

Руководство пользователя по работе с ПО регулятора хода

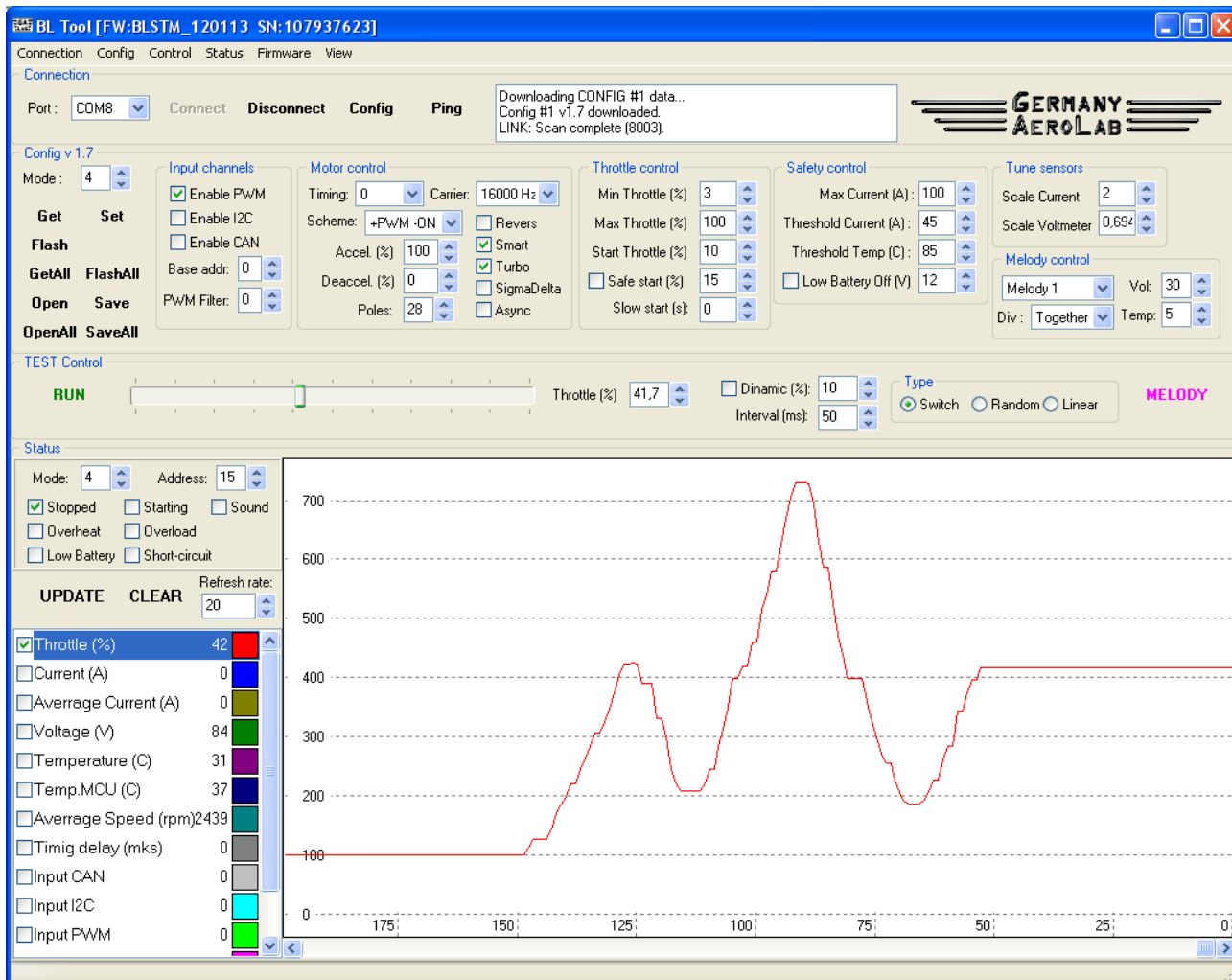
2N2N_BLMC_STM32_SL45A

ver 1.3

2013

Введение

Настройка параметров регулятора осуществляется с помощью специальной программы-конфигуратора BL Tool. Для запуска программы потребуется любой ПК с установленной операционной системой Windows (любой модификации).



Программа позволяет задавать различные режимы работы регулятора хода БК-двигателей, настраивать параметры, отслеживать в реальном времени состояние регулятора, наблюдать за процессом работы регулятора и БК-двигателя, задавать статические и динамические тесты для регулятора и двигателя. При этом настройки и параметры можно изменять в процессе работы регулятора даже без остановки двигателя. Программа позволяет пользователю подготовить и записать в память регулятора до 16-ти наборов (сетов) предварительно проверенных настроек для разных задач. С помощью программы можно также обновлять программное обеспечение самого регулятора (микропрограмма или firmware).

Подключение к ПК

Регулятор полностью настраивается с помощью ПК и не требует специальных карт программирования. Для связи с ПК требуется наличие COM-порта либо виртуального COM-порта через USB-интерфейс.

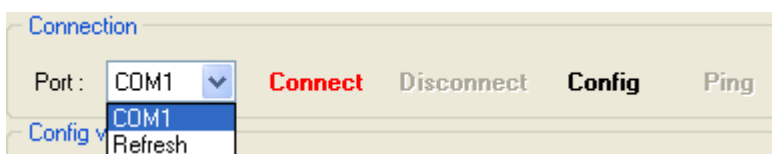
Параметры соединения следующие:

Скорость	115200 бит/с
Биты данных	8
Четность	Нет
Стоповые биты	1
Управление потоком	Нет

Внимание! Все коммутации следует производить только при выключенном питании.

Для установления соединения программы с регулятором необходимо подключиться к сервисному разъему регулятора через преобразователь USB-UART или COM-UART. Для соединения требуется наличие минимум двух линий RX и TX. Для перезапуска регулятора непосредственно с ПК может быть использована линия RST или DTR. В случае отсутствия линий RST или DTR перезапуск осуществляется пользователем с помощью кнопки RESET на регуляторе, если данная кнопка на плате предусмотрена. Germany AeroLab разработал и продает специальный USB-UART-программатор с 6-ти контактным сервисным разъемом, в котором предусмотрены все указанные контакты. С этим программатором обновление микропрограммы (firmware) возможно произвести только «кликом» мыши.

Процедура соединения с портом:



В программе в списке портов нужно выбрать требуемый порт. Если нужный порт в списке отсутствует, то надо выбрать в списке “Refresh” для обновления списка портов, доступных в системе. Для задания параметров соединения необходимо нажать кнопку “Config”. Параметры соединения требуется выставлять однократно, а при последующих запусках программы параметры будут загружаться автоматически. При нажатии кнопки “Connect” происходит попытка соединения ПК с регулятором.

Пример лога (в окне программы справа вверху) при успешном соединении приведен ниже:

```
Connecting COM11 port (115200 bod).  
BL detected.  
Downloading CONFIG #1 data...  
Config v1.5 downloaded.
```

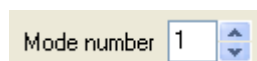
В случае успешного соединения загружается активная конфигурация регулятора, а в секции “Status” отображается текущее состояние. Командой “Ping” (кнопка, левее окна логов) можно проверить текущее соединение с регулятором, например:

```
Send ping...  
Echo is received.
```

Управление режимами

Регулятор поддерживает 16 независимых сетов-режимов, полностью настраиваемых пользователем. Каждый режим (set) включает в себя несколько десятков параметров, настраивая которые, пользователь может достигнуть наилучших результатов. Настройки для каждого режима хранятся в энергонезависимой памяти регулятора и сохраняются всегда, даже при обновлении микропрограммы (firmware). При старте регулятор использует режим, заданный переключателем выбора режима. Номер режима находится в диапазоне от 0 до 15.

Выбор режима для редактирования осуществляется в поле “Mode number”:

A screenshot of a web interface showing a text input field labeled "Mode number" containing the value "1". To the right of the input field are two small blue arrows, one pointing up and one pointing down, indicating a dropdown menu.

Управление режимами осуществляется следующими командами:

Get	Set
Flash	
GetAll	FlashAll
Open	Save
OpenAll	SaveAll

Команда “GET” (“получить”) загружает в программу из регулятора настройки для выбранного режима. Данная команда выполняется автоматически при подключении или перезапуске регулятора.

Команда “SET” (“установить”) загружает в регулятор из программы текущие настройки для выбранного режима. При этом настройки не записываются в энергонезависимую память регулятора, но становятся активными. Данная команда по сравнению с командой “FLASH” (“записать”) позволяет продлить ресурс энергонезависимой памяти регулятора. Однако после перезапуска регулятора настройки сделанные командой “SET” не сохраняются.

Команда “FLASH” (“записать”) загружает в регулятор из программы текущие настройки и записывает их в энергонезависимую память для выбранного режима.

Команда “GetAll” (“получить все”) последовательно загружает в программу из регулятора все настройки для всех 16-ти режимов (сетов).

Команда “FlashAll” (“записать все”) последовательно загружает в регулятор из программы все настройки и записывает их в энергонезависимую память для всех 16-ти режимов (сетов).

Команда “OPEN” (“открыть”) загружает в программу настройки из ранее сохраненного файла.

Команда “SAVE” (“сохранить”) сохраняет настройки программы в файл. В файле сохраняются параметры только для одного режима (set). Поэтому для сохранения всех 16-ти режимов (sets) необходимо использовать шестнадцать файлов. Команды “OPEN” и “SAVE” удобны для дублирования настроек сделанных для одного регулятора на другие экземпляры регуляторов.

Команда “OpenAll” (“открыть все”) загружает в программу настройки для всех 16-и режимов (sets) из ранее сохраненного файла. Это удобно для дублирования настроек сделанных для одного регулятора на другие экземпляры регуляторов.

Команда “SaveAll” (“сохранить все”) сохраняет настройки программы в файл. В файле сохраняются параметры всех 16-и режимов (sets). Это удобно для дублирования настроек сделанных для одного регулятора на другие экземпляры регуляторов.

Входные каналы управления

Регулятор может управляться от различных источников сигнала: PWM, I2C, CAN, UART.

Параметры каналов управления приведены в таблице 1.

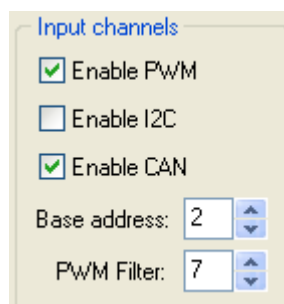
Таблица 1. Параметры входных каналов управления.

PWM	
Частота входного сигнала	20..450 Гц
Длительность импульса	900..2300 мкс
Дискретность определения импульса	1 мкс
I2C	
Частота передачи	400 кГц
Уникальных адресов	48
Выбор адреса переключателем	16
CAN	
Частота передачи	1 МГц
Уникальных адресов	48
Выбор адреса переключателем	16
UART	
Скорость передачи	115200 бод

Все каналы управления могут быть задействованы одновременно. Приоритет в выборе активного канала следующий:

1. UART (управление с ПК)
2. CAN
3. I2C
4. PWM

Приоритет выбора канала показывает какой источник сигнала будет использовать регулятор в случае присутствия нескольких сигналов одновременно. Например, если одновременно на входах PWM и CAN будет присутствовать сигнал управления, то регулятор будет использовать сигнал CAN, а в случае пропадания перейдет на PWM.



Если регулятор предполагается использовать только с одним источником сигнала, то лишние каналы можно отключить соответствующими флажками в данной конфигурации. Канал UART не может быть отключен.

Значения сигналов, которые в данный момент присутствуют на каждом из каналов можно контролировать в секции "Status" регулятора. Значения "Input CAN", "Input PWM", "Input I2C", "Input PC" отображают соответствующие значения входных сигналов. Все значения приведены к одинаковому диапазону от 0 до 1000. Значение "Throttle" показывает действительное значение газа, которое используется регулятором.

<input checked="" type="checkbox"/>	Throttle (%)	0	Red
<input type="checkbox"/>	Current (A)	0	Blue
<input type="checkbox"/>	Average Current (A)	0	Olive
<input type="checkbox"/>	Voltage (V)	0	Green
<input type="checkbox"/>	Temperature (C)	0	Purple
<input type="checkbox"/>	Temp.MCU (C)	0	Dark Blue
<input type="checkbox"/>	Average Speed (rpm)	0	Teal
<input type="checkbox"/>	Timig delay (mks)	0	Grey
<input checked="" type="checkbox"/>	Input CAN	0	Light Grey
<input checked="" type="checkbox"/>	Input I2C	0	Cyan
<input checked="" type="checkbox"/>	Input PWM	0	Bright Green
<input checked="" type="checkbox"/>	Input PC	0	Magenta
<input type="checkbox"/>	Debug	0	Black

Для каналов I2C и CAN необходимо задать адрес регулятора на шине. Адрес формируется суммированием базового адреса и адреса, выставленного переключателем адреса. Например, базовый адрес равен 16, а переключатель адреса выставлен в положение 9, тогда адрес регулятора будет равен 25.

Базовый адрес может находиться в диапазоне от 0 до 32. Переключатель адреса позволяет задать значение от 0 до 15. Таким образом, на одной шине возможно подключение до 48 регуляторов. Важно, чтобы адреса регуляторов, подключенных к одной шине, не совпадали!

Для канала PWM адрес не имеет значения.

Для уменьшения влияния помех, которые могут возникать при использовании PWM канала управления, предусмотрен параметр "PWM Filter". Данный параметр сглаживает входной PWM-сигнал с заданным коэффициентом сглаживания от 0 (нет сглаживания) до 10 (максимальное сглаживание). Следует учитывать, что сглаживание может приводить к появлению задержки при отработке сигнала управления и потому большие значения сглаживания не рекомендуются. По умолчанию этот параметр установлен в значение 2.

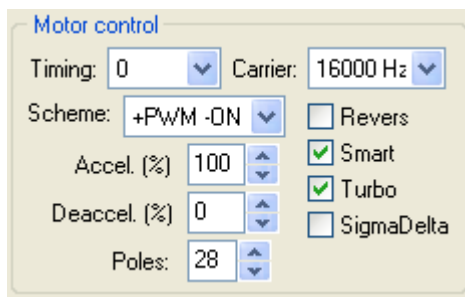
При подключении регулятора по выбранному каналу управления следует учитывать длину соединительных линий. Лучшим выбором в плане максимальной длины соединения безусловно является соединение по CAN-шине. Общие рекомендации по максимальной длине линий исходит из рекомендаций разработчиков каждой из технологий передачи данных:

- I2C – длина линии не желательна выше 10 см (!)
- PWM – длина линии не желательна выше 20-30 см для приемлемой работы
- CAN – общая длина всей линии желательна не должна превышать 10 метров.

Многие пользователи проводят дополнительные защитные меры для линий передачи сигналов, например, экранировку линий и подобное, но для устойчивой, гарантированной работы каждого из этих каналов рекомендуется все же придерживаться изложенных выше рекомендаций разработчиков каждой из этих технологий.

Параметры двигателя

В группу параметров управления двигателем объединены коэффициенты и настройки, влияющие на процесс формирования управляющих сигналов на обмотки двигателя. Данные параметры весьма существенно влияют на энергоэффективность системы управления двигателем, а также на динамические характеристики.



Timing (опережение) – величина электрического угла опережения коммутации обмоток. Параметр, от которого зависит мощность и КПД двигателя. Значение параметра может находиться в пределах от 0° до 30° . Значение “Auto” указывает регулятору выбирать значение самостоятельно в зависимости от скорости вращения. Значение параметра *Timing* также важно для надежного запуска двигателя.

Carrier (несущая) - частота импульсов контроллера. Параметр может принимать одно из фиксированных значений: 8000, 12000, 16000, 20000, 24000, 28000, 32000, 36000 или 40000Гц. При больших значениях улучшается линейность регулирования частоты вращения, но могут возрасти потери коммутации. Высокое значение параметра оправдано при использовании моторов с малой индуктивностью. При включённом режиме SigmaDelta не рекомендуется поднимать частоту выше 20 000 (значение по умолчанию 16 000)

Scheme (схема) - определяет порядок подачи управляющих импульсов на силовые ключи. Рекомендуется не менять установленный по умолчанию параметр.

Poles (полюса) – количество полюсов статора двигателя. Этот параметр влияет на определение скорости вращения ротора двигателя. Если он указан не верно, то и скорость вращения будет вычисляться не верно. Как правило, для двигателей с внутренним ротором (inrunner) значение равно 2 или 4, а для двигателей с внешним ротором (Outrunner) 12 и более. Изучите технические данные двигателя.

Accel (ускорение) – параметр задает ограничение ускорения вращения. То есть, если резкое изменение управляющего сигнала превышает данный порог, то оно будет ограничено и растянуто во времени. Меньшие значения ускорения приводят к вялому управлению, регулятор реагирует на управляющий сигнал заторможено. Такое оправдано только, если требуется исключить резкие перепады потребляемого тока и нагрузки на механическую часть привода. Значения ускорения близкие к 100% выбираются, когда требуется получить максимально быструю реакцию мотора на входное значение сигнала управления, не взирая на возможные перегрузки.

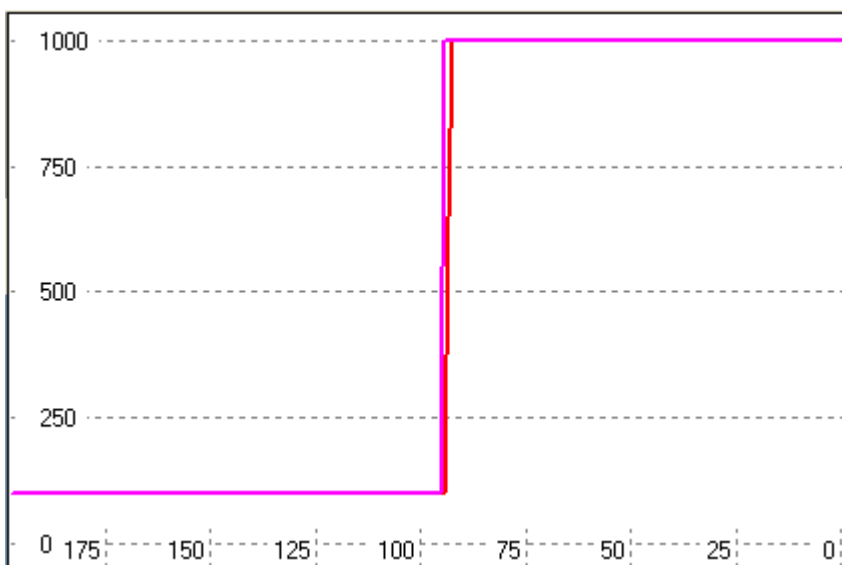


Рисунок 1. Значение Accel = 90%

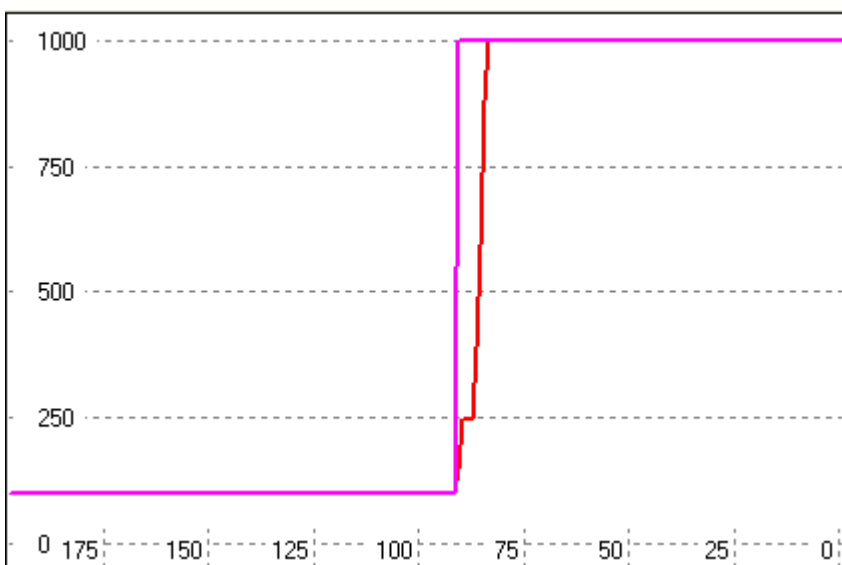


Рисунок 2. Значение Accel = 10%

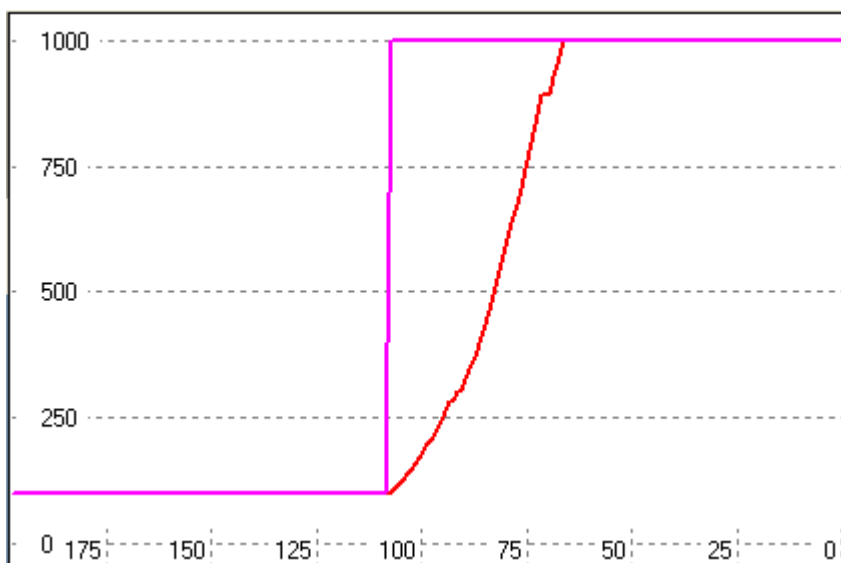


Рисунок 3. Значение **Accel** = 1%

На рисунках 1-3 видно как изменяется кривая разгона двигателя при ступенчатом изменении входного сигнала с различными значениями параметра **Accel**.

Deaccel (ускорение при замедлении) – параметр задает ограничение ускорения при замедлении вращения.

Revers (*реверс*) – параметр определяет направление вращения ротора двигателя. На направление вращения ротора влияет порядок подключения фаз. Если направление вращения не соответствует желаемому, то достаточно установить данный флаг.

Smart (плавно) – включает плавный режим изменения ШИМ.

Turbo (турбо) – включает форсированный режим управления.

SigmaDelta – включает режим управления ЧИМ (частотно-импульсная модуляция).

Внимание: в заводских настройках по умолчанию (default) заданы оптимальные параметры работы двигателей! Данные значения были многократно опробованы на летательных аппаратах весом от 1,5кг до 3кг. Режим SigmaDelta задействован по умолчанию на частоте 16кГц с включенным режимом Turbo и Timing=0 градусов.

Управление газом

Группа параметров управления газом устанавливает ограничения на входные сигналы управления в процессе работы и старта двигателя.



Min Throttle (*минимальный газ*) – параметр задает минимальное значение газа. Если текущее значение газа меньше этого значения, то двигатель будет остановлен. Для запуска двигателя значение газа должно быть больше *Min Throttle*. Данный параметр рекомендуется выставлять таким, чтобы исключить случайный запуск двигателя при нестабильном входном PWM-сигнале, а также исключить работу двигателя на слишком низких оборотах.

Max Throttle (*максимальный газ*) – параметр ограничивает верхнее значение газа. При превышении данного значения на двигатель будет выдаваться управляющее воздействие не превышающее *Max Throttle*.

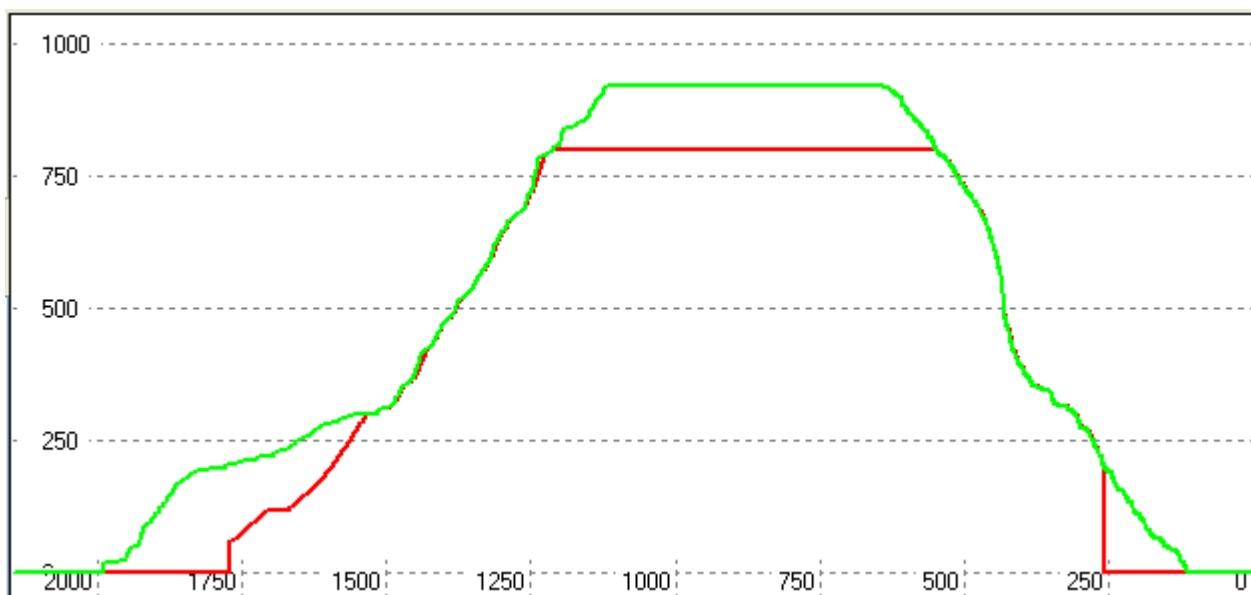


Рисунок 4. Min Throttle = 20%, Max Throttle = 80%

На рисунке 4 представлены графики входного сигнала (зеленый) и реального управляющего воздействия на двигатель (красный). На отметке 1750 произошел запуск двигателя, так как входной сигнал превысил 20%. На интервале от 1200 до 500 видно ограничение максимального значения газа на уровне 80%. На отметке 250 произошло отключение двигателя, так как входной сигнал стал меньше 20%.

Start Throttle (*стартовый газ*) – параметр отвечающий за запуск двигателя из неподвижного состояния. Двигатель при запуске предварительно раскручивается до данного значения, а затем переходит в рабочий режим. Выбор данного параметра должен соответствовать нагрузке. При малом значении параметра пуск будет плавным, но при большой нагрузке двигатель может не запуститься.

Safe start (защищенный старт) – параметр обеспечивает защиту от случайного запуска двигателя. Например, при подаче питания на регулятор значение входного сигнала было на максимуме. Такая ситуация приведет к немедленному включению двигателя на максимальных оборотах. Однако, функция *Safe start* позволяет избежать подобной ситуации. При включенной опции двигатель перейдет в режим запуска только если значение входного сигнала не превышает *Safe start*.

На рисунке 5 представлен график запуска двигателя. Значение *Start Throttle*=10%, значение входного сигнала равно 50%.

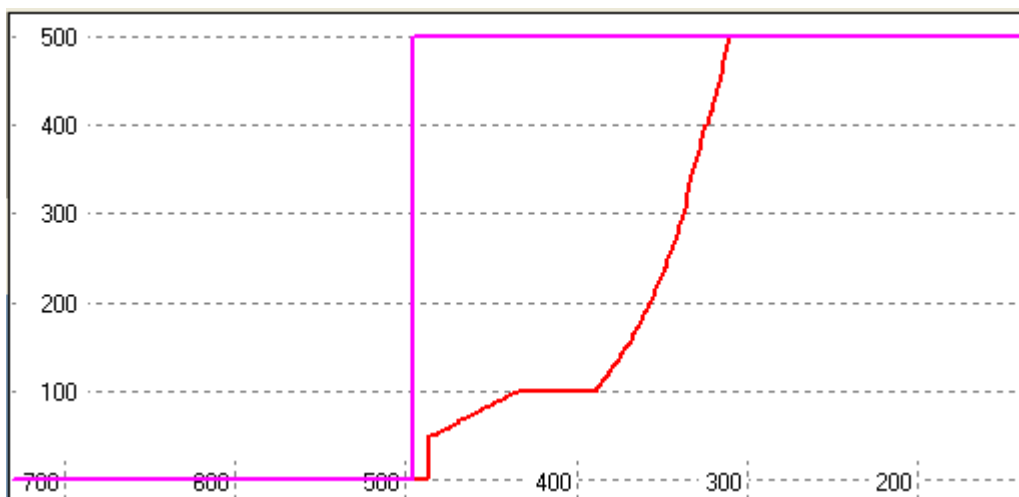


Рисунок 5. Start Throttle = 10%

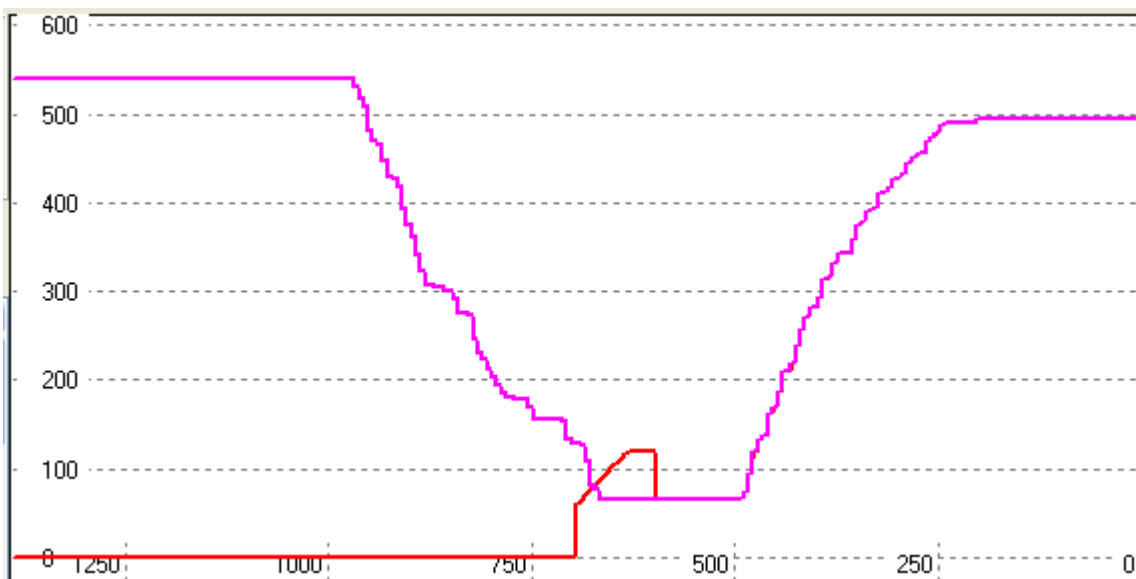


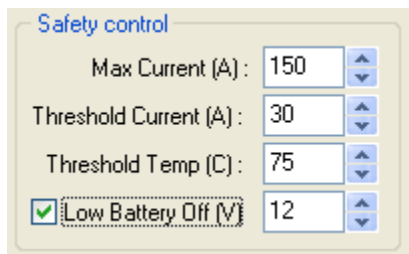
Рисунок 6. Иллюстрация Safe start

На рисунке 6 первоначальное значение входного сигнала (пурпурный) 55%, однако двигатель не запускается до тех пор, пока входной сигнал не опустился ниже *Safe start*=15%.

Slow start (задержка старта) – задает временную задержку для получения плавного разгона двигателя. Как правило, чем больше мощность двигателя, тем большее время требуется для выхода двигателя на номинальные обороты. По умолчанию для двигателей класса 300 Ватт можно ставить задержку 0.1сек. Для двигателей от 600 Ватт и на тяжёлых многомоторных аппаратах рекомендуется ставить задержку 0.5 сек. Тем самым будет подстраховка того, что все двигатели выйдут на пусковой режим стабильно. Особенно удобно когда двигателей более 10 штук на раме и можно сразу не уследить что один из двигателей не запустился или из-за перегрузки пропеллером попал в срыв. Задержка 0.5 - 1 сек раскрутит перегруженный двигатель плавнее. Затем можно смело взлетать – двигатели будут реагировать на газ моментально.

Параметры безопасности

В группу безопасности объединены параметры, ограничивающие предельные значения, длительное превышение которых может привести к выходу из строя регулятор или двигатель.



Max Current (максимальный ток) – параметр ограничивает пиковое значение потребляемого тока. Превышение током данного значения считается аварийным и двигатель немедленно отключится. В статусе регулятора при превышении тока устанавливается флаг “Short-circuit”.

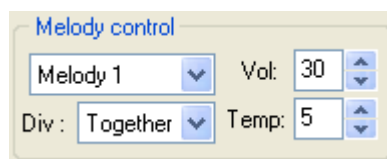
Threshold Current (отсечка по току) – параметр ограничивает продолжительное превышение потребляемого тока, которое может привести к перегреву и выходу из строя регулятора. Двигатель в этом случае не отключается, но снижается мощность. При понижении тока до безопасного уровня мощность восстанавливается. В статусе регулятора при токовой перегрузке устанавливается флаг “Overload”.

Threshold Temp (отсечка по перегреву) – параметр позволяет ограничивать мощность при превышении температуры регулятора более заданного значения. В статусе регулятора при перегреве устанавливается флаг “Overheat”. Следует учитывать, что температура спадает значительно медленнее из-за неравномерного теплоотвода или плохого обдува. Мы не рекомендуем ставить температуру выше 75 градусов, так как она сразу не спадёт и аппарат начнет снижаться из-за недостатка мощности двигателя. 75 градусов – оптимальное значение по умолчанию.

Low Battery Off (низкий заряд батареи) – включение данной опции позволяет предотвратить полный разряд батареи и выключает регулятор при достижении напряжения питания ниже заданного в течение нескольких секунд. После срабатывания данной защиты регулятор не включится даже если напряжение вернется к допустимому. В статусе регулятора при просадке напряжения устанавливается флаг “Low Battery”. Для повторного запуска регулятор требуется полностью обесточить или перезапустить. Данная опция не рекомендуется для включения на мультироторных аппаратах! Скоро будет добавлена опция не отключать питание регулятора, а плавно снижать мощность, чтобы аппарат не разбился.

Мелодии

При подаче питания на регулятор может проигрываться одна из предустановленных мелодий. Мелодия проигрывается только при отсутствии входного сигнала и остановленном двигателе. Запуск двигателя прерывает мелодию в любой момент, не дожидаясь ее окончания. Поиграть выбранную мелодию можно командой “MELODY”. Для каждого режима может быть назначена индивидуальная мелодия. Набор мелодий может изменяться в различных версиях микропрограммы регулятора.



Vol (громкость) – параметр задает громкость звучания мелодии. Можно установить значение от 0 до 100. Громкость мелодии зависит от характеристик подключенного двигателя.

Temp (темп) – параметр задает темп исполнения выбранной мелодии. Мелодию можно воспроизвести как в замедленном, так и в ускоренном темпе. Значение параметра находится от –10 до 10.

Divide (разделение) – данный параметр указывает какую часть мелодии следует воспроизвести регулятору. Доступны следующие варианты воспроизведения:

“Together” - воспроизводится вся мелодия целиком.

“Inturn” - воспроизводит мелодию полностью, но с задержкой в зависимости от адреса регулятора.

“Quadro” - воспроизводится одна четвертая часть мелодии.

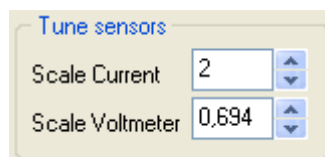
“Hexa” - воспроизводится одна шестая часть мелодии.

“Octo” - воспроизводится одна восьмая часть мелодии.

Какая именно часть мелодии будет проиграна, зависит от адреса регулятора. Например, четыре регулятора с номерами от 0 до 3 и вариантом воспроизведения “Quadro” будут последовательно проигрывать каждый свою часть мелодии.

Настройка датчиков

В регуляторе установлены датчик тока и датчик напряжения. В общем случае достаточно заводской (default) настройки по умолчанию. В редких случаях требуется более точная подстройка коэффициентов для измерения тока и напряжения.



Scale Current (коэффициент по току) – коэффициент для измерения потребляемого тока. По умолчанию значение равно 2.

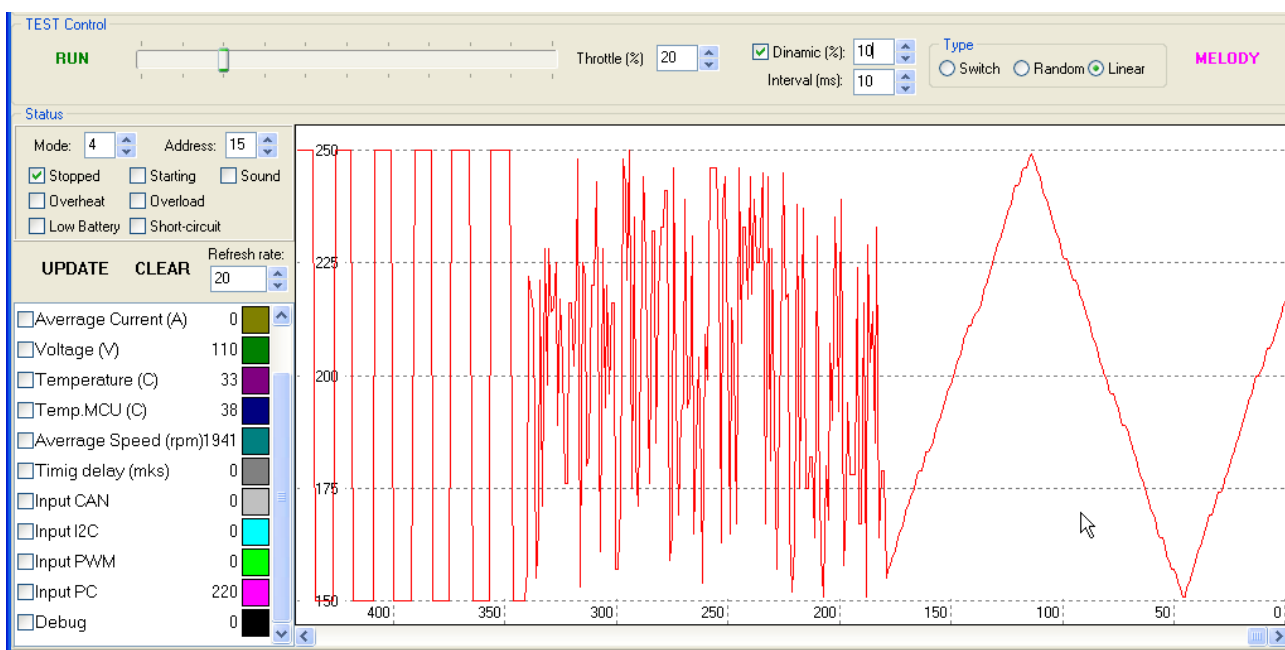
Scale Voltmeter (коэффициент по напряжению) - коэффициент для измерения напряжения питания. По умолчанию значение равно 0.694.

Для более точной подстройки датчика тока и напряжения потребуется эталонный вольтметр и амперметр. Подбирая соответствующие коэффициенты в небольших пределах необходимо добиться, чтобы измеренные величины тока и напряжения в регуляторе соответствовали показаниям эталонных приборов.

Внимание! При установке неадекватных значений коэффициентов возможна неправильная работа регулятора и выход его из строя. Будьте внимательны!

Тестовое управление с ПК

Регулятор, подключенный к ПК, может управляться пользователем непосредственно из программы.



Для запуска регулятора необходимо выбрать команду **“RUN”**. Изменяя положение ползунка газа можно управлять скоростью вращения двигателя.

Функция **“Dinamic”** симулирует переменный управляющий сигнал в заданном диапазоне без участия пользователя. Доступны режимы **“Switch”**, **“Random”** и **“Linear”**.

При неактивной команде **“RUN”** двигатель отключается.

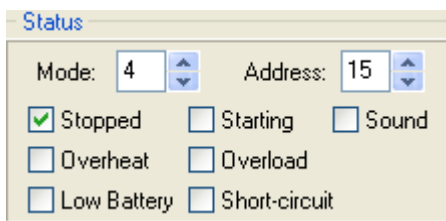
Команда **“UPDATE”** активирует запись состояния регулятора для графического отображения.

Команда **“CLEAR”** сбрасывает историю состояния регулятора и очищает графики.

Параметр **“Refresh rate”** задает частоту обновления графиков.

Состояние регулятора

В секции “**Status**” (окне статуса) отображается текущее состояние регулятора:



Mode - показывает положение переключателя режима (set) при включении регулятора.

Address - показывает положение переключателя адреса при включении регулятора.

Stopped - флаг устанавливается при остановленном двигателе.

Starting - флаг устанавливается при запуске двигателя.

Sound - воспроизводится мелодия.

Overheat - флаг устанавливается при перегреве регулятора.

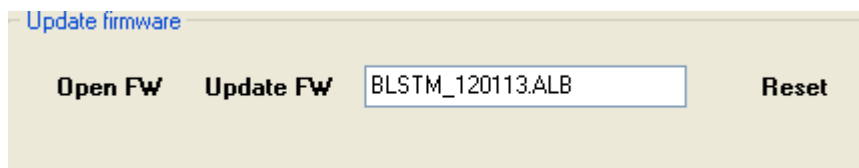
Overload - флаг устанавливается при токовой перегрузке регулятора.

Low Battery - флаг устанавливается при просадке напряжения.

Short-circuit - флаг устанавливается при превышении максимального тока.

Обновление firmware

Для обновления программного обеспечения контроллера необходимо нажать комбинацию клавиш Ctrl+Alt+U. После этого появиться окно обновления программы регулятора. Файлы обновления имеют расширение “.ALB”. Команда “**Open FW**” открывает файл обновления для дальнейшего использования. Команда “**Update FW**” производит обновление программного обеспечения регулятора (firmware).



Процесс обновления сопровождается светодиодным индикатором на регуляторе и выдачей сообщений в лог в окне программы справа вверху.

Например:

```
Detect bootloader... Press RESET to start
BOOT detected!!!
BOOT v0.1 Prepare 29408 bytes
Page 1 write!
Page 2 write!
Page 3 write!
Page 4 write!
Page 5 write!
Page 6 write!
Page 7 write!
Page 8 write!
Page 9 write!
Page 10 write!
Page 11 write!
Page 12 write!
Page 13 write!
```

Page 14 write!
Page 15 write!
Page 16 write!
Page 17 write!
Page 18 write!
Page 19 write!
Page 20 write!
Page 21 write!
Page 22 write!
Page 23 write!
Page 24 write!
Page 25 write!
Page 26 write!
Page 27 write!
Page 28 write!
Page 29 write!
Finish.

После обновления регулятор сам перезапустится. Кнопка “Reset” в программе резервная для удобства пользования в различных случаях.

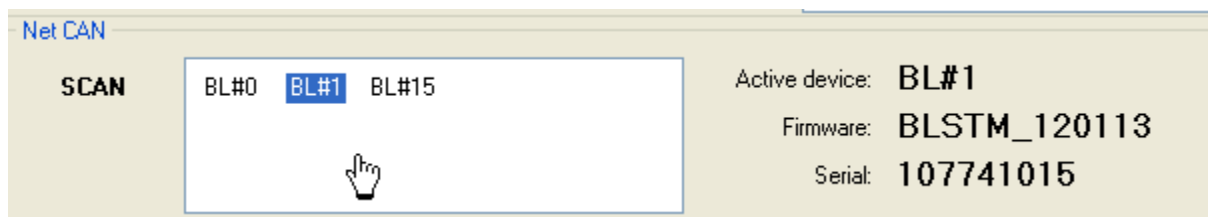
ВНИМАНИЕ!

При обновлении микропрограммы (firmware) **следите за тем, чтобы не отключалось напряжение питания регулятора**, чтобы не произошел сбой процесса прошивки регулятора. При любых вопросах и проблемах обращайтесь в техническую службу поддержки Germany AeroLab.

Во всех регуляторах хода имеется загрузчик. Поэтому **не пытайтесь считать микропрограмму (firmware) с процессора** – Вы просто сотрете загрузчик и регулятор не будет работать!

Использование NetCAN

Если несколько регуляторов объединены в одну сеть при помощи CAN-шины, то появляется возможность настройки параметров регуляторов через сеть. При этом один из регуляторов подключается к ПК при помощи преобразователя USB-UART или COM-UART, а доступ к другим регуляторам осуществляется через CAN-шину.



Для доступа к регуляторам необходимо включить панель “Net CAN” с помощью команды Ctrl+Alt+C.

Команда “SCAN” производит поиск подключенных к шине CAN регуляторов.

В конкретный момент времени возможен доступ только к одному выбранному регулятору.

Далее, выбрав соответствующий регулятор, можно изменить ему параметры работы, обновить прошивку и т.д.

Содержание

Введение	2
Подключение к ПК	3
Управление режимами	5
Входные каналы управления	7
Параметры двигателя	10
Управление газом	13
Параметры безопасности.....	16
Мелодии	17
Настройка датчиков	18
Тестовое управление с ПК	19
Состояние регулятора	20
Обновление firmware	21
Использование NetCAN.....	23
Содержание	24