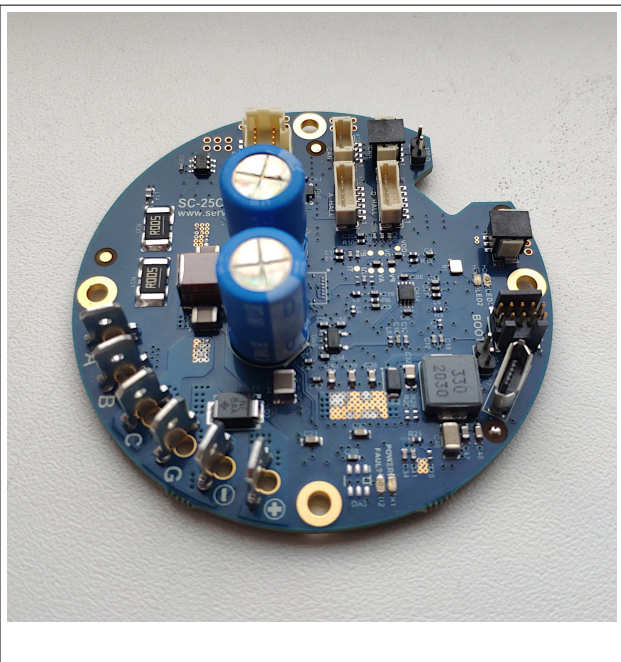
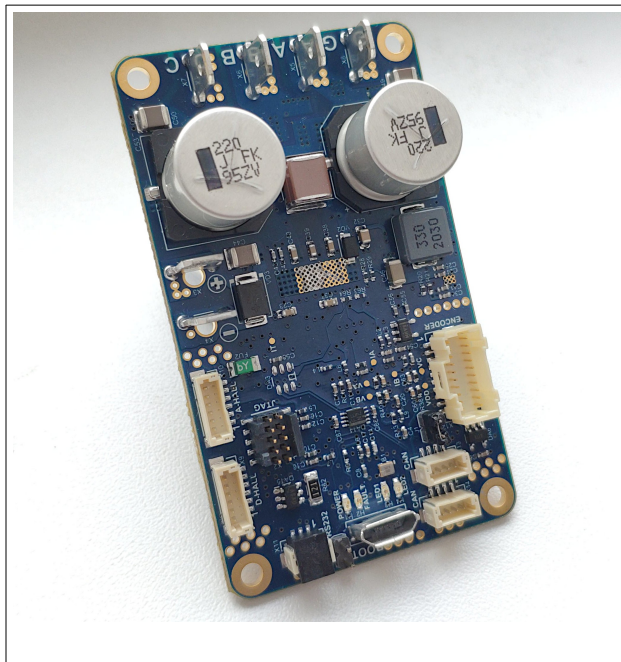


**Сервосила SC-25: встраиваемые  
контроллеры электродвигателей для  
сервоприводов и тяговых приводов  
(BLDC, PMSM, Direct Drive, Servo, Gimbal, Brushed;  
CAN, USB 2.0, BISS-C, SSI, SPI, Quadrature)**



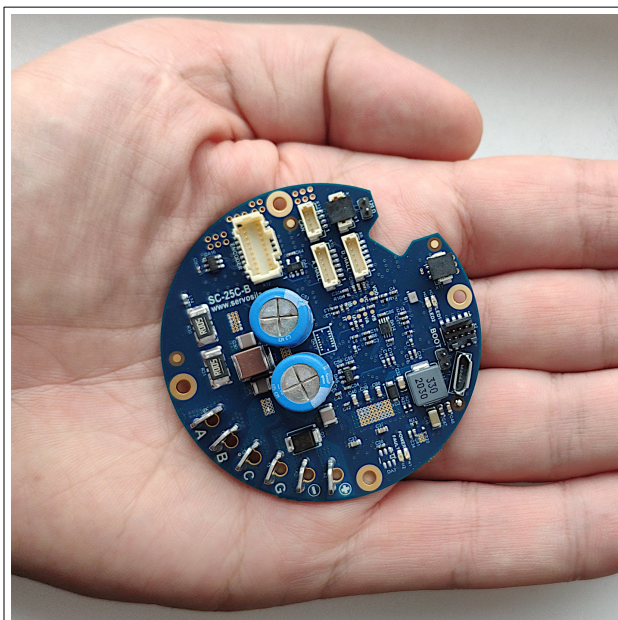
<https://www.servosila.com/ru/motion-control>

## Сервосила SC-25: встраиваемые контроллеры бесколлекторных/коллекторных электродвигателей

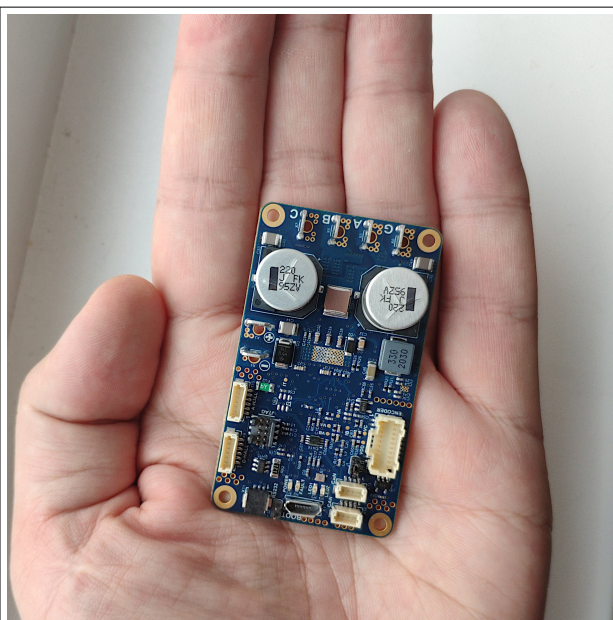
Контроллеры Сервосила SC-25 — это миниатюрные встраиваемые блоки управления для сервоприводов и тяговых электроприводов на основе коллекторных или бесколлекторных синхронных двигателей. Контроллеры предназначены для управления электродвигателями (PMSM, BLDC, Direct Drive, Gimbal, Brushed) любых производителей в сочетании с различными энкодерами абсолютного положения вала (BISS-C, SSI, SPI, ШИМ, квадратурный) или без них. Для подключения к управляющим компьютерам АСУ или к бортовым системам управления контроллеры предоставляют интерфейсы управления CAN/CANopen, USB и RC PWM.

Компания Сервосила изначально разработала данные контроллеры для применения в своих собственных продуктах — руках-манипуляторах и сервоприводах. Технология этих контроллеров прошла несколько итераций разработки и совершенствования и включила в себя значительный опыт, накопленный компанией в процессе эксплуатации своих роботов в различных, зачастую экстремальных, условиях. С тех пор контроллеры Сервосила нашли широкое применение в самых различных отраслях промышленности и науки, - везде, где требуется компьютерное управление бесколлекторными или коллекторными двигателями.

Контроллеры поставляются в двух исполнениях - плата прямоугольной формы (модель SC-25R) и плата круглой формы (модель SC-25C). Данные модели совершенно идентичны по интерфейсам и возможностям и отличаются только формой плат. Максимальный ток фазы двигателя - 25А.



**Модель SC-25C**  
диаметр 62мм, высота 16мм



**Модель SC-25R**  
68мм x 40мм x 16мм

Основными областями применения данных устройств являются:

- сервомеханизмы, сервоприводы,
- тяговые электроприводы,
- АСУ ТП, промышленные линии, конвейеры, насосы,
- робототехнические устройства,
- медицинская техника,
- сельскохозяйственная техника,
- интеллектуальное торговое оборудование,
- автоматизированное складское оборудование,
- испытательные стенды с компьютерным управлением,
- системы измерения и автоматической диагностики,
- тяговые электроприводы различных мобильных шасси,
- станки с ЧПУ,
- подвесы для телескопов, астрономические приборы,
- системы компьютерного зрения.

Поддерживаемые типы двигателей (любых производителей):

- Бесколлекторные синхронные двигатели (PMSM, BLDC, Direct Drive, Gimbal), в том числе Махон, Dunker и других.
- ...Бездатчиковые и с датчиками Холла (Sensorless и Sensored).
- ...Со встроенными энкодерами и с внешними энкодерами.
- Коллекторные двигатели, в том числе, с энкодерами для измерения скорости и положения.
- Соленоиды.

Контроллеры имеют набор интерфейсов для подключения внешних датчиков абсолютного положения вала («энкодеров») с разрешением до 32 бит:

- Квадратурный интерфейс с индекс-сигналом,
- BISS-C интерфейс (в том числе к магнитным энкодерам фирмы RLS),
- SSI интерфейс (например, к энкодерам СКБ ИС),
- ШИМ интерфейс (например, к энкодерам фирмы AMS),
- SPI интерфейс (например, к энкодерам фирмы CUI Devices).

Датчики абсолютного положения вала («энкодеры») применяются в различных режимах сервоуправления, в режимах Direct Drive, а также для поддержания плавного движения вала на низких скоростях вращения. Если энкодер в электроприводе отсутствует, то для таких случаев контроллеры поддерживают режимы бездатчикового управления (sensorless

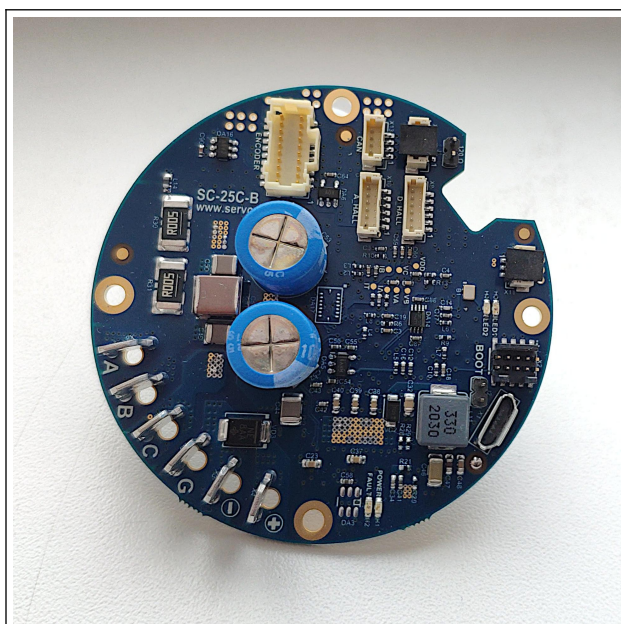


control) и управления по датчикам Холла (sensored control), а также серворежимы direct control, в которых энкодеры могут не требоваться.

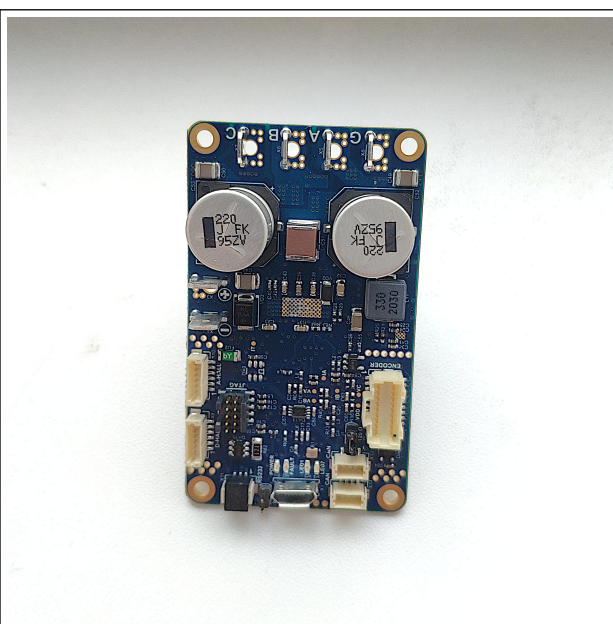
Если энкодер в приводе присутствует, то контроллеры используют его, когда это имеет смысл. Если энкодер не подключен, то контроллеры могут работать и без него, но, возможно, в упрощенном режиме работы.

Подключение двигателей, датчиков положения вала, датчиков Холла и управляющих шин CAN и USB 2.0 производится:

- либо через штатные разъемы на платах контроллеров,
- либо посредством припайки кабелей в специально предусмотренные отверстия на платах, чем обеспечивается виброустойчивость соединений.



Модель SC-25C



Модель SC-25R

Конструктивно разъемы для подключения кабелей расположены только с одной из сторон плат; тыльная сторона плат не имеет разъемов и предназначена для подключения теплоотводного радиатора или же для монтажа платы напрямую на корпус электропривода, использующегося для отвода тепла от платы.

Контроллеры не имеют разъемов, выходящих «в сторону»; все разъемы имеют ориентацию «вверх». Это сделано для облегчения интеграции контроллеров внутрь корпусов устройств, таких как сервоприводы цилиндрической формы, или в отсеки электрооборудования небольших габаритов.

Предусмотрен механизм для обновления прошивки плат через порт RS232.

В контроллерах реализованы следующие режимы управления электродвигателями:

1. **Стабилизация выходного момента на валу (torque control).** Применяется для точного управления силой, с которой электропривод воздействует на нагрузку, например, в испытательных стендах, АСУ ТП или в шагающих роботах.
2. **Стабилизация скорости вращения вала (ESC: electronic speed control).** Применяется для поддержания заданной скорости вращения двигателя, вне зависимости от меняющейся внешней нагрузки, например, в тяговых электроприводах конвейеров, насосов или в мобильных шасси. Контроллер автоматически увеличивает или уменьшает момент на валу для того, чтоб поддерживать скорость вращения вала постоянной.
3. **Сервоуправление (servo control)** — поворот до заданного положения вала и последующее удержание вала с использованием датчика положения вала (энкодера) через редуктор или напрямую. Применяется в робототехнических руках-манипуляторах, АСУ ТП, станках с ЧПУ и любых других устройствах, где необходимо повернуть вал двигателя на заданный угол, а затем поддерживать положение при изменяющейся внешней нагрузке. В зависимости от подключенного энкодера положения вала обеспечивается точность поворота сервопривода до 32 бит.
4. **Direct Drive** — точное управление положением вала посредством прямого позиционирования магнитного поля статора электродвигателя, в том числе при отсутствии редуктора в электроприводе. Применяется в системах компьютерного зрения, станках с ЧПУ, линейных двигателях, - везде где требуется максимальная точность управления положением без редукторов. В этом режиме электропривод на бесколлекторном двигателе может заменить шаговые двигатели при значительном улучшении точности.
5. **Тормоз вала** («блокировка вращения»), - блокировка вращения вала вне зависимости от воздействия внешних нагрузок, например, для фиксации остановленного конвейера или для торможения колес мобильного шасси, стоящего «на горке». Блокировка происходит только работой бесколлекторного двигателя без применения каких-либо дополнительных тормозных устройств. Для блокировки вала применяется метод, минимизирующий потребление электрической энергии.
6. **Рекуперация энергии в батарею.** Если контроллер питается от батареи, то он способен пропускать ток обратно в батарею и достаточно точно регулировать его, когда электродвигатель работает в режиме электрогенератора, например, при

торможении мобильного шасси. При этом возможно программное управление силой тока, идущего в батарею. Этот режим может применяться в системах «стартер-генератор» в сочетании с двигателями внутреннего сгорания (ДВС), в которых после запуска ДВС электродвигатель переходит в режим электрогенератора.

В контроллерах Сервосила реализованы современные алгоритмы управления электродвигателями:

- Direct Drive,
- Electronic Speed Control (ESC),
- Electronic Torque Control (ETC),
- Field Oriented Control (FOC),
- с Back-EMF Observer и Hall Sensors Observer,
- с функцией Q-D axis coupling compensation для снижения энергопотребления,
- с опциональным field weakening для достижения максимальных скоростей вращения (выше номинальных скоростей электродвигателя),
- с интеллектуальными алгоритмами защиты
- и управления динамикой электродвигателя,
- и автоматическим определением характеристик двигателя и привода.

Реализованный набор алгоритмов обеспечивает динамическую устойчивость и малошумность работы электродвигателя, а также достижение максимального момента или максимальной скорости вращения вала (в зависимости от задачи) при оптимизации энергопотребления и обеспечении защиты электродвигателя от перегрева, а редуктора от поломки.

Также с помощью данных контроллеров можно управлять соленоидами.

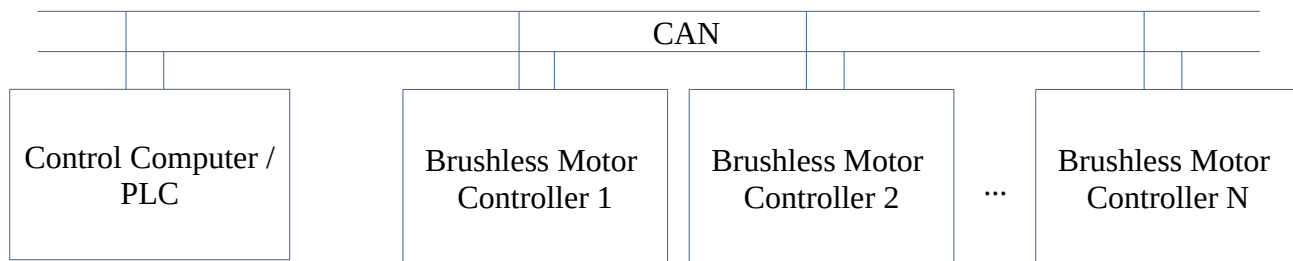
## **Автонастройка**

Для облегчения настройки контроллера под выбранный электродвигатель предусмотрен режим *автонастройки*, в котором автоматически определяются основные характеристики электродвигателя и вычисляются оптимальные настройки законов управления. Эта функция значительно упрощает интеграцию контроллера с новыми двигателями, если даже характеристики двигателя точно не известны по каким-либо причинам («утерян datasheet»).

## Интерфейсы управления

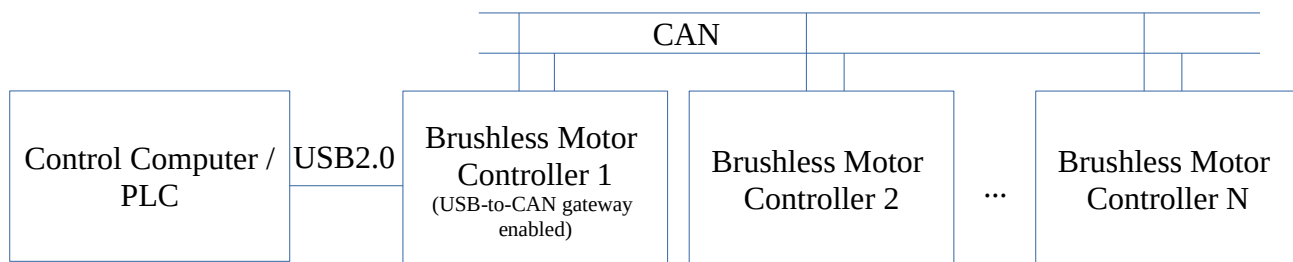
Предусмотрены следующие физические интерфейсы (разъемы) для интеграции с управляющими компьютерами АСУ или бортовыми системами управления:

- **Шина CAN с протоколом верхнего уровня CANopen.** Контроллеры имеют два порта CAN для облегчения построения «гирлянды» из контроллеров. До 126 контроллеров Сервосила могут быть подключены к единой шине CAN. Это применяется для построения АСУ, управляющих множеством электроприводов одновременно, или в робототехнических системах с большим числом степеней свободы.
- **Порт USB 2.0, который автоматически инициализируется, как виртуальный COM-порт в Windows 10, 8 и в Linux.** Установка специальных драйверов не требуется ни в Windows 10, ни в Linux. Порт USB 2.0 у контроллеров Сервосила удобен тем, что позволяет управлять электродвигателями с помощью обычных персональных компьютеров или их промышленных вариантов/ПЛК, например, на испытательных стендах или автоматизированных системах контроля качества.
- **Интерфейс RC PWM** для Futaba и т.д.



Контроллеры Сервосила способны выполнять функцию USB-CAN шлюза («переходника USB2CAN») для обеспечения доступа управляющих компьютеров к сети CAN. Этот «переходник» работает как в Windows 10, 8, так и в Linux.

К Windows контроллеры Сервосила подключаются через интерфейс USB 2.0, который автоматически определяется, как виртуальный COM-порт. Управляющие пользовательские программы, работающие под Windows, могут посылать текстовые команды в контроллер Сервосила через этот виртуальный COM-порт, а также получать обратно телеметрию в текстовом виде. Обмен данными происходит через стандартный текстовый протокол SLCAN.



Подключенный по USB 2.0 контроллер также выполняет роль USB-to-CAN шлюза и позволяет обеспечить доступ управляющих компьютеров с ОС Windows или ОС Linux ко всей сети CAN. Таким образом, через единый интерфейс USB 2.0 к компьютеру с ОС Windows или Linux можно подключить «гирлянду» контроллеров Сервосила для управления целым комплексом электроприводов, например, в составе испытательного стенда, АСУ ТП или мобильного робота, а также любые другие устройства, поддерживающие шину CAN, например, инерциальные датчики или GPS приемник.

К ОС Linux контроллеры Сервосила подключаются либо по интерфейсу CAN, либо по интерфейсу USB 2.0. В случае подключения по CAN управляющие пользовательские программы могут использовать стандартный Linux SocketCAN API для отправки команд в контроллеры Сервосила и для получения телеметрии в обратном направлении. В сети Интернет можно найти примеры исходного кода множества программ, работающих через SocketCAN API. Можно использовать стек CANopen, интегрированный к конкретный ПЛК или программный пакет подобный LabView.

Если же контроллер Сервосила подключен к Linux через интерфейс USB 2.0 (а не через CAN), то контроллер идентифицируется в Linux, как виртуальный COM-порт, также, как и в ОС Windows. В этом случае управляющие пользовательские программы могут использовать либо стандартный Linux SocketCAN API через встроенный в Linux драйвер SLCANd, либо же работать с виртуальным COM-портом напрямую с использованием стандартного текстового протокола команд SLCAN.

**Пример 1:** Отправка команды в контроллер Сервосила через стандартную утилиту cansend, в случае подключения контроллера через шину CAN и программный интерфейс SocketCAN API:

```
user@debian:~$ cansend can0 201#ABCD000000000000
```

**Пример 2:** Отправка команды в контроллер Сервосила посредством записи текстовой строки протокола SLCAN в виртуальный COM-порт:

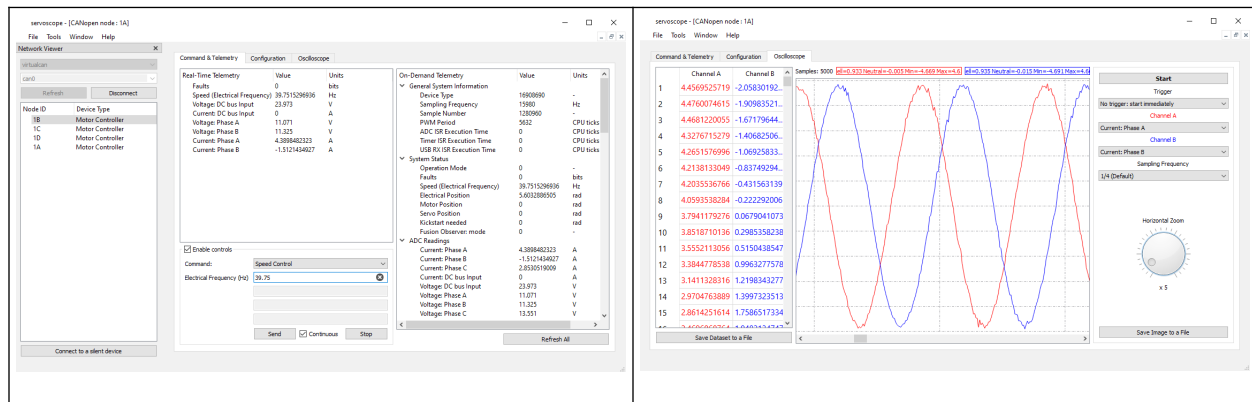


```
user@debian:~$ echo -e "t2018AABB00000000000000\r" >> /dev/ttyACM0
```

При подключении через USB 2.0 к ОС Linux контроллер также может выполнять функцию USB-to-CAN шлюза и обеспечить доступ ОС Linux ко всей сети CAN. Эта функция полезна в случае, если управляющая компьютерная система с ОС Linux не имеет своего собственного физического CAN порта. В этом случае контроллеры Сервосила могут играть вспомогательную роль интерфейсного адаптера USB-в-CAN.

Для разработки программ, управляющих контроллерами Сервосила через CAN или USB 2.0, в общем случае не требуются какие-либо специализированные библиотеки, SDK или средства разработки кроме тех, которые уже имеются в стандартных ОС Linux и Windows. Разрабатывать программы можно на языках C/C++, Java, Python, MATLAB, или любых других, которые могут работать с виртуальными COM-портами, со стандартным SocketCAN API в Linux, или же программных пакетов или ПЛК, которые уже имеют встроенную поддержку CANopen, например, LabView.

## Программное обеспечение «Сервоскоп»



В комплект поставки входит программное обеспечение «Сервоскоп», которое автоматизирует процесс настройки контроллеров под конкретный электродвигатель и позволяет строить графики и получать отладочную телеметрию с электроприводов по сети CAN или USB 2.0. Данное графическое программное обеспечение работает как под ОС Windows 10/8, так и под ОС Linux, в том числе, на популярных дистрибутивах Debian и Ubuntu. Установка драйверов не требуется.

## Симулятор электроприводов

Для упрощения отладки пользовательского управляющего программного обеспечения в комплект поставки входит программный симулятор контроллера Сервосила. Программный симулятор распространяется бесплатно в составе программного обеспечения «Сервоскоп». Этот симулятор полностью воспроизводит управляющий интерфейс CANopen

контроллеров Сервосила и позволяет отлаживать пользовательское программное обеспечение управления электроприводом без риска повредить реальный электродвигатель или редуктор электропривода.

## Характеристики

Характеристика	Описание
Поддерживаемые типы двигателей	Бесколлекторные синхронные двигатели (brushless): PMSM, BLDC, Direct Drive, Gimbal, с датчиками Холла и бездатчиковые.  Коллекторные двигатели (brushed), в том числе, с энкодерами для измерения скорости и положения.  Соленоиды.
Количество одновременно подключаемых - бесколлекторных двигателей - коллекторных двигателей или соленоидов	1 шт или до 2 шт (только один с энкодером)
Максимальный ток через фазу двигателя	25 А (желательно с радиатором)
Номинальный (рекомендуемый) ток через фазу двигателя	15 А (желательно с радиатором, но обычно не требуется) 12 А (без радиатора)
Входное напряжение питания	7-60 V DC
Режимы управления электродвигателями	Стабилизация момента на валу. Стабилизация скорости (ESC). Сервоуправление. Прямое управление (Direct Drive). Тормоз вала. Рекуперация (электрогенератор). Системная идентификация (автонастройка).
Встроенные алгоритмы управления электродвигателями	Field-Oriented Control (FOC), Direct Drive, EMF Observer, Hall Sensors Observer, D-Q axis Coupling Compensation, Field Weakening, Защиты, Управление динамикой разгона-торможения.
Функция автонастройки под электродвигатель	Есть
Интерфейсы к датчикам положения вала (энкодерам)	Квадратурный с индексным сигналом, BISS-C,

	SSI, ШИМ, SPI
Максимальное разрешение датчика положения вала	32 бит
Встроенный шлюз сетей управления	USB-to-CAN шлюз Поддерживаются 11-битные и 29-битные идентификаторы шины CAN.
Управляющие интерфейсы	CAN: протокол CANopen с 11-битными идентификаторами. USB 2.0: виртуальный COM-порт с текстовым протоколом SLCAN. RC PWM (Futaba и т.д.)
Количество последовательно подключенных контроллеров («гирлянда») в единой цепочке управления и питания:	До 126 шт через шину CAN. До 16 шт через встроенный USB-to-CAN шлюз.
Терминальное сопротивление 120 Ом для шины CAN	Есть. Включается-выключается посредством джампера.
Возможные варианты скорости передачи данных по шине CAN	1 мбит/сек 500 кбит/сек 250 кбит/сек 125 кбит/сек 100 кбит/сек 50 кбит/сек
Количество CAN портов	2 шт (параллельные)
Количество USB 2.0 портов	1 шт
Функции GPIO интерфейса	2шт. входов для концевых выключателей 1шт. вход для emergency stop 1шт. выход GPIO (дискретный или ШИМ) 1шт. вход GPIO (дискретный)
Поддерживаемые операционные системы	Linux (драйвер не требуется): Debian, Ubuntu, Raspberry PI OS и другие. Windows 10 (драйвер не требуется) Windows 8 (драйвер имеется) Windows 7 (драйвер имеется)
Интерфейсы и API для программного управления	Linux SocketCAN API, CANopen, Текстовый протокол SLCAN через виртуальный COM-порт (USB2.0) для Windows 10, 8, 7 и Linux.



Программный симулятор программного интерфейса CAN сервоконтроллера для отладки управляющего программного обеспечения без двигателя	Есть Поставляется бесплатно.
Габариты: - Модель SC-25R (прямоугольная форма) - Модель SC-25C (круглая форма)	68мм x 40мм x 16мм Диаметр 62 мм, высота 16 мм
Масса:	~23 грамм
Энергопотребление в режиме ожидания при неработающем двигателе	80-120 мА



*Пример сервоприводов, использующих контроллеры  
электродвигателей Сервосила SC-25С*

**YouTube:** <http://www.youtube.com/user/servosila>

<https://www.servosila.com/ru/motion-control>

<https://www.servosila.com/ru/shop>