

Инструкция по запуску шпинделя в Mach3

Определенного и однозначного пути по подключению и настройке управления шпинделем через Mach3 не существует. Это обусловлено широчайшим ассортиментом электроники с помощью которой можно соединить исполнительное устройство или инвертор с компьютером. Также сам Mach3 предоставляет несколько способов

управления шпинделем. Попробуем рассмотреть основные пути решения этой задачи.

Краткий обзор

Mach3 – распространенное и заслужившее популярность приложение для Windows XP, позволяющее превратить обычный ПК в контроллер ЧПУ станка. Так как ни один станок не обходится без шпинделя, то в Mach3 реализованы все необходимые элементы управления.

Из Mach3 можно

- включать/выключать/шпиндель, задавать направление вращения
- задавать частоту вращения
- установить временные задержки на выполнение программы, для разгона и торможения шпинделя
- опционально: ввести аварийные сигналы от преобразователя в компьютер, чтобы иметь возможность в случае неполадок со шпинделем остановить перемещение станка.

Какой шпиндель?

Вы можете использовать любой шпиндель, начиная от простейшего коллекторного ручного фрезера, до специализированных шпинделей для станков, при этом управление происходит через преобразователь частоты или специальный драйвер.

Как все же им управлять?

Все зависит от платы управления, которую вы применяете, посредством которой Mach3 выводит управляющие сигналы, и ее возможностей. Самые простые варианты представляют собой плату с оптронами и реле подключаемой к LPT-порту компьютера. Устройства посложнее, например контроллеры движения, типа SmoothStepper подсоединяются через USB, а самые продвинутые модели контроллеров устанавливаются в компьютер, в слот PCI/PCI Express.

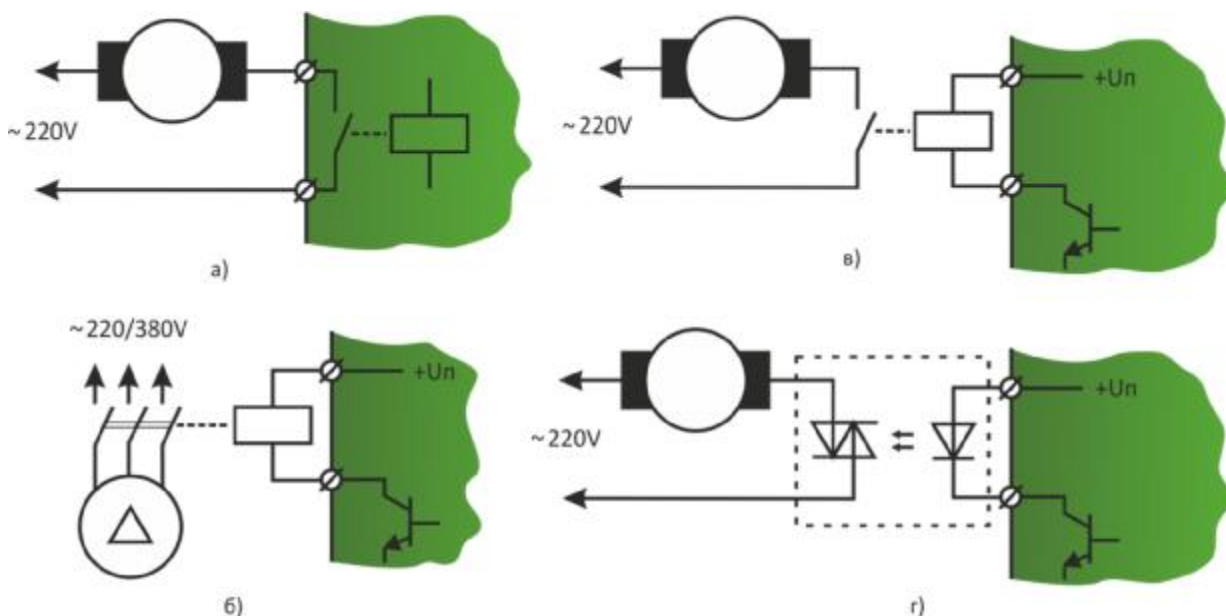
При использовании этих плат, управление происходит посредством дискретных выходов для включения/выключения шпинделя и в дополнение аналогового или ШИМ выхода, для управления частотой. Также можно задействовать и дискретные входы для ввода сигналов об аварии.

Однако самый изящный способ, который предоставляет Mach3 – это управление преобразователем частоты через последовательный порт по протоколу Modbus. В этом случае настройка выглядит сложнее, вам скорее всего понадобится переходник с интерфейса USB или

RS232 на интерфейс RS485. Но это решение дает более точное и предсказуемое управление частотой шпинделя, позволяет освободить минимум 2 дискретных выхода, а также имеет возможность поставить на эту же последовательную шину дополнительные платы исполнительных устройств и даже другие ПЧ.

Вариант 1. Коллекторный шпиндель, управляемый реле.

Самый простые способы включения и выключения шпинделя показаны на Рис.1.



Если ваша плата управления оснащена реле достаточным для коммутации шпинделя током, то шпиндель можно подключить напрямую к плате, как показано на Рис.1а.

Однако лучшим решением будет использовать внешнее реле, как показано на рис.1в. Чтобы избежать износа контактов, который неизбежен в электромагнитных реле, можно применить твердотельное оптореле. На рис.1г показан пример использования твердотельного реле на основе симистора.

Если вам необходимо запускать стандартный асинхронный двигатель, то можно применить контактор, как показано на рис.1б. Ни в коем случае нельзя подключать высокоскоростной шпиндель к сети таким же образом, так как он может выйти из строя. Помните, что высокоскоростные шпиндели предназначены только для работы с преобразователем частоты.

Все перечисленные варианты не дают возможности управлять скоростью вращения. Для переделанных ручных фрезеров это не является проблемой, так как они все оснащены ручным регулятором оборотов. Недостатком такой схемы будет невозможность задавать частоту вращения непосредственно из Mach3.

Теперь перейдем к настройкам компьютера и Mach3.

1. Убедитесь, что плата управления подключена к компьютеру и на нее подано питание. Здесь показана настройка для платы, подключаемой через стандартный LPT-порт компьютера. При

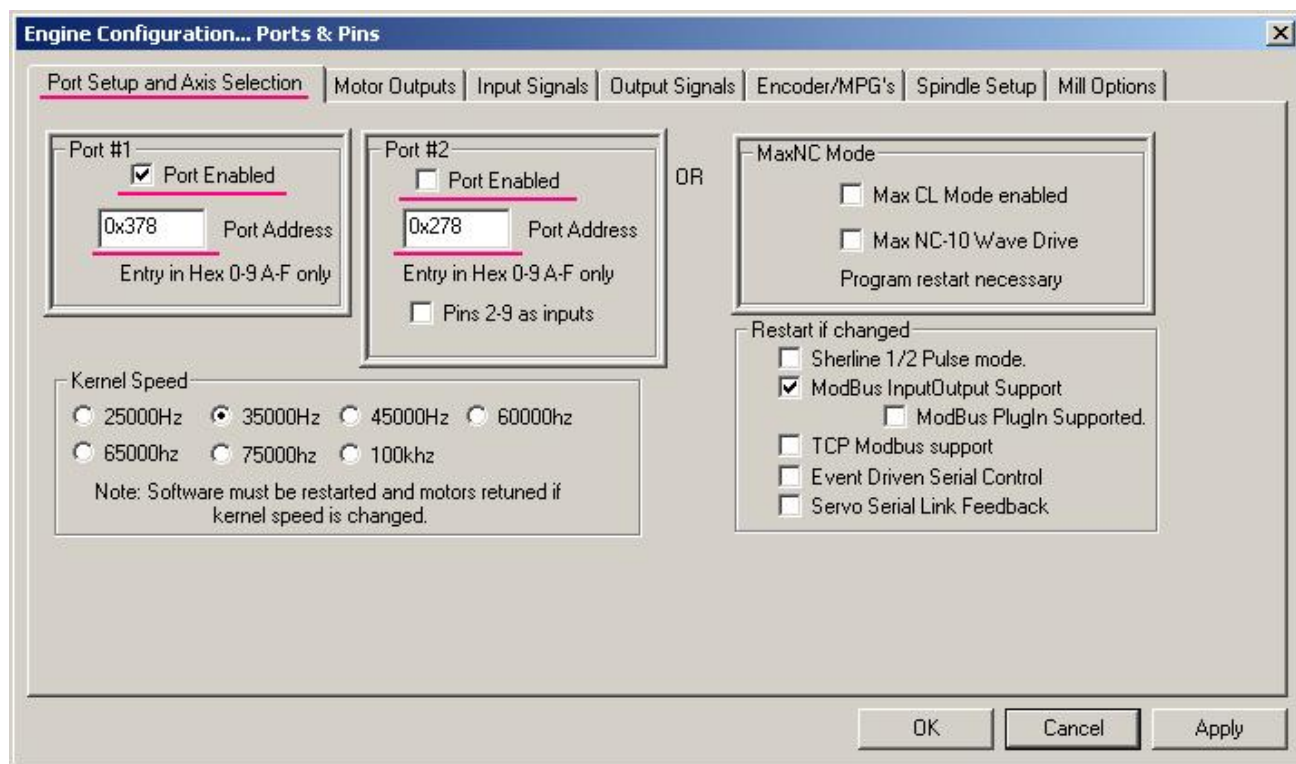
использовании плат с USB-контроллером, вы должны сначала установить драйвера и плагины к Mach3, согласно прилагаемой инструкции. Как правило, процедура дальнейшей настройки выглядит также как и для LPT-порта.

2. Загрузите Mach3, выбрав ваш рабочий профиль.

3. В главном меню выберите Config -> Ports & Pins

4. Выберите вкладку Port Setup and Axis Selection

5. Проверьте что порт, к которому подключена плата, включен (Port enabled), и значение Port Address соответствует действительности. Если вы используете обычный ПК с LPT-портом на материнской плате, то параметры по умолчанию обычно подходят. Обратите внимание что Mach3 обозначает порты логическими номерами 1 и 2.



6. Перейдите на вкладку Spindle Setup. Проверьте что управление реле включено (Disable Spindle Relays снята). Назначьте номер логического выхода, который будет применяться для включения/выключения шпинделя. Следует пояснить, что эта цифра может иметь значение от 1 до 6, она не является номером физического вывода на порте, а используется только внутри Mach3, как промежуточная переменная. Также вы можете заметить, что вы можете создать два выхода, один для включения вращения по часовой стрелке, другой – против часовой. Для простого варианта подключения двигателя эту возможность можно использовать только для случая, когда вы хотите изменять направление вращения трехфазного двигателя без инвертора, например на токарном станке. При этом вам будет нужно установить второе реле с измененным порядком фаз.

7. В разделе General Parameters нужно задать время задержки на разгон и торможение. Это время, на которое Mach3 прекращает движение по осям, чтобы шпиндель успел выйти на рабочий режим.

Измерьте время, за которое ваш шпиндель раскручивается до максимальных оборотов, и впишите это значение с некоторым запасом.

Engine Configuration... Ports & Pins

Port Setup and Axis Selection | Motor Outputs | Input Signals | Output Signals | Encoder/MPG's | **Spindle Setup** | Mill Options

Relay Control

☐ Disable Spindle Relays

Clockwise (M3) Output # **1**

CCW (M4) Output # **1**

Output Signal #'s 1-6

Flood Mist Control

☒ Disable Flood/Mist relays Delay

Mist M7 Output # **4** **0**

Flood M8 Output # **3** **0**

Output Signal #'s 1-6

ModBus Spindle - Use Step/Dir as well

☐ Enabled Reg **64** 64 - 127

Max ADC Count **16380**

Motor Control

☒ Use Spindle Motor Output

☐ PWM Control

☒ Step/Dir Motor

PWMBase Freq. **7**

Minimum PWM **0** %

Special Functions

☐ Use Spindle Feedback in Sync Modes

☐ Closed Loop Spindle Control

P **0.25** I **1** D **0.3**

☐ Spindle Speed Averaging

General Parameters

CW Delay Spin UP **1** Seconds

CCW Delay Spin UP **1** Seconds

CW Delay Spin DOWN **1** Seconds

CCW Delay Spin DOWN **1** Seconds

☐ Immediate Relay off before delay

Special Options, Usually Off

☐ HotWire Heat for Jog

☐ Laser Mode. freq

☐ Torch Volts Control

☐ Torch Auto Off

OK Cancel Apply

8.Перейдите на вкладку Output Signals. Теперь найдите в таблице заданный ранее логический номер выхода, который задали в предыдущем пункте. Убедитесь, что он включен(Enabled). Впишите логический номер порта 1 или 2, к которому подключена плата (Port#). Впишите физический номер вывода LPT-порта, который управляет реле(Pin Number). Задайте, какой логический уровень 0 или 1 будет соответствовать включенному состоянию шпинделя(Active Low).

Engine Configuration... Ports & Pins

Port Setup and Axis Selection | Motor Outputs | Input Signals | **Output Signals** | Encoder/MPG's | Spindle Setup | Mill Options

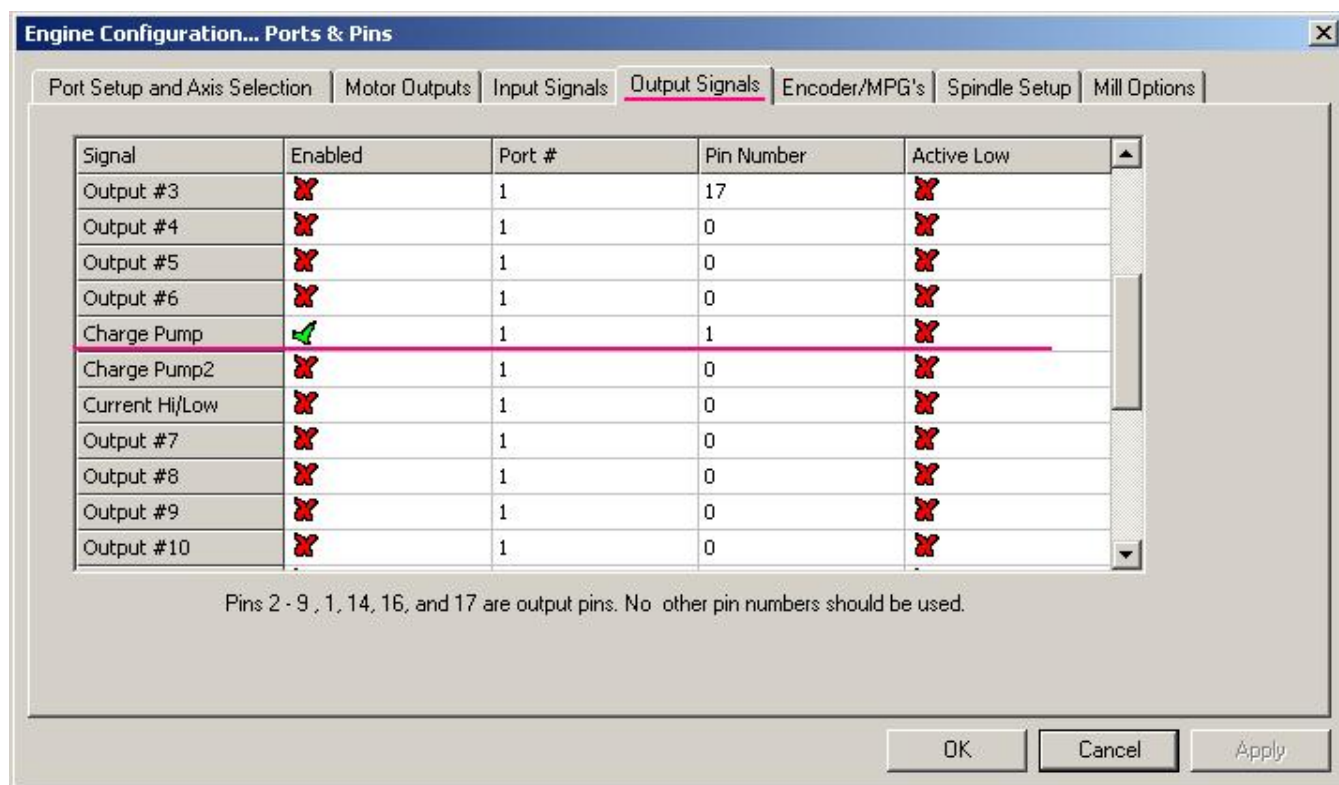
Signal	Enabled	Port #	Pin Number	Active Low
Digit Trig	☒	1	0	☒
Enable1	☒	1	0	☒
Enable2	☒	1	0	☒
Enable3	☒	1	0	☒
Enable4	☒	1	0	☒
Enable5	☒	1	0	☒
Enable6	☒	1	0	☒
Output #1	☒	1	14	☒
Output #2	☒	1	16	☒
Output #3	☒	1	0	☒
Output #4	☒	1	0	☒

Pins 2 - 9, 1, 14, 16, and 17 are output pins. No other pin numbers should be used.

OK Cancel Apply

9.Теперь необходимо проверить еще один важный момент. В Mach3 предусмотрен специальный сигнал накачки (Charge Pump), он представляет собой меандр частотой около 10кГц и присутствует на выходе только если запущен Mach3 и(или) отжата кнопка Reset. Специальная электронная схема на плате управления следит за этим сигналом, и разрешает включать шпиндель и двигать осями только при его наличии. Такое решение необходимо по двум причинам. Первая – до загрузки Mach3 и во время загрузки Windows выводы LPT-порта могут хаотично переключаться и находиться в неопределенном логическом состоянии, что может вызвать случайное включение шпинделя, вторая – из соображений безопасности, т.е. при зависании ядра Mach3 или обрыва управляющего кабеля, шпиндель и привода станка гарантировано отключатся.

Если ваша плата управления имеет вышеописанную функцию, то на вкладке Output Signals найдите сигнал Charge Pump, убедитесь, что он включен, и назначьте соответствующие номера порта и вывода



10.Теперь все готово для проверки работоспособности. Нажмите кнопку включения шпинделя на рабочем экране Mach3 или введите команду “M3” в строке ручного ввода команд. Убедитесь, что реле включается, и шпиндель разгоняется до максимальных оборотов за время задержки (Dwell). Отключить шпиндель можно командой “M5” или кнопкой на экране.

Вариант 2. Асинхронный шпиндель, управляемый преобразователем частоты.

Самый простейший способ подключения инвертора

Это наиболее часто применяемый на практике вариант. Достоинство этого способа – появляется возможность управлять частотой вращения шпинделя из программы Mach3 с помощью стандартных G-кодов.

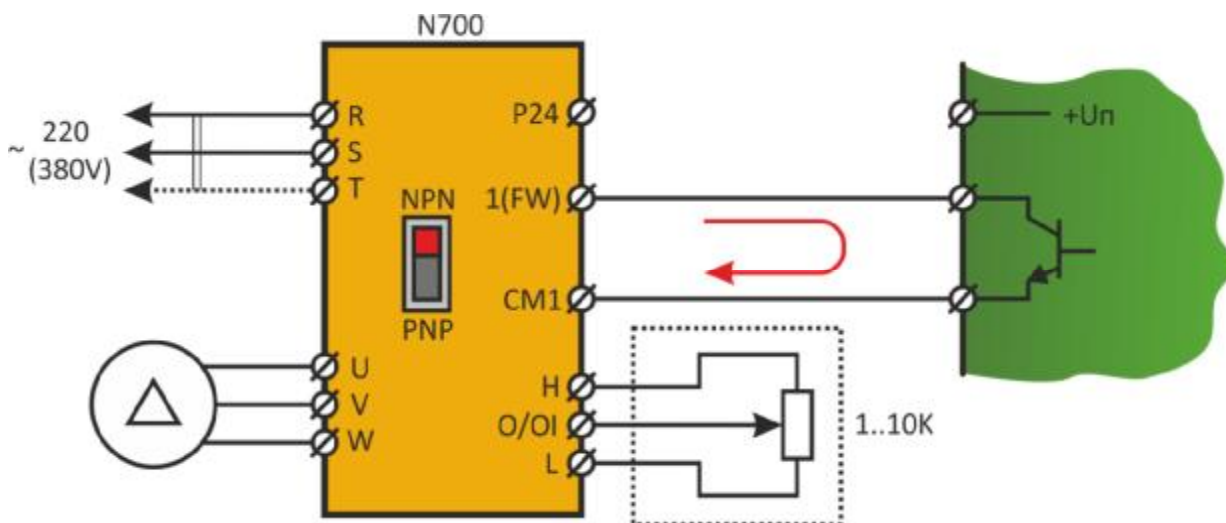
Но мы все равно рассмотрим и другой, более упрощенный вариант, когда частота задается с пульта преобразователя частоты.

В мире существует огромное количество фирм выпускающие преобразователи частоты, и, разумеется мы не можем охватить все тонкости настройки конкретного преобразователя. Ситуацию упрощает то, что при всем разнообразии приводов, принципы подключения и настройки у них одинаковы.

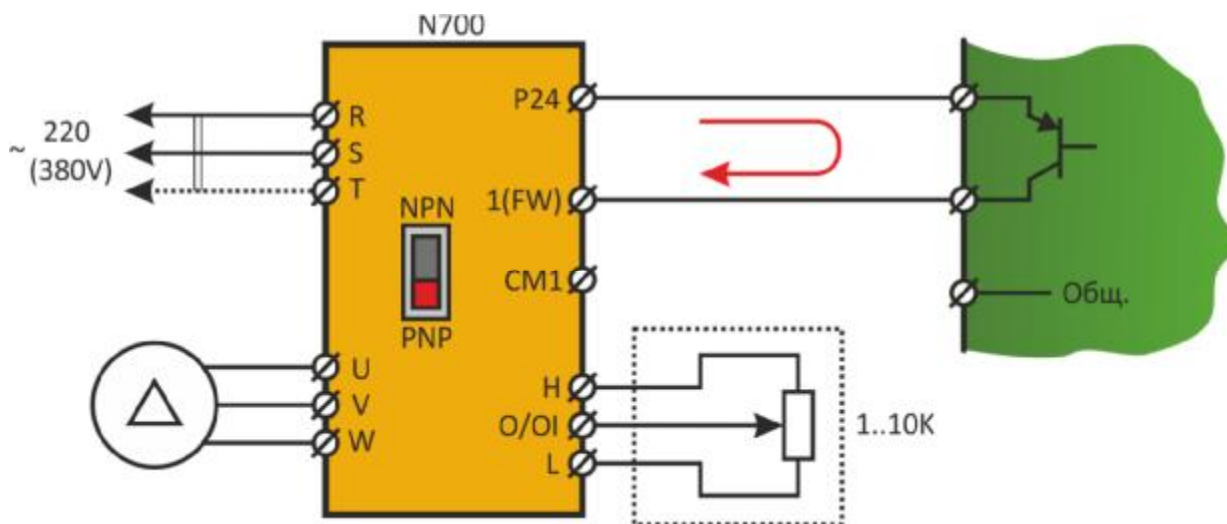
В этой статье мы рассмотрим пример интеграции ПЧ фирмы Hyundai серии N700E вместе со шпинделем ET80-2.5 для работы с Mach3.

1.Выполните всю силовую разводку согласно рекомендациям руководства от вашего преобразователя частоты.

2.В самом простом случае, если вы собираетесь только включать и выключать шпиндель из Mach3, а частоту задавать вручную, то соберите схему на рисунке ниже. В зависимости от настроек ПЧ, вы можете задавать частоту либо кнопками на панели ПЧ, либо ручкой, либо внешним потенциометром, подключенным к аналоговому входу ПЧ.



Принцип работы заключается в следующем, у преобразователя есть специальные логические входы. Их функции обычно настраиваются в меню ПЧ. В этой схеме мы используем только один вход FW, замыкая который, мы даем команду на вращение вперед. Контакт CM1 – это общий провод с нулевым потенциалом. Стоит также заметить, что входы на ПЧ могут работать как на втекающий ток (Sink) так и на вытекающий (Source). Для изменения режима, на ПЧ может быть небольшой переключатель или джампер с надписью NPN/PNP или Sink/Source. На нашей схеме показан выход в режиме вытекающего тока, управляемый NPN ключом, это наиболее часто использующийся способ. Но все же мы поясним, как подключается инвертор с PNP логикой на рисунке ниже.



Разумеется, для управления входами ПЧ подходят и обыкновенные электромагнитные реле, с изолированными контактами, при этом можно выбрать любой режим работы входов.

5. Если вы хотите управлять частотой вращения с помощью ручки, а расположение ПЧ не позволяет делать это удобно, то вы можете подсоединить потенциометр к аналоговому входу, как показано на предыдущих рисунках внутри пунктирной линии.

4. Теперь необходимо настроить преобразователь, для того чтобы он управлялся нужным нам способом. Для этого зайдите в меню ПЧ и измените следующие параметры:

F02 — Время разгона; установите значение 6 сек.

F03 — Время торможения; установите значение 6 сек.

Эта величина оптимальна для выбранного шпинделя

F04 – Направление вращения; если после монтажа, направление вращения шпинделя неверно, то измените этот параметр. Он может принимать значение 0 или 1.

A01 – Выбор источника управления частотой

0 – Ручка на передней панели ПЧ

1- Аналоговый вход, управление частотой вращения с помощью внешнего потенциометра

2- Управление клавишами на передней панели ПЧ

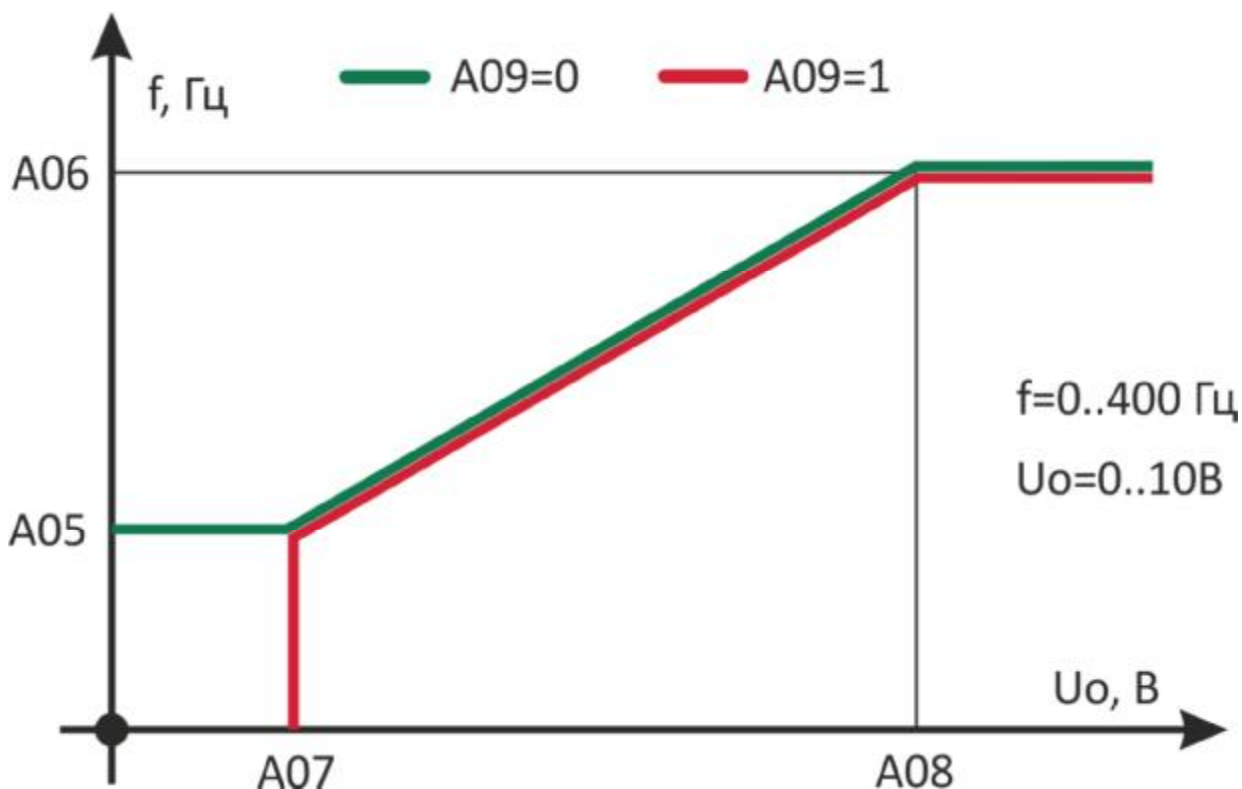
A02 – Выбор источника команды пуск: установите 1, чтобы ПЧ запускал шпиндель от входной клеммы

A03, A04 – Базовая и максимальная частота: установите 400 Гц

Если вы выбрали вариант с аналоговым входом, то следует настроить еще 4 параметра, задающих

график зависимости частоты от входного напряжения. Две пары параметров (A06, A08 и A05, A07) задают две точки на графике, представляющим собой линейную зависимость.

Параметр A09 указывает, с какой частоты начинать разгон шпинделя, 0 – со стартовой, 1 – с нулевой.



Перейдем к настройке вольт-частотной характеристики. Напомним, что для работы в паре с высокоскоростным шпинделем, в инверторе устанавливают именно этот режим управления.

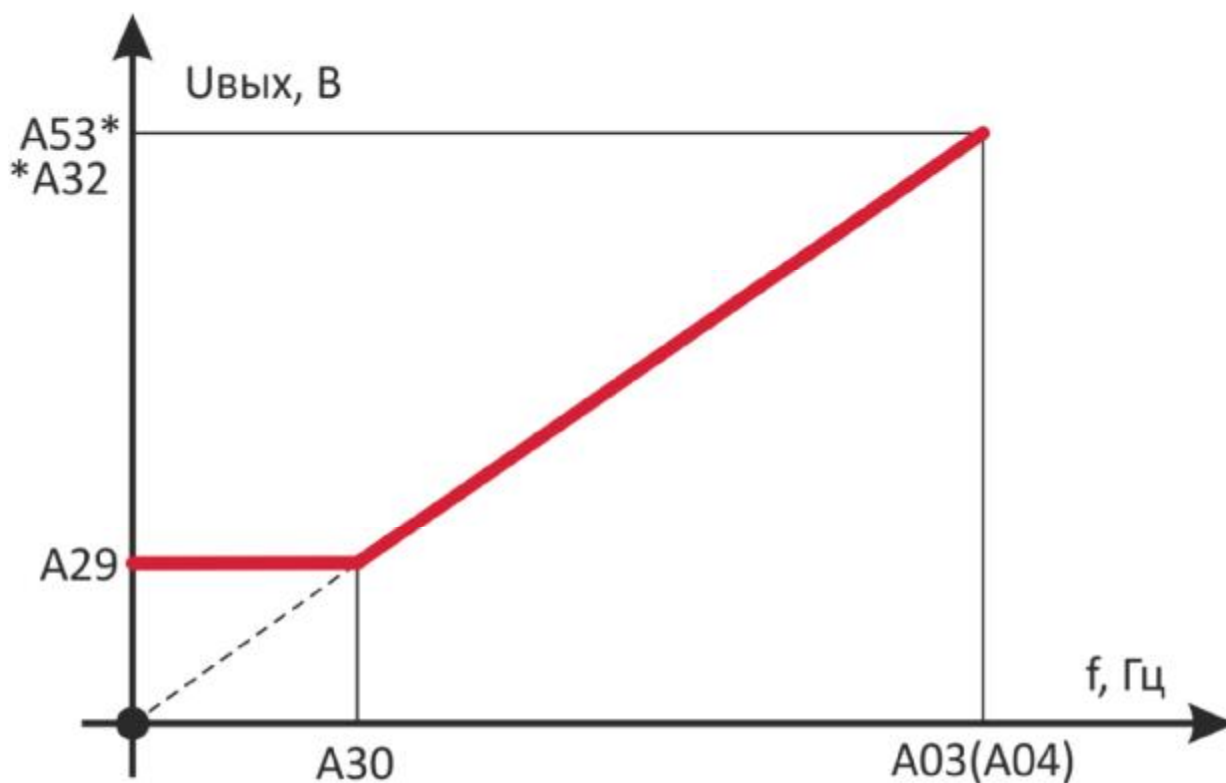
A28 – настройка режима усиления момента на малых оборотах: установите – 0, ручная настройка

A29 – значение напряжения на участке усиления момента: установите значение не более 10% от номинального напряжения двигателя

A30 – граница режима усиления момента: установите это значение равным 20..35 Гц

A31- выбор режима работы привода и формы кривой $U(f)$: установите – 0, что соответствует линейной зависимости $U(f)$, создающей постоянный момент

A32 – задает дополнительную крутизну характеристики $U(f)$, оставьте это значение равным 100%.



A52 – режим автоматической регулировки напряжения: оставьте значение по умолчанию -2

A53 – номинальное напряжения двигателя: установите значение 220В.

A59 – характеристика ускорения

A60 – характеристика торможения

Эти два параметра задают форму кривой изменения напряжения при разгоне и торможении, оставьте эти параметры равными 0, что соответствует линейной характеристике.

В расширенной группе параметров необходимо изменить только параметр В11 – отвечающий за частоту ШИМ выходного напряжения. Для выбранного шпинделя следует установить частоту 8 кГц.

В группе параметров С, отвечающей за входы и выходы изменений производить не нужно.

В группе Н, отвечающей за важные параметры привода нужно ввести следующие изменения:

H01 – автонастройка отключена: установите 0

H02 – дополнительные параметры двигателя: установите 0, использовать стандартные параметры

H03 – мощность для шпинделя ET80-2.5 введите 0.02L ???

H04 – количество полюсов двигателя: установите значение 2

H05 – номинальный ток двигателя: для шпинделя ET80-2.5 установите 7.5А

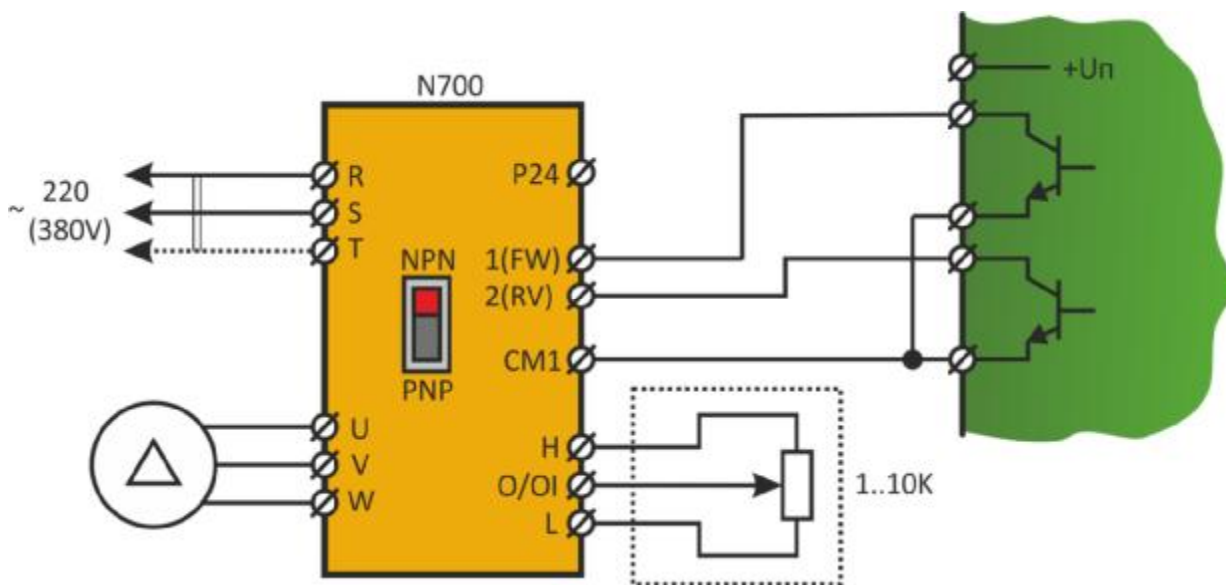
Напомним, что мы кратко рассмотрели настройку инвертора Hyundai N700E. Хотя идеология построения меню ПЧ различных производителей может отличаться, набор параметров будет примерно одинаковым, поэтому настроить ПЧ другого производителя не представляет большой сложности.

5. Настройка Mach3 в данном примере ничем не отличается от описанного ранее способа настройки коллекторного шпинделя, вы таким же образом назначаете один выход, который будет управлять запуском шпинделя.

Подключение инвертора для работы в двух направлениях вращения

Такое подключение может понадобиться при использовании инструмента с противоположным направлением вращения, но чаще это нужно, если вы переделали токарный станок на управление с Mach3, и вам необходимо иметь возможность вращать шпиндель обе стороны.

В стандартном G-коде существует специальная команда для запуска шпинделя против часовой стрелки - "M4". Чтобы ее реализовать, нужно немного дополнить приведенную ранее схему подключения.



На схеме появляется вход 2(RV), замыкание вызывает вращение шпинделя против часовой стрелки. Его функция в ПЧ N700E уже настроена, так что можно переходить к настройке Mach3.

В главном меню выберите Config -> Ports & Pins, перейдите на вкладку Output Signals. Назначьте номера физических выводов на выходы 1 и 2.

Engine Configuration... Ports & Pins

Port Setup and Axis Selection | Motor Outputs | Input Signals | Output Signals | Encoder/MPG's | Spindle Setup | Mill Options

Signal	Enabled	Port #	Pin Number	Active Low
Digit Trig	☒	1	0	☒
Enable1	☒	1	0	☒
Enable2	☒	1	0	☒
Enable3	☒	1	0	☒
Enable4	☒	1	0	☒
Enable5	☒	1	0	☒
Enable6	☒	1	0	☒
Output #1	☒	1	16	☒
Output #2	☒	1	17	☒
Output #3	☒	1	0	☒
Output #4	☒	1	0	☒

Pins 2 - 9 , 1, 14, 16, and 17 are output pins. No other pin numbers should be used.

OK Cancel Apply

Теперь перейдите на вкладку Spindle Setup. Задайте назначение логических выходов 1 и 2.

Engine Configuration... Ports & Pins

Port Setup and Axis Selection | Motor Outputs | Input Signals | Output Signals | Encoder/MPG's | Spindle Setup | Mill Options

Relay Control

☐ Disable Spindle Relays

Clockwise (M3) Output #

CCW (M4) Output #

Output Signal #'s 1-6

Flood Mist Control

☒ Disable Flood/Mist relays Delay

Mist M7 Output #

Flood M8 Output #

Output Signal #'s 1-6

ModBus Spindle - Use Step/Dir as well

☐ Enabled Reg 64 - 127

Max ADC Count

Motor Control

☒ Use Spindle Motor Output

☐ PWM Control

☒ Step/Dir Motor

PWMBase Freq.

Minimum PWM %

General Parameters

CW Delay Spin UP Seconds

CCW Delay Spin UP Seconds

CW Delay Spind DOWN Seconds

CCW Delay Spin DOWN Seconds

☐ Immediate Relay off before delay

Special Functions

☐ Use Spindle Feedback in Sync Mode

☐ Closed Loop Spindle Control

P I D

☐ Spindle Speed Averaging

Special Options, Usually Off

☐ HotWire Heat for Jog

☐ Laser Mode. freq

☐ Torch Volts Control

☐ Torch Auto Off

OK Cancel Apply

Теперь все готово к проверке. Если ввести команду «M3», то активируется выход 1 – вывод 16 и замкнется вход ПЧ 1(FW), что приведет вращению шпинделя по часовой стрелке, а если команду «M4», то активируется выход 2 – вывод 17 и замкнется вход ПЧ 2(RV), что приведет вращению шпинделя против часовой стрелки.

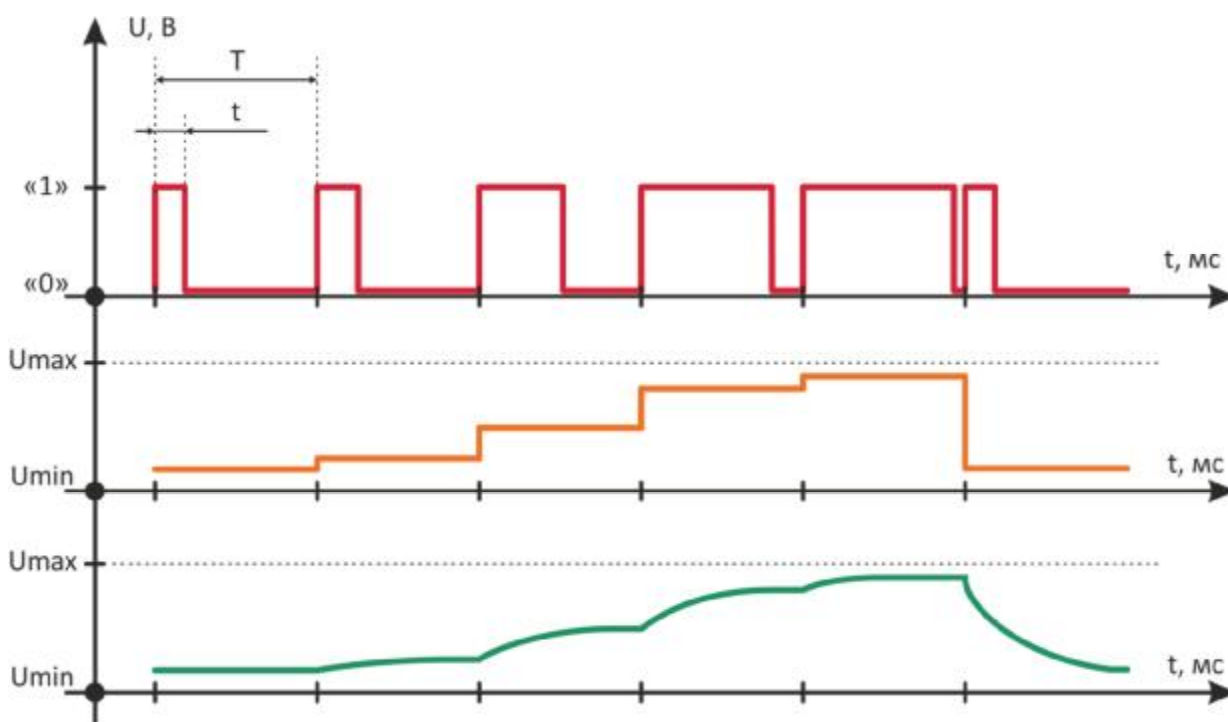
Управление частотой инвертора из Mach3

Ранее мы рассмотрели, как включать и выключать шпиндель из Mach3, однако управление частотой происходило вручную. Работа со станком станет гораздо удобнее, если сделать возможность управления оборотами прямо из управляющей программы. В Mach3 это можно реализовать несколькими путями:

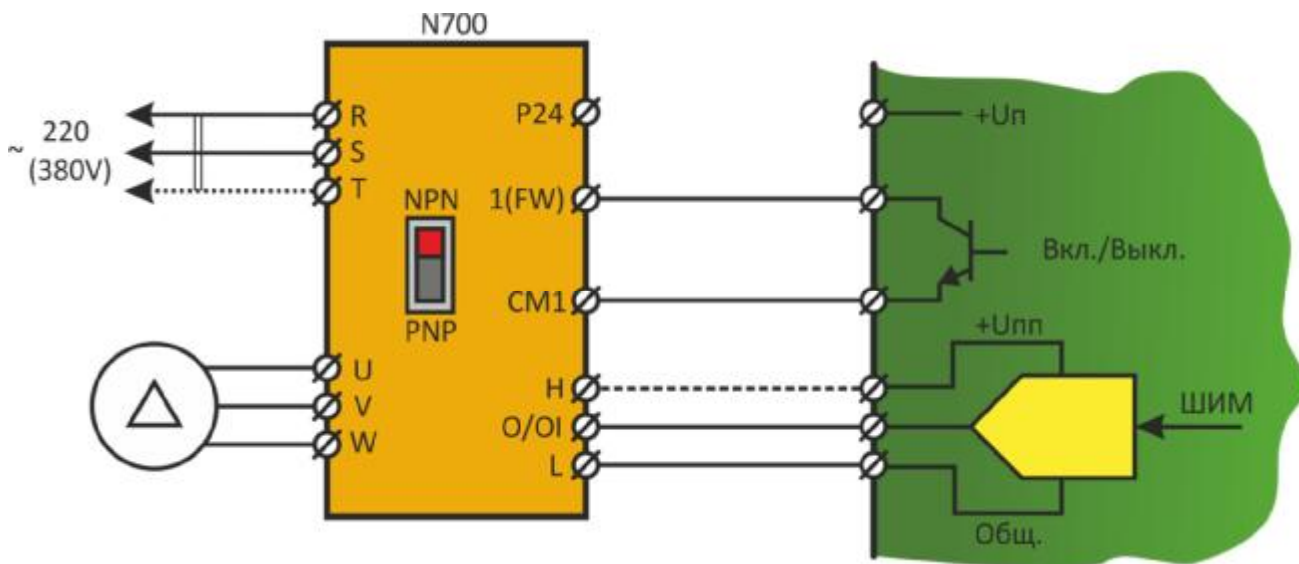
1. Использовать ШИМ выход
2. Использовать сигнал Шаг/Направление
3. Использовать управление через последовательную шину с протоколом Modbus

Пункты 2 и 3 требуют достаточно много подготовительных работ и сложны в реализации, их рассмотрение – тема для отдельной статьи.

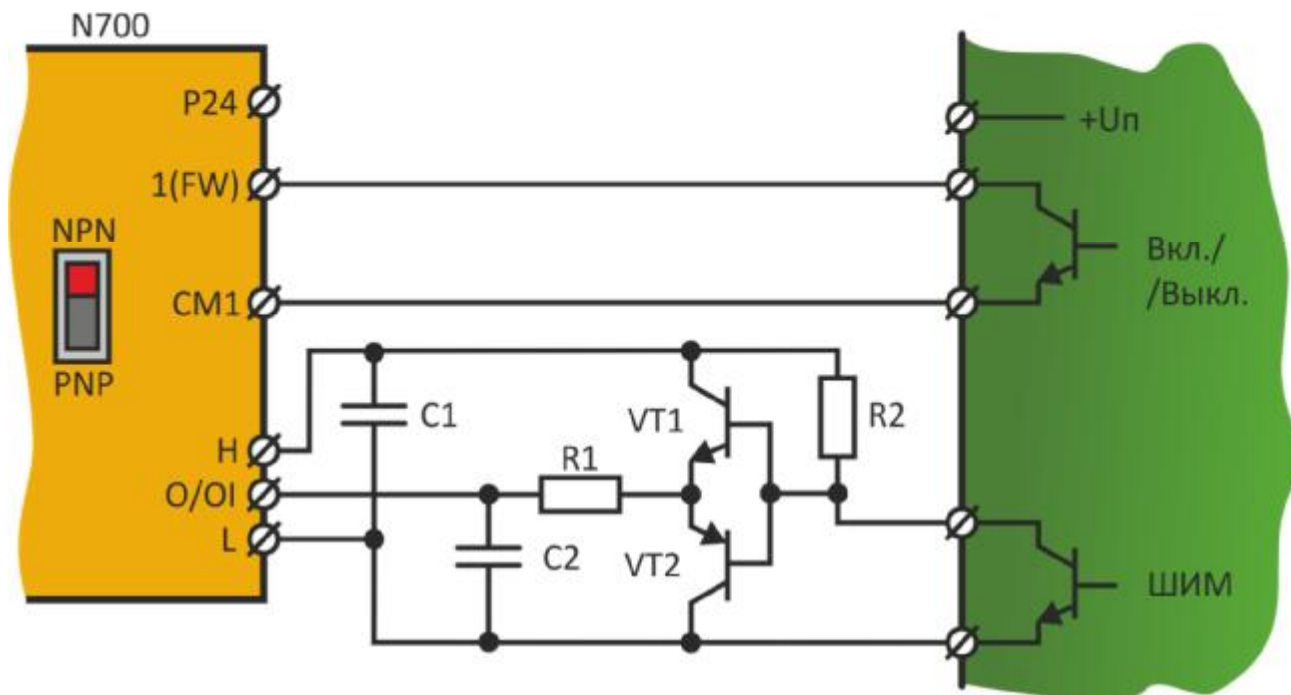
Наиболее универсальным решением будет использование ШИМ выхода. Напомним, что ШИМ – это аббревиатура от термина Широтно-Импульсная Модуляция. В нашем случае мы ее используем, чтобы передать значение частоты через один дискретный вывод, так как в ПК отсутствуют встроенные аналоговые выходы. Цифровой сигнал, показанный на рисунке красной линией, несет информацию о аналоговой величине (желтый график) с помощью соотношения ширины импульса t к периоду ШИМ T . Такую модуляцию очень легко преобразовать в аналоговый сигнал, пропустив ШИМ сигнал через фильтр низких частот (ФНЧ). Результат показан на графике зеленой линией.



Таким образом, для управления ПЧ нам понадобится 1 или 2 цифровых выхода для запуска шпинделя и еще один выход для передачи ШИМ сигнала. Этот выход необходимо дополнить схемой преобразования ШИМ сигнала в аналоговый с диапазоном 0-10В (стандартный аналоговый вход ПЧ). На некоторых платах ввода-вывода для Mach3 уже может быть установлен преобразователь, однако если он отсутствует, то вам придется создать преобразователь самостоятельно, как показано в примерах.



Пример подключения платы со встроенным преобразователем, например Geckodrive G540. В ПЧ обычно предусмотрен выход питания +10..+12В, и его можно использовать для питания аналоговой части преобразователя ШИМ. Если плата ввода-вывода, которую вы используете, имеет собственный источник питания преобразователя, то питающий провод подсоединять не нужно (показан пунктирной линией).



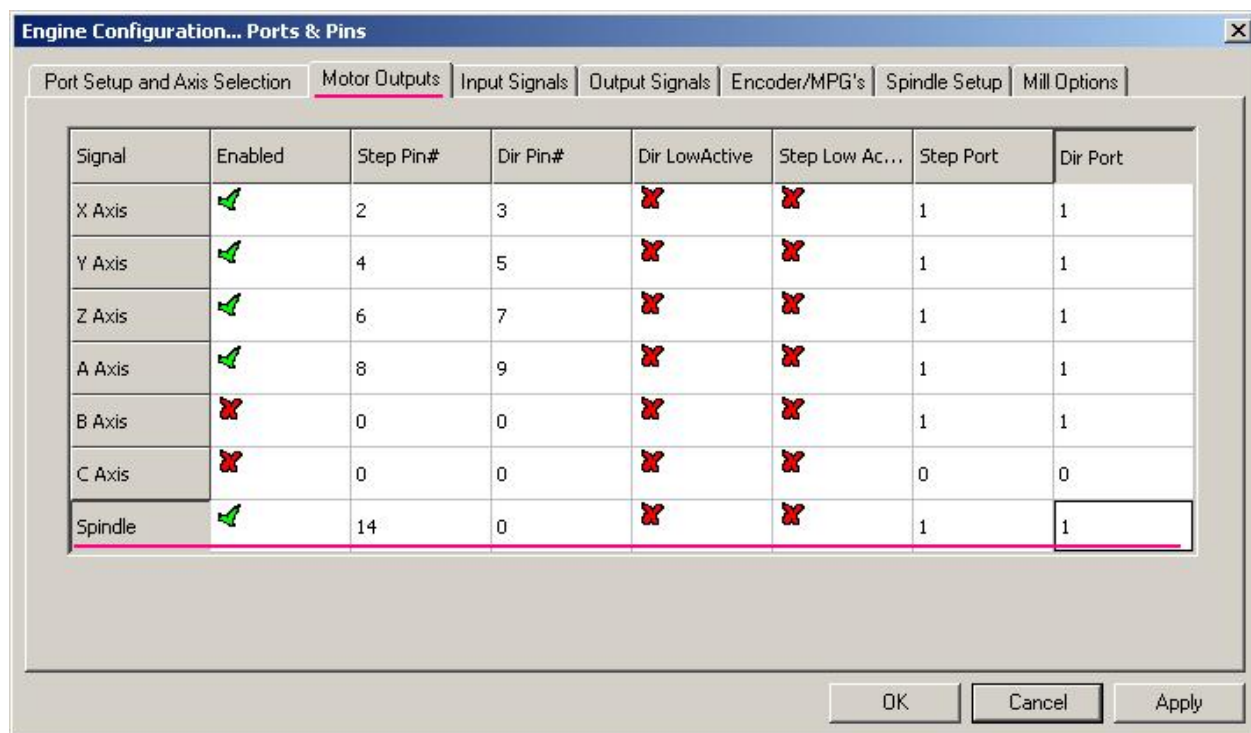
Пример схемы простейшего преобразователя ШИМ, разумеется, он не является единственным возможным вариантом построения преобразователя. Назначение элементов следующее:

конденсатор C1 выполняет роль фильтра питания, можно использовать электролитический конденсатор 10..47мкФ х 16В, резистор R2 служит нагрузкой для ключа, транзисторы VT1 и VT2 включены по схеме эмиттерного повторителя и работают как усилитель тока, цепочка C2 и R1 являются фильтром низких частот, которая и преобразует усиленный ШИМ сигнал в управляющее напряжение.

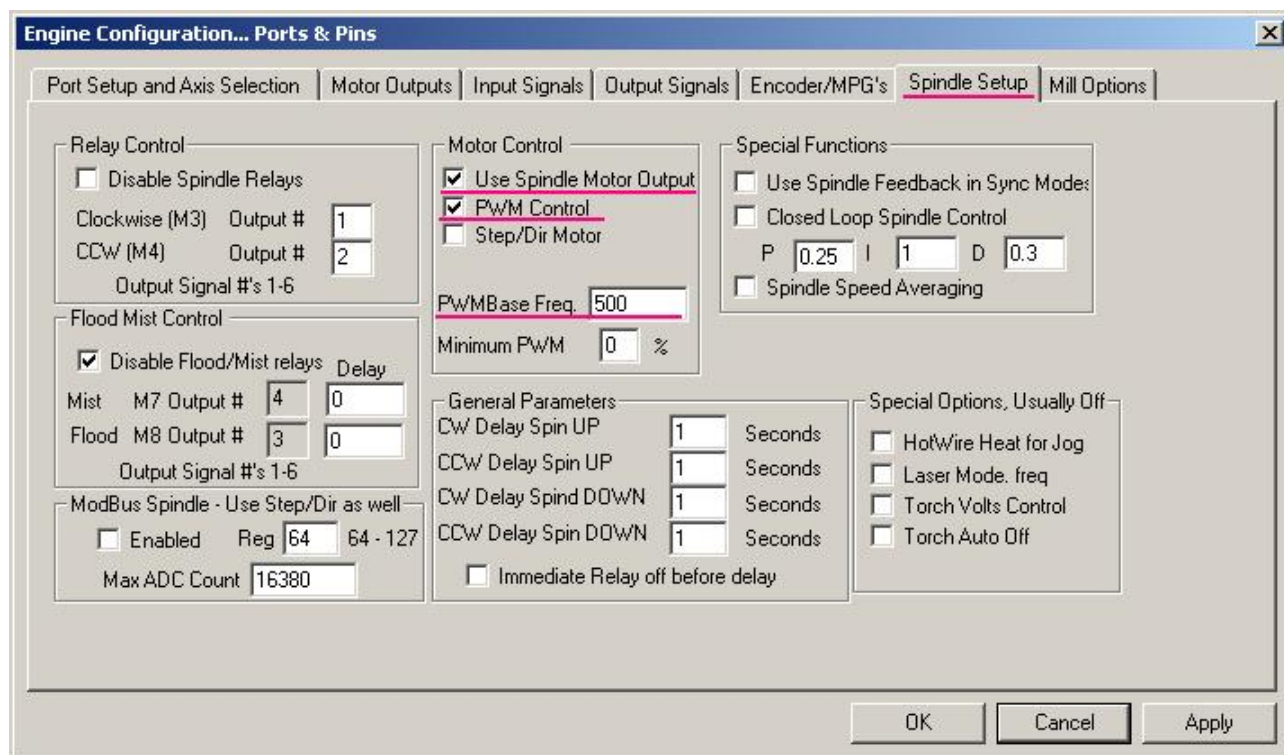
Важное замечание! Выход, который вы назначаете, как выход ШИМ в Mach3 должен иметь возможность переключаться с частотой не менее 10кГц. Это условие выполняется, если вы используете плату управления, включенную в стандартный LPT-порт или специализированный выход на плате, подключаемой через USB (как например в SmoothStepper). Выходы общего назначения на USB контроллерах, как правило, имеют очень небольшую частоту переключения, что делает работу ШИМ-преобразователя невозможной.

Поясним, почему возникли такие требования к скорости переключения ключа ШИМ. Чтобы иметь возможность без видимых задержек регулировать частоту шпинделя, постоянную времени ФНЧ C2R1 имеет смысл сделать в районе 50..100мс, соответственно период ШИМ желательно сделать в не менее чем в 20 раз меньше. Отсюда оптимальная частота ШИМ получается около 500Гц. Исходя из сказанного, можно задать следующие номиналы элементов: R2 = 1кОм, R1 = 10кОм, C2 = 47мкФ.

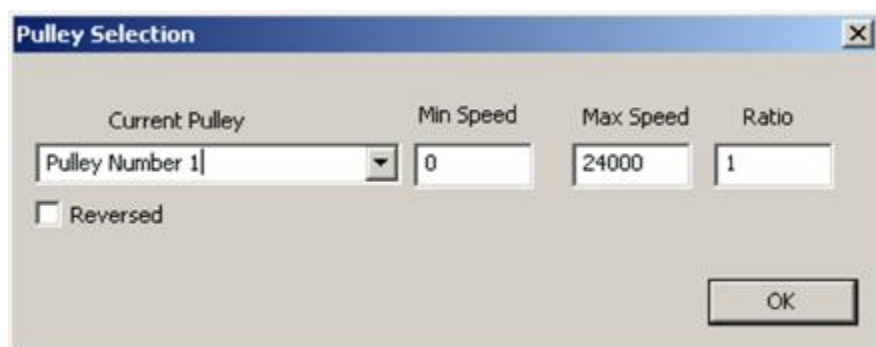
Теперь перейдем к настройкам Mach3. В главном меню выберите Config -> Ports & Pins, перейдите на вкладку Outputs назначьте выход управляющий включением и выключением шпинделя, как было описано ранее, затем перейдите на вкладку Motor Outputs. В строке Spindle назначьте в поле Step Pin вывод, который подсоединен к преобразователю ШИМ.



Перейдите на вкладку Spindle Setup, отметьте пункты Use Spindle Motor Output и PWM Control, задайте частоту ШИМ равной 500 Гц и сохраните все изменения.



Последнее, что необходимо сделать, выбрать в главном меню пункт Spindle Pulleys..., и в полях Min Speed и Max Speed указать минимальные и максимальные обороты шпинделя. Это важно сделать, так как именно отсюда Mach3 берет границы допустимых оборотов.



Теперь можно перейти к проверке работы. Убедитесь что питание инвертора и платы управления включено, в строке ручного ввода команд Mach3 введите команду "M3 S24000", убедитесь, что шпиндель выходит на заданные обороты, проверьте соответствие заданных оборотов с реальной частотой вращения в разных точках (например 6, 12, 18 тыс об/мин). Если вы видите достаточно сильное отклонение, то необходимо подстроить характеристику зависимости частоты от входного управляющего напряжения с помощью параметров A05-A08 в ПЧ.