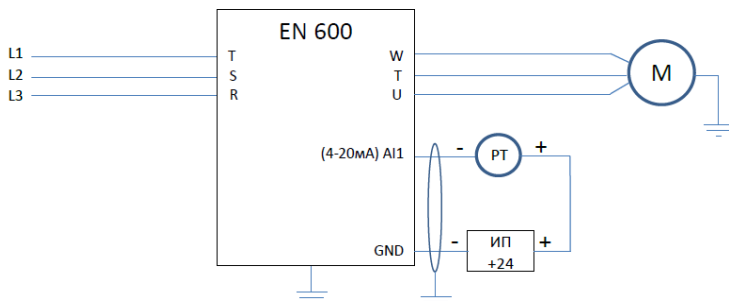
Настройка параметров:

F8.21=16 – Выбор функции дискретного входа X4 - Увеличение частоты (UP);

F8.22=17 – Выбор функции дискретного входа X5 - Уменьшение частоты (DOWN);

F1.00=3 – Выбор канала задания основной частоты - Дискретные входы с функциями вверх/вниз.

Простейшая схема подключения частотного преобразователя EN600 к одному насосу с управлением от пульта ПЧ



Примечание:

При не значительном удалении ПЧ и датчика давления возможно использование внутреннего источника питания:

1. 10В – датчик подключается к клеммам +10V и АП. При этом следует учитывать, что максимальный ток источника питания 50 мА;
2. 24В – устанавливается дополнительная перемычка между COM и GND, датчик подключается к клеммам +24 и АП. При этом следует учитывать, что максимальный ток источника питания 200 мА.

Настройка:

На выключенном ПЧ установить переключатель SW1 в положение «А» (нижнее положение), затем включить ПЧ и начать настройку параметров;

F00.01=36 – Отображаемый параметр в С-00 в режиме “работа” - Заданное давление воды (0.001Мра);

F00.02=37 – Отображаемый параметр в С-01 в режиме “работа” - Давление воды с датчика (0.001Мра);

F00.03=04 – Отображаемый параметр в С-02 в режиме “работа” - Ток на выходе (0.1А);

F00.07=36 – Отображаемый параметр в С-00 в режиме “ожидания” - Заданное давление воды (0.001Мра);

F00.08=37 – Отображаемый параметр в С-01 в режиме “ожидания” - Давление воды с датчика (0.001Мра);

F00.20=0001 – Настройка аналоговых входов - Настройка АП как токовый вход 4~20мА;

При наличии у преобразователя частоты режима G-типа нагрузки (нагрузка вентиляторно-насосного типа), установить параметр F00.23=1;

При использовании пульта с двумя LED дисплеями установить F00.25=37 - Давление воды с датчика (0.001Мра);

F01.11=50 – Верхнее ограничение частоты 50Гц;

F01.12=00 – Нижнее ограничение частоты 0Гц;

F01.15=00 – Выбор канала команд запуска - Пульт;

F01.17, F01.18 - Время разгона, Время торможения – настраивается при необходимости, зависит от мощности двигателя;

F02.11=1 – Режим остановки - Остановка на выбеге;

F11.00=1 - Включение ПИД-регулятора с обратной связью – Включить;

F11.01=0 - Канал задания для ПИД-регулятора - Цифровое задание на пульте;

F11.02=0 - Канал обратной связи - Аналоговый вход АП;

Значения приведенных ниже параметров корректируются при настройке в соответствии с условиями использования насосной системы.

F11.07, F11.08, F11.09 – Пропорциональный коэффициент Кр, Интегральный коэффициент Кi, Дифференциальный коэффициент Кd. Если работа со значениями по умолчанию не удовлетворяет условиям применения, то воспользуйтесь таблицей Приложения №1 для поиска оптимальных настроек ПИД-регулятора. При этом уменьшение значения Кi относительно табличного приведет к уменьшению перерегулирования и более плавному выходу системы на значение уставки.

F11.15=50 – Верхнее ограничение частоты для ПИД-регулятора 50Гц;

F11.16=0 – Нижнее ограничение частоты для ПИД-регулятора 0Гц;

F12.00=1 - Выбор режима поддержки постоянного давления воды - Работа в режиме один ПЧ - два насоса;

F12.01=__ - Задание значения постоянного давления в Мра;

F12.02=5 - Минимальная частота для запуска режима сна;

F12.04=5 - Временная задержка перед включением режима сна в секундах;

F12.05=0,5 - Временная задержка перед выходом из режима сна в секундах;

F12.06=__ - Максимальное значение давления с обратной связи в Мра (максимальное значение диапазона датчика давления);

F12.11=1 - Выбор режима выхода из режима сна - давление системы для выхода из режима сна рассчитывается по формуле $F12.12 * F12.01$ (по умолчанию $F12.12=0,75$);

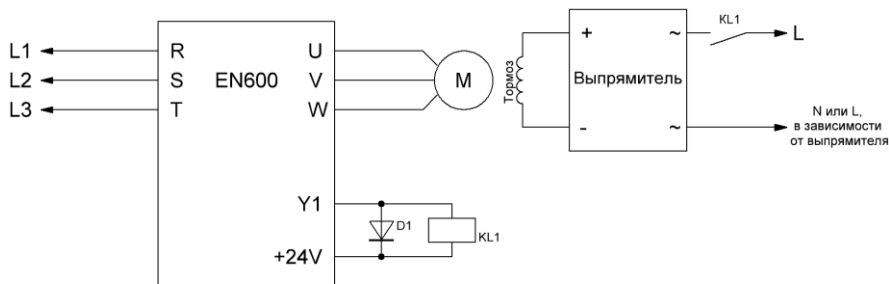
Следующие параметры настраивают защиту системы от потери сигнала с датчика давления (при отсутствии сигнала насос начинает работать на полную мощность), по умолчанию защита отключена (параметр F19.31=000).

F19.28=10 - Время задержки перед индикацией потери сигнала обратной связи ПИД-регулятора в секундах;

F19.31=030 - Выбор действия для защит от потери сигналов задания и обратной связи ПИД-регулятора - Потеря сигнала обратной связи (Сигнал неисправности, остановка на выбеге).

Подключение электрического тормоза к дискретному выходу ПЧ через промежуточное реле.

Данный метод подключения наиболее целесообразен и рекомендуется к использованию. Основные преимущества в наличии гальванической развязки, при выработанном ресурсе реле просто заменить и ток потребления электрическим тормозом ограничивается значительным током коммутации промежуточного реле.



KL1 – промежуточное реле с катушкой на 24DC и максимальным током потребления более 50 мА (например: РЭК 78/4 3 А 24 В DC ИЕК, Икат.=37мА).

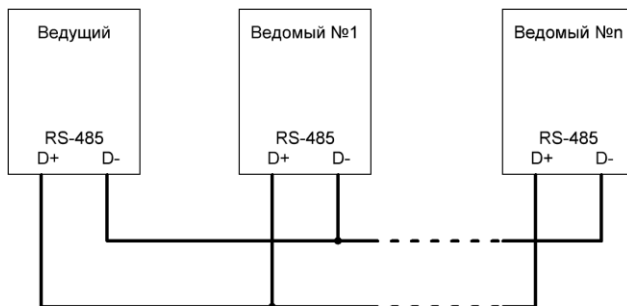
VD1 – диод для гашения ЭДС самоиндукции возникающее при отключении катушки управления промежуточного реле и защиты элементов схемы управления выходов ПЧ, максимальное значение тока через диод: $I(A) = 24V/R_{катушки\ реле(ом)} + 30\%$.

Настройка преобразователя частоты:

F09.00=1 (F09.00=45) (F09.00=46)	Настройка выхода открытый коллектор Y1 1 - Включен в режиме работа 45 - Логика тормоза 1 (Если выходная частота больше чем значение (F09.10+F09.11) включается выходной сигнал (Отпустить тормоз). Сигнал отключен если частота меньше F09.10, отсутствует ток на выходе, во время простоя.) 46 - Логика тормоза 2 (Различие с функцией 45 в том, что отсутствует сигнал тормоза при переключении направления вращения (т.е. при переключении движения управляемого объекта с движения вверх на движение вниз или наоборот без остановки), чтобы продлить срок службы тормозной системы.)
F09.25=0.100	Задержка включения Y1 (0,1с задается в целях исключения ложного срабатывания (дребезга) при переходных процессах. Также может обеспечить задержку для выхода ПЧ на частоту достаточную для создания рабочего момента. При этом следует учитывать, что существует дополнительная задержка срабатывания промежуточного реле и механизма тормоза, что в большинстве случаев является достаточным.)
F09.26=0.100	Задержка выключения Y1 (0,1с задается в целях исключения ложного срабатывания (дребезга) при переходных процессах)
F09.10=___	Значение индикации нулевой частоты (настраивается частота достаточная для создания рабочего момента при F09.00=45 или F09.00=46)
F09.11=___	Люфт значения нулевой частоты (настраивается при F09.00=45 или F09.00=46 для исключения ложных срабатываний, рекомендуется 0,3-0,5Гц)

Простой способ синхронизации работы двух или более ПЧ по интерфейсу RS-485.

Значение задания частоты, команды Пуск и Останов поступают от Ведущего; на ведомом при необходимости вводится фиксированный корректирующий частоту коэффициент в параметр.



При подключении нескольких инверторов (до 36 устройств и общей длине проводов 1200м), в точках отвлечения от шины необходимо использовать специализированные пассивные разветвители интерфейса RS-485).

ВНИМАНИЕ!

Для сигнальных проводов должен использоваться многожильный, экранированный кабель сечением не менее 0,75 мм² (точное значение сечения зависит от мощности ПЧ и определяется по таблице приведенной в инструкции пользователя), коммутируемые концы кабеля необходимо залудить. Экран должен быть одним концом подключен к клемме заземления частотного преобразователя, который в свою очередь должен быть надежно заземлен, второй конец экрана не заземляется.

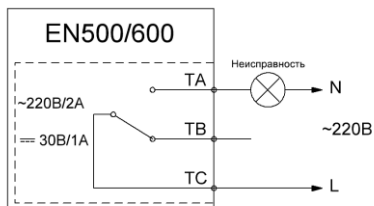
Настройка Ведущего устройства:

F01.00=00	Выбор канала задания основной частоты (любой кроме 4-интерфейсная связь; в нашем примере 0- Пульт, цифровое задание);
F05.00=5	Выбор протокола – 5:Свободный протокол 1;
F05.03=000	Адрес частотного преобразователя (При использовании свободного протокола и назначении адреса 00, частотный преобразователь будет ведущим (Master)).

Настройка Ведомого устройства:

F01.00=04	Выбор канала задания основной частоты (Интерфейс связи);
F01.15=2	Выбор канала команд запуска (Интерфейс);
F05.00=5	Выбор протокола – 5:Свободный протокол 1;
F05.03=__	Адрес частотного преобразователя (любой 001~247);
F05.07=__	Установка процента частоты, заданной через интерфейс Ведущим (корректирующий коэффициент 0~500% от полученного задания по интерфейсу связи).

Индикация неисправности



При работе от внешнего терминала часто возникает потребность в удаленной индикации состояния ПЧ «Неисправность».

Для настройки релейного выхода введите в параметр F09.04 значение 22.

При этом релейный выход по умолчанию настроен на срабатывание при переходе ПЧ в состояние неисправности, т.е. если ранее изменение параметра не производилось, требуется только подключить лампу как показано на схеме.

Приложение А. Памятка по основным параметрам настроек ПЧ серии EN500/600

F00.14	=010 - Сброс на заводские настройки
F00.00	=2 - Продвинутый список параметров для редактирования
F15.01	Номинальная мощность двигателя
F15.02	Номинальное напряжение двигателя
F15.03	Номинальный ток двигателя
F15.04	Номинальная частота двигателя
F15.05	Номинальная скорость двигателя
F15.06	Количество пар полюсов (1- 3000 об/мин; 2 – 1500 об/мин и т.д.)
F15.19	Автоматическая настройка двигателя (0-отключена; 1-статическая; 2-динамическая). Производится только после настройки F15.01~ F15.06. После установки 1 или 2 выйти из режима редактирования и нажать кнопку RUN, на дисплее появиться надпись «UNE», дождаться окончания настройки- надпись «UNE» исчезнет.)
F00.15	Выбор функций кнопок пульта (<i>Разряд единиц</i> . Выбор функции кнопки “REV/JOG”: 0: Реверс; 1: Jog; <i>Разряд десятков</i> . Выбор функции многофункциональной кнопки “M”: 0: Нет функции; 1: Запуск Jog; 2: Переключение прямое/реверс; 3: Остановка на выбеге; 4: Переключение канала команд запуска (F00.16); 5: Изменение направления крутящего момента. <i>Разряд сотен</i> . Функционирование при пусковых командах с клемм: 0: Кнопка “STOP/RESET” не работает; 1: Кнопка “STOP/RESET” работает; <i>Разряд тысячных</i> : Функционирование при пусковых командах с интерфейса: 0: Кнопка “STOP/RESET” не работает; 1: Кнопка “STOP/RESET” работает)
F00.20	Настройка аналоговых входов (<i>Разряд единиц</i> . Настройка A11. 0: 0~10В, 1: 4~20мА.; <i>Разряд десятков</i> . Настройка A12. 0: -10~10В, 1: 4~20мА.)
F00.23	Настройка типа нагрузки G/P (0: Тип G (обычная нагрузка); 1: Тип P (вентиляторно-насосная нагрузка). Тип P только для режима V/F.
F00.24	Режим управления двигателем (0: Режим V/F; 1: Режим векторного управления 1 без датчика для двигателей мощностью ≤160 кВт; 2: Режим векторного управления с датчиком обратной связи (поддерживает режим управления моментом и скоростью).
F01.00	Выбор канала задания основной частоты (0: Пульт, цифровое задание; 1: Аналоговый вход A11; 2: Аналоговый вход A12; 3: Дискретные входы с функциями вверх/вниз; 4: Интерфейс связи; 7: Дискретный вход X8 - импульсный вход)
F01.01	Задание основной частоты
F01.11	Верхнее ограничение частоты
F01.12	Нижнее ограничение частоты
F01.15	Выбор канала команд запуска (0: Пульт; 1: Дискретные входы; 2: Интерфейс)
F01.17	Время разгона (сек)
F01.18	Время торможения (сек)
F02.11	Режим остановки (0: Остановка с заданным замедлением; 1: Остановка на выбеге; 2: С заданным замедлением и торможение постоянным током)
F02.22	Включение режима потребления энергии (тормозной резистор). 0 : выключен; 1 : Режим энергопотребления 1 (не потребляет в процессе остановки); 2: Режим энергопотребления 2 (потребляет в процессе остановки).
F08.18~ F08.25	Функции дискретного входа X1~X8 (0: Не используется; 1: Запуск в прямом направлении; 2: Запуск в обратном направлении; 16: Увеличение частоты (UP); 17: Уменьшение частоты (DOWN); 22: Авария внешнего оборудования; 24: Сброс ошибки; 25: Остановка на выбеге; 26: Остановка (останавливается в зависимости от настроенного режима остановки); 30: 3-х проводной режим; 91: Импульсный вход (действует для X8).
F08.26	Режим задания пусковых команд (0: 2-х проводной режим 1; 1: 2-х проводной режим 2; 2: 2-х проводной режим 3 (одноимпульсный режим); 3: 3-х проводной режим 1; 4: 3-х проводной режим 2)
F14.00	Выбор контроля типа контроля в векторном режиме. (0: Контроль скорости; 1: Контроль момента)

Приложение Б. Информация о неисправностях ПЧ серии EN500/600

Группа параметров записи аварий и ошибок: F26

Параметр	Описание	Параметр	Описание
F26.00	Последняя запись ошибки	F26.09	Состояние входов при последней ошибке
F26.01	Третья запись ошибки	F26.10	Время в работе при последней ошибке
F26.02	Вторая запись ошибки	F26.11	Fзадан. при третьей ошибке
F26.03	Первая запись ошибки	F26.12	Fвых. при третьей ошибке
F26.04	Fзадан. при последней ошибке	F26.13	Iвых. при третьей ошибке
F26.05	Fвых. при последней ошибке	F26.14	Udc при третьей ошибке
F26.06	Iвых. при последней ошибке	F26.15	Tмод. при третьей ошибке
F26.07	Udc при последней ошибке	F26.16	Состояние входов при третьей ошибке
F26.08	Tмод. при последней ошибке	F26.17	Время в работе при третьей ошибке

Основные виды операционных неисправностей

Код ошибки	Тип ошибки	Код ошибки	Тип ошибки
E-01	Превышение тока при разгоне	E-18 (A-18)	Ошибка внешнего устройства
E-02	Превышение тока при торможении	E-22 (A-22)	Потеря задания ПИД
E-03	Превышение тока в процессе работы	E-23 (A-23)	Ошибка обратной связи ПИД
E-04	Превышение по напряжению при разгоне	E-24 (A-24)	Ненормальная величина ошибки ПИД
E-05	Превышение по напряжению при торможении	E-25	Защита запуска при сигнале с входов
E-06	Превышение по напряжению в процессе работы	E-26 (A-26)	Ошибка связи
E-07	Превышение входного напряжения	E-32	Ошибка Автоматической настройки двигателя
E-08	Низкое напряжение в процессе работы	E-36 (A-36)	Перегрев емкостей ПЧ
E-09	Защита от перегрузки ПЧ	E-37	Обрыв энкодера
E-10 (A-10)	Защита от перегрузки мотора	E-38	Защита от превышения скорости
E-11 (A-11)	Защита от низкой нагрузки	E-39	Защита от превышения отклонения скорости
E-12	Потеря входной фазы	E-40	Потеря сигнала Z
E-13	Потеря выходной фазы	E-41	Провод Z сигнала от энкодера не подсоединен или потерян
E-14	Защита силового модуля	A-51	Источник основной и вспомогательной частот один и тот же
E-15	Короткое замыкание «на землю» при работе	A-52	Дублирование функций терминалов
E-16	Короткое замыкание «на землю» при подаче питания	LOCH1	Клавиатура пульта заблокирована
E-17 (A-17)	Перегрев ПЧ		

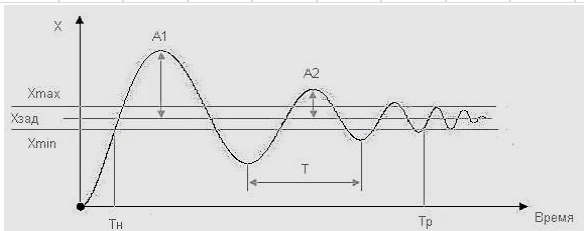


Таблица настроек ПИД-регулятора на основе метода Циглера-Николса:

Определяем период автоколебаний T, выбираем значение Kp и ищем соответствующие значения Ki и Kd.

для ПИ-регулятора: $K_i = 1,2 * K_p / T$

для ПИД-регулятора: $K_i = 2,0 * K_p / T$, $K_d = K_p * T / 8$

Kp	Период колебаний в переходном процессе, с																					
	0,5		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10	
	Ki	Kd	Ki	Kd	Ki	Kd	Ki	Kd	Ki	Kd	Ki	Kd	Ki	Kd	Ki	Kd	Ki	Kd	Ki	Kd	Ki	Kd
0,05	0,200	0,003	0,100	0,006	0,050	0,013	0,033	0,019	0,025	0,025	0,020	0,031	0,017	0,038	0,014	0,044	0,013	0,050	0,011	0,056	0,010	0,063
0,5	2,000	0,031	1,000	0,063	0,500	0,125	0,333	0,188	0,250	0,250	0,200	0,313	0,167	0,375	0,143	0,438	0,125	0,500	0,111	0,563	0,100	0,625
0,6	2,400	0,038	1,200	0,075	0,600	0,150	0,400	0,225	0,300	0,300	0,240	0,375	0,200	0,450	0,171	0,525	0,150	0,600	0,133	0,675	0,120	0,750
0,7	2,800	0,044	1,400	0,088	0,700	0,175	0,467	0,263	0,350	0,350	0,280	0,438	0,233	0,525	0,200	0,613	0,175	0,700	0,156	0,788	0,140	0,875
0,8	3,200	0,050	1,600	0,100	0,800	0,200	0,533	0,300	0,400	0,400	0,320	0,500	0,267	0,600	0,229	0,700	0,200	0,800	0,178	0,900	0,160	1,000
0,9	3,600	0,056	1,800	0,113	0,900	0,225	0,600	0,338	0,450	0,450	0,360	0,563	0,300	0,675	0,257	0,788	0,225	0,900	0,200	1,013	0,180	1,125
1	4,000	0,063	2,000	0,125	1,000	0,250	0,667	0,375	0,500	0,500	0,400	0,625	0,333	0,750	0,286	0,875	0,250	1,000	0,222	1,125	0,200	1,250
1,1	4,400	0,069	2,200	0,138	1,100	0,275	0,733	0,413	0,550	0,550	0,440	0,688	0,367	0,825	0,314	0,963	0,275	1,100	0,244	1,238	0,220	1,375
1,2	4,800	0,075	2,400	0,150	1,200	0,300	0,800	0,450	0,600	0,600	0,480	0,750	0,400	0,900	0,343	1,050	0,300	1,200	0,267	1,350	0,240	1,500
1,3	5,200	0,081	2,600	0,163	1,300	0,325	0,867	0,488	0,650	0,650	0,520	0,813	0,433	0,975	0,371	1,138	0,325	1,300	0,289	1,463	0,260	1,625
1,4	5,600	0,088	2,800	0,175	1,400	0,350	0,933	0,525	0,700	0,700	0,560	0,875	0,467	1,050	0,400	1,225	0,350	1,400	0,311	1,575	0,280	1,750
1,5	6,000	0,094	3,000	0,188	1,500	0,375	1,000	0,563	0,750	0,750	0,600	0,938	0,500	1,125	0,429	1,313	0,375	1,500	0,333	1,688	0,300	1,875
1,6	6,400	0,100	3,200	0,200	1,600	0,400	1,067	0,600	0,800	0,800	0,640	1,000	0,533	1,200	0,457	1,400	0,400	1,600	0,356	1,800	0,320	2,000
1,7	6,800	0,106	3,400	0,213	1,700	0,425	1,133	0,638	0,850	0,850	0,680	1,063	0,567	1,275	0,486	1,488	0,425	1,700	0,378	1,913	0,340	2,125
1,8	7,200	0,113	3,600	0,225	1,800	0,450	1,200	0,675	0,900	0,900	0,720	1,125	0,600	1,350	0,514	1,575	0,450	1,800	0,400	2,025	0,360	2,250
1,9	7,600	0,119	3,800	0,238	1,900	0,475	1,267	0,713	0,950	0,950	0,760	1,188	0,633	1,425	0,543	1,663	0,475	1,900	0,422	2,138	0,380	2,375
2	8,000	0,125	4,000	0,250	2,000	0,500	1,333	0,750	1,000	1,000	0,800	1,250	0,667	1,500	0,571	1,750	0,500	2,000	0,444	2,250	0,400	2,500
2,1	8,400	0,131	4,200	0,263	2,100	0,525	1,400	0,788	1,050	1,050	0,840	1,313	0,700	1,575	0,600	1,838	0,525	2,100	0,467	2,363	0,420	2,625
2,2	8,800	0,138	4,400	0,275	2,200	0,550	1,467	0,825	1,100	1,100	0,880	1,375	0,733	1,650	0,629	1,925	0,550	2,200	0,489	2,475	0,440	2,750
2,3	9,200	0,144	4,600	0,288	2,300	0,575	1,533	0,863	1,150	1,150	0,920	1,438	0,767	1,725	0,657	2,013	0,575	2,300	0,511	2,588	0,460	2,875
2,4	9,600	0,150	4,800	0,300	2,400	0,600	1,600	0,900	1,200	1,200	0,960	1,500	0,800	1,800	0,686	2,100	0,600	2,400	0,533	2,700	0,480	3,000
2,5			5,000	0,313	2,500	0,625	1,667	0,938	1,250	1,250	1,000	1,563	0,833	1,875	0,714	2,188	0,625	2,500	0,556	2,813	0,500	3,125
2,6			5,200	0,325	2,600	0,650	1,733	0,975	1,300	1,300	1,040	1,625	0,867	1,950	0,743	2,275	0,650	2,600	0,578	2,925	0,520	3,250
2,7			5,400	0,338	2,700	0,675	1,800	1,013	1,350	1,350	1,080	1,688	0,900	2,025	0,771	2,363	0,675	2,700	0,600	3,038	0,540	3,375
2,8			5,600	0,350	2,800	0,700	1,867	1,050	1,400	1,400	1,120	1,750	0,933	2,100	0,800	2,450	0,700	2,800	0,622	3,150	0,560	3,500
2,9			5,800	0,363	2,900	0,725	1,933	1,088	1,450	1,450	1,160	1,813	0,967	2,175	0,829	2,538	0,725	2,900	0,644	3,263	0,580	3,625
3			6,000	0,375	3,000	0,750	2,000	1,125	1,500	1,500	1,200	1,875	1,000	2,250	0,857	2,625	0,750	3,000	0,667	3,375	0,600	3,750
3,1			6,200	0,388	3,100	0,775	2,067	1,163	1,550	1,550	1,240	1,938	1,033	2,325	0,886	2,713	0,775	3,100	0,689	3,488	0,620	3,875
3,2			6,400	0,400	3,200	0,800	2,133	1,200	1,600	1,600	1,280	2,000	1,067	2,400	0,914	2,800	0,800	3,200	0,711	3,600	0,640	4,000
3,3			6,600	0,413	3,300	0,825	2,200	1,238	1,650	1,650	1,320	2,063	1,100	2,475	0,943	2,888	0,825	3,300	0,733	3,713	0,660	4,125
3,4			6,800	0,425	3,400	0,850	2,267	1,275	1,700	1,700	1,360	2,125	1,133	2,550	0,971	2,975	0,850	3,400	0,756	3,825	0,680	4,250
3,5			7,000	0,438	3,500	0,875	2,333	1,313	1,750	1,750	1,400	2,188	1,167	2,625	1,000	3,063	0,875	3,500	0,778	3,938	0,700	4,375
3,6			7,200	0,450	3,600	0,900	2,400	1,350	1,800	1,800	1,440	2,250	1,200	2,700	1,029	3,150	0,900	3,600	0,800	4,050	0,720	4,500
3,7			7,400	0,463	3,700	0,925	2,467	1,388	1,850	1,850	1,480	2,313	1,233	2,775	1,057	3,238	0,925	3,700	0,822	4,163	0,740	4,625
3,8			7,600	0,475	3,800	0,950	2,533	1,425	1,900	1,900	1,520	2,375	1,267	2,850	1,086	3,325	0,950	3,800	0,844	4,275	0,760	4,750