

**Программное обеспечение
управления многоосным контроллером
для специального технологического оборудования
прецизионной лазерной микрообработки материалов**

Руководство по эксплуатации

г. Москва - 2024

Содержание

1. Начало работы.....	3
1.1 Поиск контроллера в сети	3
1.2 Просмотр состояния системы через веб-интерфейс.....	5
2. Подготовка системы	7
2.1 Конфигурация осей.....	7
2.1.1 Назначение координатных осей	7
2.1.2 Назначение осей, объединенных в портал	7
2.1.2 Подбор коэффициентов ПИД-регуляторов	8
2.1 Конфигурация синхронизированного выхода для управления инструментом	10
2.1 Порядок настройки модуля PSO через веб-интерфейс	11
2.1 Порядок настройки модуля PSO из управляющей программы.....	12
3. Запуск исполнения управляющих программ	13
3.1 Подготовка траектории в виде управляющей программы в формате G-команд...	13
3.2 Список поддерживаемых команд.....	13
3.2.1 G-команды	13
3.2.2 M-команды.....	15
3.3 Загрузка управляющих программ через интерполятор.....	16
4 Мониторинг работы контроллера	18
4.1 Запуск.....	18
4.2 Режим «Осциллограф»	19
4.3 Режим «Траектория 2D».....	21

1. Начало работы

Управление контроллером uMotor осуществляется по сети. Перед началом работы подключите контроллер uMotor к локальной проводной сети Ethernet.

При первом запуске контроллера необходимо, чтобы в локальной сети присутствовал DHCP-сервер, который выдаст контроллеру uMotor IP-адрес. Позднее можно будет задать контроллеру статический IP-адрес и использовать его в сети без DHCP-сервера.

Для дальнейшей работы с устройством потребуется узнать его IP-адрес.

1.1 Поиск контроллера в сети

Для обнаружения контроллера uMotor в сети и определения его IP-адреса можно воспользоваться:

- встроенным в ОС Windows механизмом поиска сетевых устройств:
 - На компьютере с ОС Windows откройте Проводник.
 - Выберите раздел «Сеть».
 - Если ранее сеть на компьютере не настраивалась в качестве частной, то может потребоваться разрешение поиска устройств в сети в этом же разделе «Сеть».
 - Обновите список устройств с помощью стрелочки в строке расположения.
 - В появившемся списке в разделе «Другие устройства» должно появиться устройство «uMotor KSU MotherBoard [S/N #]». Вместо # указывается серийный номер, как показано на рисунке 1.1 слева.
 - Двойным нажатием левой кнопки мыши на найденное устройство можно открыть его веб-интерфейс в браузере по умолчанию.
 - С помощью нажатия правой кнопки мыши на иконку найденного устройства можно открыть контекстное меню, через которое можно также открыть веб-интерфейс, или посмотреть свойства устройства (см. правую часть рис. 1.1).
 - В свойствах устройства указаны IP-адрес, MAC-адрес, уникальный идентификатор и другая специфическая для модели и конкретного устройства информация.
- кроссплатформенной свободнораспространяемой утилитой Revealer (<https://github.com/EPC-MSU/revealer>).
 - Загрузите актуальную версию программы для вашей операционной системы со страницы релизов на GitHub (<https://github.com/EPC-MSU/revealer/releases>).
 - Распакуйте архив с программой.
 - Запустите исполняемый файл Revealer.
 - Нажмите кнопку Search.

- В списке найденных устройств должно появиться устройство «uMotor KSU MotherBoard [S/N #]» (см. рис. 1.2). Вместо # указывается серийный номер.
- Рядом с названием устройства расположена ссылка для перехода в веб-интерфейс, которая включает в себя IP-адрес устройства.
- Нажав на кнопку с буквой «i», можно открыть окно с дополнительной информацией об устройстве (IP-адрес, MAC-адрес, уникальный идентификатор...).

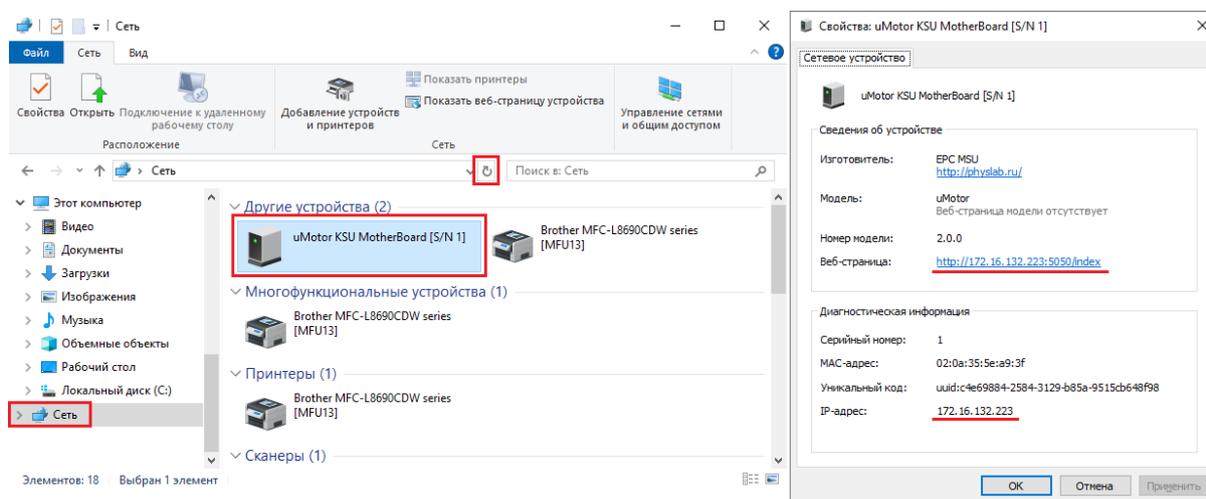


Рисунок 1.1. Отображение контроллера в сетевом окружении Windows.

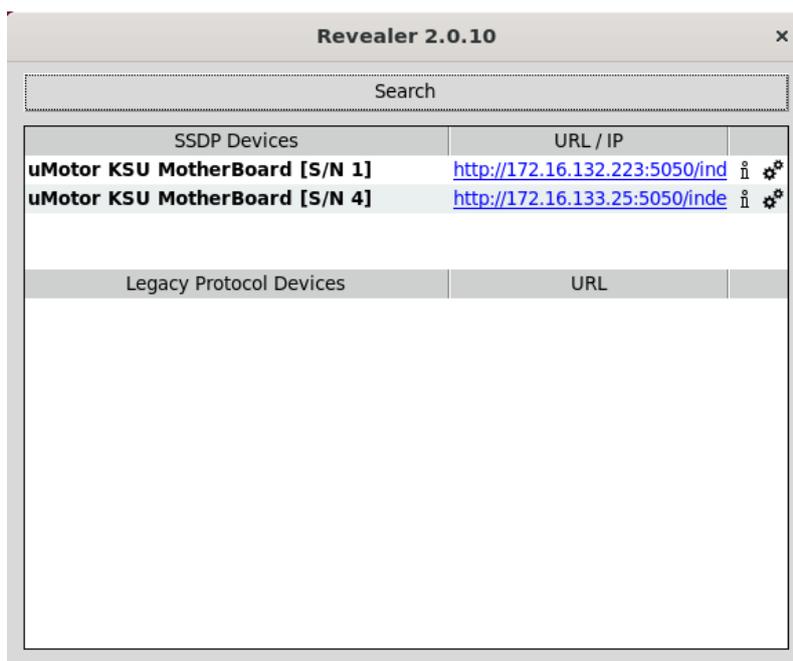


Рисунок 1.2. Отображение контроллера в утилите Revealier.

1.2 Просмотр состояния системы через веб-интерфейс

Контроллер uMotor имеет веб-интерфейс (см. рис. 1.3), с помощью которого можно получить информацию о текущем состоянии системы. Открыть веб-интерфейс можно несколькими способами:

- из сетевого окружения Windows, кликнув два раза по иконке найденного устройства (о поиске устройства в сети см. пункт 1.1);
- из программы Revealer, кликнув по ссылке рядом с именем найденного устройства;
- напрямую из браузера, введя в адресной строке <http://IP-адрес контроллера:5000/axes>, где вместо «IP-адрес контроллера» должен быть указан реальный адрес в формате XXX.XXX.XXX.XXX.

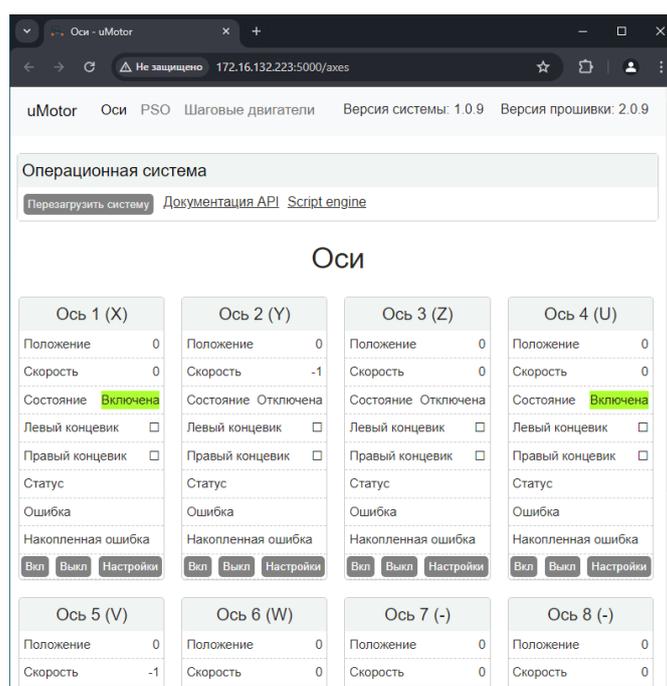


Рисунок 1.3. Страница «Оси» веб-интерфейса контроллера uMotor.

На главной странице веб-интерфейса «Оси» отображается основная информация о состоянии всех осей. Данные обновляются раз в секунду. Среди прочего для каждой оси можно увидеть:

- текущее положение;
- текущую скорость;
- состояние питания оси: Включена / Выключена;
- состояние левого и правого концевых выключателей: если концевой выключатель активен, то напротив него будет стоять галочка;
- код статуса состояния оси;
- код ошибки — показывает наличие или отсутствие ошибок в данный момент;
- код накопленной ошибки — показывает, возникали ли ошибки с момента последнего включения питания оси;

Также на главной странице расположены кнопки, позволяющие:

- включать / выключать питание оси;
- открывать страницу с настройками оси.

2. Подготовка системы

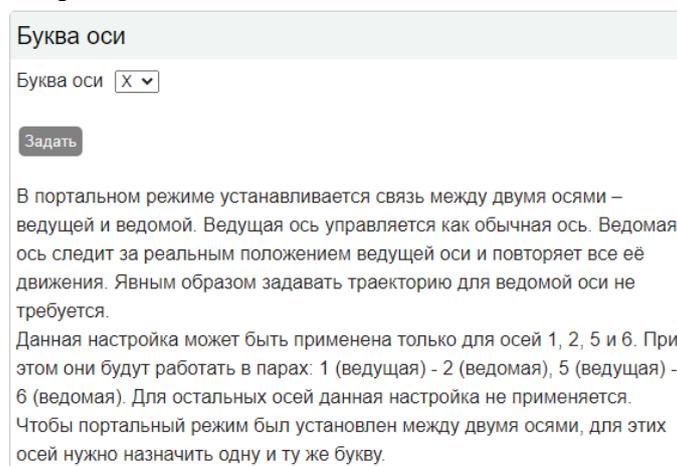
2.1 Конфигурация осей

2.1.1 Назначение координатных осей

Для корректной работы с системой необходимо указать соответствие между номерами осей (разъемов их подключения) и буквами, обозначающими координатные оси в управляющей программе. В данный момент в интерполяторе поддерживается до 6 координатных осей, соответствующих буквам X, Y, Z, U, V, W. Поэтому в адресах в управляющей программе допускается использование только этих букв.

Для назначения буквы координатной оси:

- на главной странице веб-интерфейса «Оси» нажмите на кнопку «Настройки» для выбранной оси;
- в разделе «Буква оси» внизу страницы выберите букву из списка (см. рис. 2.1);
- сохраните выбор с помощью кнопки «Задать».



The screenshot shows a configuration window titled "Буква оси" (Axis Letter). It contains a dropdown menu labeled "Буква оси" with the letter "X" selected. Below the dropdown is a button labeled "Задать" (Set). Underneath the button is a block of explanatory text in Russian, detailing the relationship between leading and follower axes and the supported axis pairs (1-2 and 5-6).

Рисунок 2.1. Назначение буквы координатной оси

Для неиспользуемых / неподключенных осей вместо буквы выберете из списка прочерк «-».

После назначения букв координатных осей, они будут отображаться на главной странице веб-интерфейса в скобках рядом с номерами осей.

2.1.2 Назначение осей, объединенных в портал

В системе допускается наличие двух пар осей, объединённых в портал. Для этого выделены две пары разъемов: первая объединенная в портал пара осей должна подключаться к разъемам 1 и 2, вторая пара — к разъемам 5 и 6. Привод, подключенный к разъему с меньшим номером, становится ведущим, привод, подключенный к разъему большим номером — становится ведомым.

При назначении координатных осей объединенным в портал осям следует назначать одинаковые буквы координатных осей. Обычно в системе есть две оси,

которым назначается, координатная ось Y. После назначения одинаковых букв оси будут автоматически программно объединены, и одна координата в управляющей программе будет управлять движением сразу двух осей.

2.1.2 Подбор коэффициентов ПИД-регуляторов

Подбор коэффициентов ПИД-регуляторов осуществляется на странице «Настройки оси» в веб-интерфейсе. Регулятор каждой оси настраивается отдельно и независимо от других. Во время подбора ПИД-коэффициентов не стоит менять параметры «Текущий интеграл» и «Ограничение выхода».

Порядок настройки коэффициентов ПИД-регуляторов:

- На главной странице выберите ось и нажмите кнопку «Настройки»;
- Включите вывод ступенчатой траектории для настройки. Для этого в открывшемся окне в разделе «Вспомогательный генератор траекторий» задайте амплитуду и время удержания в разделе «Ступенька по позиции». Рекомендуемые значения: 0.0002 м для амплитуды и 0.8-1 сек для времени удержания.
- Для применения настроек в разделе «Ступенька по позиции» нажмите «Задать».
- Убедитесь, что привод подключен и его перемещению ничего не мешает.
- На главной странице веб-интерфейса включите питание оси.
- Для просмотра текущих параметров движения запустите отдельное приложение-визуализатор сигналов «UM Oscilloscope» и подключите его к контроллеру (более подробное описание работы с «UM Oscilloscope» см. в разделе 3.4).
- Включите отображение текущей позиции («Позиция / Ось 1») и задаваемой позиции («Позиция REF / Ось 1») в программном осциллографе. Время развертки рекомендуется установить равным 2 секундам.
- Запустите генерацию ступенчатого сигнала по позиции с помощью кнопки «Старт» в разделе «Ступенька по позиции» в веб-интерфейсе.
- Наблюдая в «UM Oscilloscope» за зависимостью фактической позиции от времени и сравнивая ее с заданной, подберите коэффициенты ПИД-регулятора так, чтобы эти зависимости были близки друг к другу. Обновление коэффициентов ПИД-регулятора производится в разделе «Настройки ПИД контура управления по позиции» (см. рис. 2.2).
- Для более точной настройки измените тип траектории со ступенчатой на трапецеидальную. Для этого:
 - Остановите вывод ступенчатого сигнала по позиции с помощью кнопки «Стоп» в разделе «Ступенька по позиции».
 - В разделе «Трапеция по позиции» укажите параметры скорости, ускорения, амплитуды трапеции, времени удержания в целевой позиции. Рекомендуемые параметры (скорость и ускорение могут повышаться в зависимости от требуемых характеристик оси):
 - скорость: 0.0005 м/с;
 - ускорение: 0,1 м/с;

- амплитуда: 0.01 м;
- время удержания: 1 с.
- Включите вывод трапецеидального сигнала, нажав кнопку старт.
- Скорректируйте коэффициенты ПИД-регулятора для достижения требуемой точности (см. рис. 2.3).
- Примерные значения коэффициентов, которые дают адекватные результаты на тестовом приводе (данные значения не являются универсальными и могут заметно меняться в зависимости от используемого драйвера и привода):
 - пропорциональный коэффициент $K_p = 200000$;
 - интегральный коэффициент $K_i = 80000$;
 - дифференциальный коэффициент $K_d = 0$.
- После завершения настройки остановите вывод трапецеидального сигнала, нажав кнопку «Стоп» в разделе «Трапеция по позиции» и отключите питание оси на главной странице веб-интерфейса.

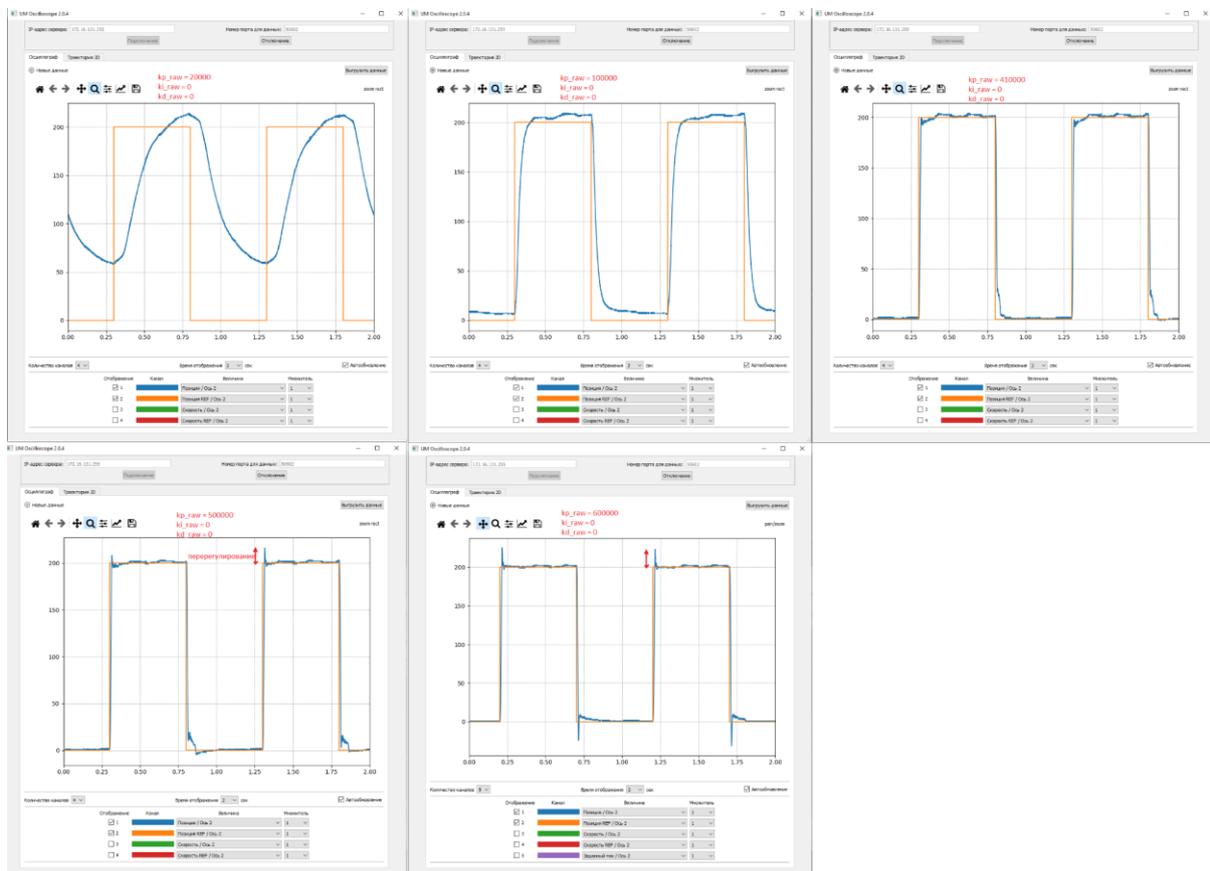


Рисунок 2.2. Зависимости фактической и задаваемой позиции от времени в процессе подбора коэффициентов ПИД-регулятора при различных значениях коэффициентов при использовании ступенчатого сигнала.

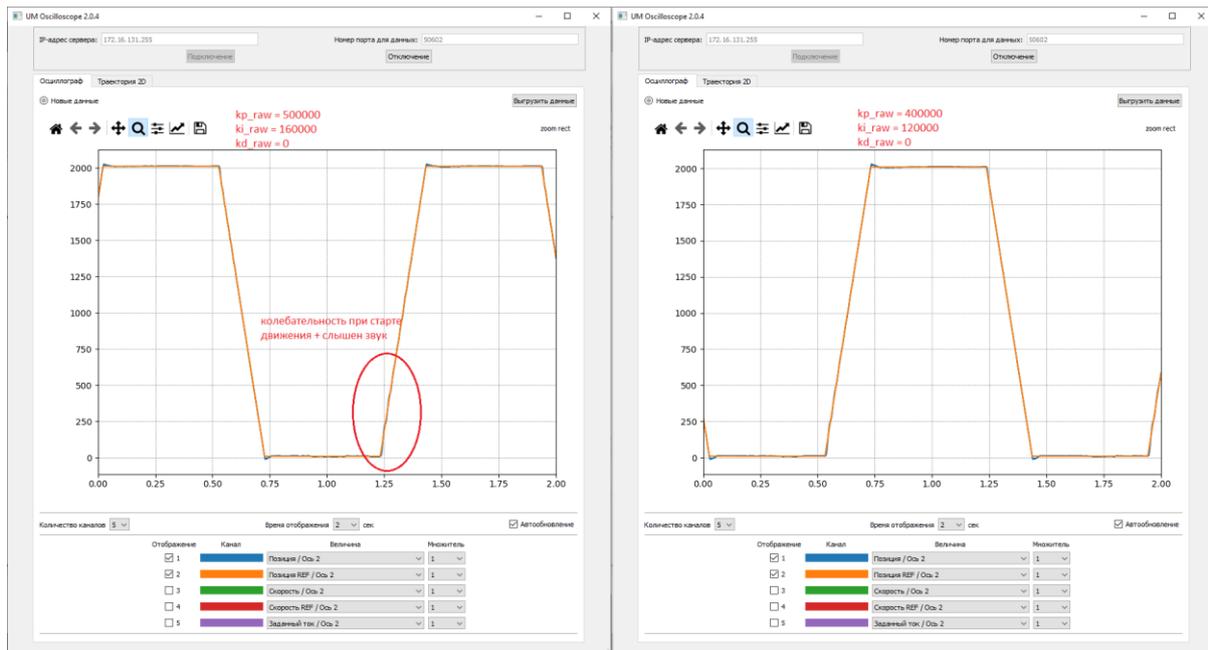


Рисунок 2.3. Зависимости фактической и задаваемой позиции от времени в процессе подбора коэффициентов ПИД-регулятора при различных значениях коэффициентов при использовании трапецеидального сигнала.

2.1 Конфигурация синхронизированного выхода для управления инструментом

В контроллере uMotor есть специализированный модуль PSO (Position Synchronized Output) для вывода сигналов управления инструментом синхронно с траекторией. Модуль PSO позволяет генерировать сигнал с фиксированной частотой, генерировать сигнал с частотой, которая меняется в зависимости от скорости движения осей. Кроме того сигнал может автоматически включаться и выключаться при попадании позиции в заданное трехмерное окно.

Модуль PSO может быть настроен двумя способами:

- с помощью веб-интерфейса — данный способ используется в процессе предварительной настройки;
- с помощью специальных управляющих команд в потоке G-команд — данный способ используется для обновления параметров в процессе работы системы синхронно с траекторией.

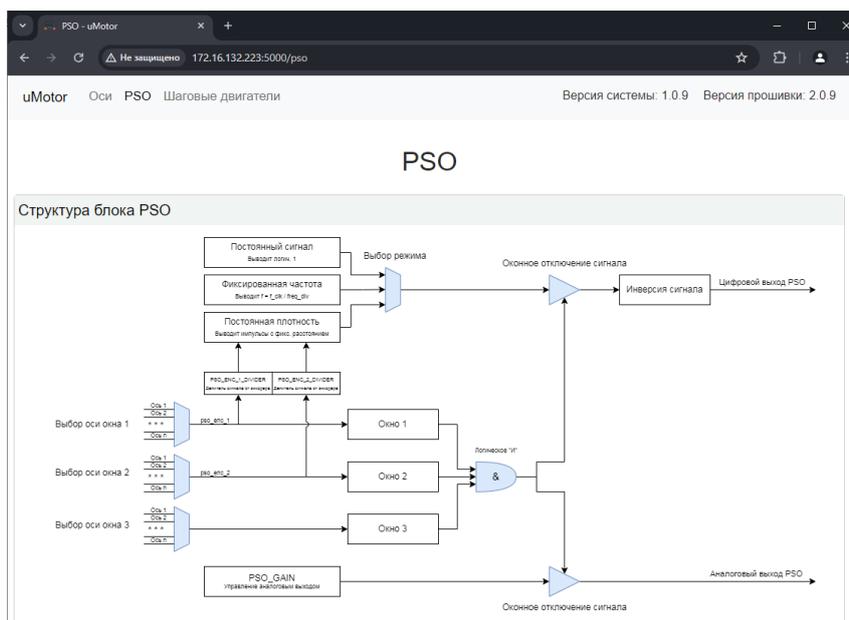


Рисунок 2.4. Блок-схема модуля PSO в веб-интерфейсе контроллера uMotor.

2.1 Порядок настройки модуля PSO через веб-интерфейс

- Откройте страницу «PSO». Для этого на основной странице веб-интерфейса перейдите по ссылке «PSO», расположенной в верхнем меню основной страницы (рис. 2.4).
- Сконфигурируйте модуль PSO. Для этого в разделе «Общие настройки» (см. рис. 2.5) выберите:
 - режим работы выхода: «Отключен» / «Постоянный сигнал» / «Фиксированная частота» / «Фиксированная плотность»;
 - ширину импульса (только для режимов «Фиксированная частота» / «Фиксированная плотность»);
 - период следования импульсов (только для режимов «Фиксированная частота»);
 - расстояние между импульсами (только для режима «Фиксированная плотность»).
- Примените настройки с помощью кнопки «Применить» в разделе «Общие настройки».
- Если требуется ограничить область пространства, в которой будет работать инструмент, в разделе «Настройка оконного режима» (см. рис. 2.6) задайте:
 - состояние (вкл. / выкл.) порогов для каждого из окон;
 - оси, на которых будут расположены отслеживаемые границы окон;
 - значения позиций в отчетах энкодера, в которых будут расположены верхние и нижние границы окон.
- Применить новые настройки с помощью кнопки «Применить» в разделе «Настройка оконного режима».

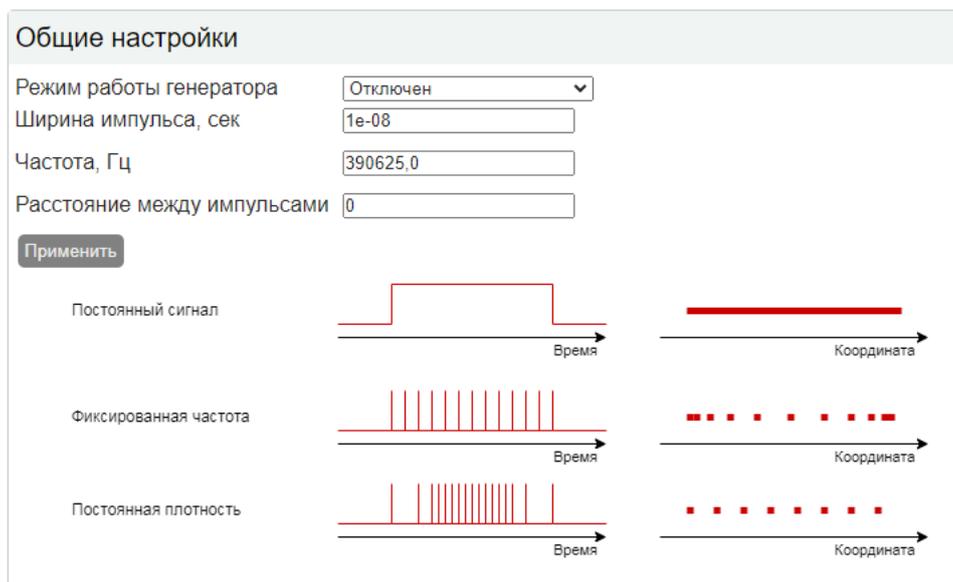


Рисунок 2.5. Конфигурация режимов работы модуля PSO

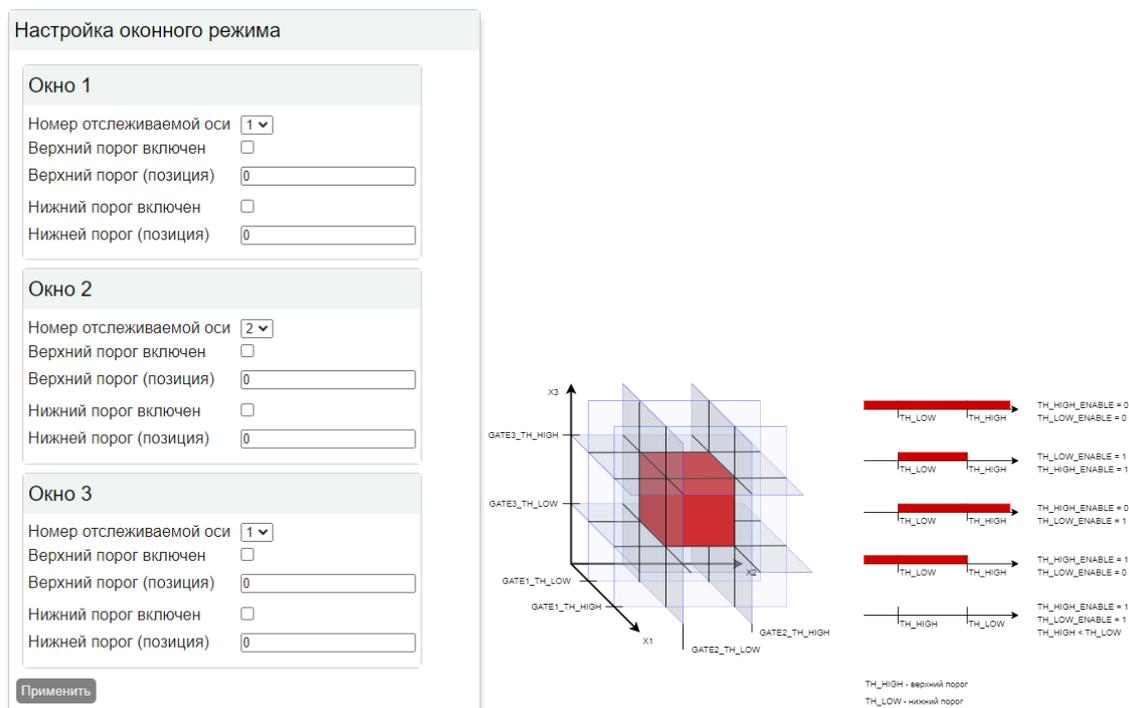


Рисунок 2.6. Конфигурация окно включения инструмента в блоке PSO

2.1 Порядок настройки модуля PSO из управляющей программы

Настройка модуля PSO из управляющей программы осуществляется с помощью команд M100-M106. Описание данных команд приведено в разделе 3.2.2. Настройки, устанавливаемые через веб-интерфейс, и настройки, устанавливаемые из управляющей программы аналогичны друг другу, и при последовательном применении перезаписывают друг друга.

3. Запуск исполнения управляющих программ

3.1 Подготовка траектории в виде управляющей программы в формате G-команд

Интерполятор контроллера uMotor принимает управляющие программы в формате G-кода. Пример управляющей программы для интерполятора uMotor:

```
G90
G0 X5 Y5 XF300 YF300
G1 X30 F600
G1 Y30
G1 X5
G1 Y5
G0 X0 Y0 XF300 YF300
```

Результатом выполнения данной программы будет перемещение по квадрату, вершины которого находятся в координатах (5, 5), (30, 5), (30, 30), (5, 30).

3.2 Список поддерживаемых команд

3.2.1 G-команды

Команда	Описание	Параметры
G0	Быстрое перемещение по прямой.	<ul style="list-style-type: none">«X#», «Y#», «Z#», «U#», «W#», «V#» — координаты конечной точки для соответствующих осей в мм, если выбран режим абсолютных координат («G90»); смещение для соответствующих осей в мм, если выбран режим относительных координат («G91»).«F#» — задание модуля скорости в мм/мин.«XF#», «YF#», «ZF#», «UF#», «WF#», «VF#» — задание скорости движения каждой оси по отдельности в мм/мин.
G1	Равномерное перемещение по прямой.	<ul style="list-style-type: none">«X#», «Y#», «Z#», «U#», «W#», «V#» — координаты конечной точки для соответствующих осей в мм, если выбран режим абсолютных координат («G90»); смещение для

		<p>соответствующих осей в мм, если выбран режим относительных координат («G91»).</p> <ul style="list-style-type: none"> • «F#» — задание модуля скорости в мм/мин.
G2	Равномерное перемещение по дуге по часовой стрелке.	<ul style="list-style-type: none"> • «X#», «Y#» — координаты конечной точки в мм, если выбран режим абсолютных координат («G90»); смещение конечной точки в мм, если выбран режим относительных координат («G91»). • «I#», «J#» — смещение центра дуги относительно текущей точки (начальной точки движения). • «F#» — задание модуля скорости в мм/мин.
G3	Равномерное перемещение по дуге против часовой стрелки.	<ul style="list-style-type: none"> • «X#», «Y#» — координаты конечной точки в мм, если выбран режим абсолютных координат («G90»); смещение конечной точки в мм, если выбран режим относительных координат («G91»). • «I#», «J#» — смещение центра дуги относительно текущей точки (начальной точки движения). • «F#» — задание модуля скорости в мм/мин.
G4	Пауза в текущей позиции.	<ul style="list-style-type: none"> • «P#» — время паузы в мс.
G90	Выбор абсолютной системы координат	
G91	Выбор относительной системы координат.	
G92	Установка текущей позиции.	<ul style="list-style-type: none"> • «X#», «Y#», «Z#», «U#», «W#», «V#» — координаты точки для соответствующих осей в мм, актуально только если выбран режим абсолютных координат («G90»).

3.2.2 M-команды

Команда	Описание	Параметры
M62	Включение цифрового выхода.	<ul style="list-style-type: none"> «P#» — вместо «#» указать номер цифрового выхода в формате: первая цифра — номер модуля, на котором находится требуемый выход, следующие две цифры — номер выхода. Номер модуля может быть 1-4, номер выхода на модуле 1-16. Например, чтобы выключить 11 выход на 2 модуле, надо указать: «M62 P211».
M63	Выключение цифрового выхода.	<ul style="list-style-type: none"> «P#» — вместо «#» указать номер цифрового выхода в формате: первая цифра — номер модуля, на котором находится требуемый выход, следующие две цифры — номер выхода. Номер модуля может быть 1-4, номер выхода на модуле 1-16. Например, чтобы выключить 11 выход на 2 модуле, надо указать: «M63 P211».
M67	Установка уровня аналогового выхода.	<ul style="list-style-type: none"> «P#» — вместо «#» указать номер выхода, может быть 1 или 2. «E#» — вместо «#» указать уровень аналогового сигнала в вольтах, от -10 до +10 В.
M100	Выбор режима PSO (PSOMode).	<ul style="list-style-type: none"> «P#» — вместо «#» указать одну цифру, соответствующую режиму: «Отключен» (0) / «Постоянный сигнал» (1) / «Фиксированная частота» (2) / «Фиксированная плотность» (3).
M101	Выбор длительности импульса PSO (PSOPulseWidth).	<ul style="list-style-type: none"> «P#» — вместо «#» указать число, соответствующее желаемой длительности в секундах.
M102	Выбор частоты следования импульсов PSO (PSOFrequency).	<ul style="list-style-type: none"> «P#» — вместо «#» указать число, соответствующее желаемой частоте следования импульсов в Гц.
M103	Выбор расстояния	<ul style="list-style-type: none"> «P#» — вместо «#» указать число,

	между импульсами PSO (PSOPulseDistance).	соответствующее желаемому расстоянию между импульсами в мм.
M104	Активация оконных режимов PSO (PSOGateEnable).	<ul style="list-style-type: none"> ● «P#» — вместо «#» указать число, первые 6 бит которого представляют собой флаги состояния соответствующих окон.
M105	Установка границ окон работы PSO для одного окна.	<ul style="list-style-type: none"> ● «P#» — вместо «#» указать число, являющееся номером окна (здесь важно, что это не номер оси физической, но именно номер окна PSO), может принимать значения 1-3. ● «Q#» — вместо «#» указать число, равное верхней границе окна в мм. ● «L#» — вместо «#» указать число, равное нижней границе окна в мм.
M106	Установка аналогового уровня PSO.	<ul style="list-style-type: none"> ● «P#» — вместо «#» указать желаемый уровень в вольтах. Допустимые значения от 0 до 10 В.

3.3 Загрузка управляющих программ через интерполятор

Для загрузки подготовленной управляющей программы в контроллер на исполнение используется специализированная программа, совмещающая в себе интерполятор и загрузчик, — «UM GCode Loader». Перед запуском «UM GCode Loader» впервые для данной системы нужно подготовить конфигурационные файлы.

В директории программы «UM GCode Loader» в поддиректории «converter_profiles» должны находиться три конфигурационных файла: «system_profile.yaml», «xy_axes_profile.yaml» и «xy_stage_working_config.yaml». Первый файл содержит настройки, специфичные для контроллера uMotor. Эти настройки не должны меняться пользователем. В двух других файлах содержатся настройки, описывающие конфигурацию осей (разрешение энкодера, лимиты скоростей, ускорений, рывка, рабочие аналогичные параметры). Значения этих параметров должны быть обновлены с учетом аппаратной конфигурации конкретной системы перед ее вводом в эксплуатацию.

Порядок работы с «UM GCode Loader»:

- Проверить и при необходимости обновить конфигурационные файлы «xy_axes_profile.yaml» и «xy_stage_working_config.yaml».
- Запустить программу «UM GCode Loader» (см. рис. 3.1).
- Ввести в поле IP-адрес адрес вашего контроллера.

- В полях TCP портов, как правило, нужно оставлять значение по умолчанию — 50501 для сервисного порта и 50502 для порта данных.
- Нажать кнопку «Подключение».
- Загрузить управляющую программу в формате G-кода. Для этого во вкладке «G-Code loading» нажмите «Выбрать файл». Подготовленная программа должна появиться в окне «Очередь команд»;
- Для начала интерполяции программы с последующей загрузкой в контроллер на исполнение нажмите кнопку «Старт»;
- Дождитесь окончания интерполяции. Номер текущей обрабатываемой команды будет обновляться в поле «Статус». При непосредственном старте движения по траектории начнет обновляться индикатор «Процент выполнения»
- Дождитесь окончания загрузки траектории. Процент выполнения при этом должен дойти до 100%, а статус должен измениться с «ОК. Загрузка в сервер...» на «ОК. В ожидании».
- После этого можно начать интерполяцию и выполнение новой управляющей программы или повторить исполнение старой.

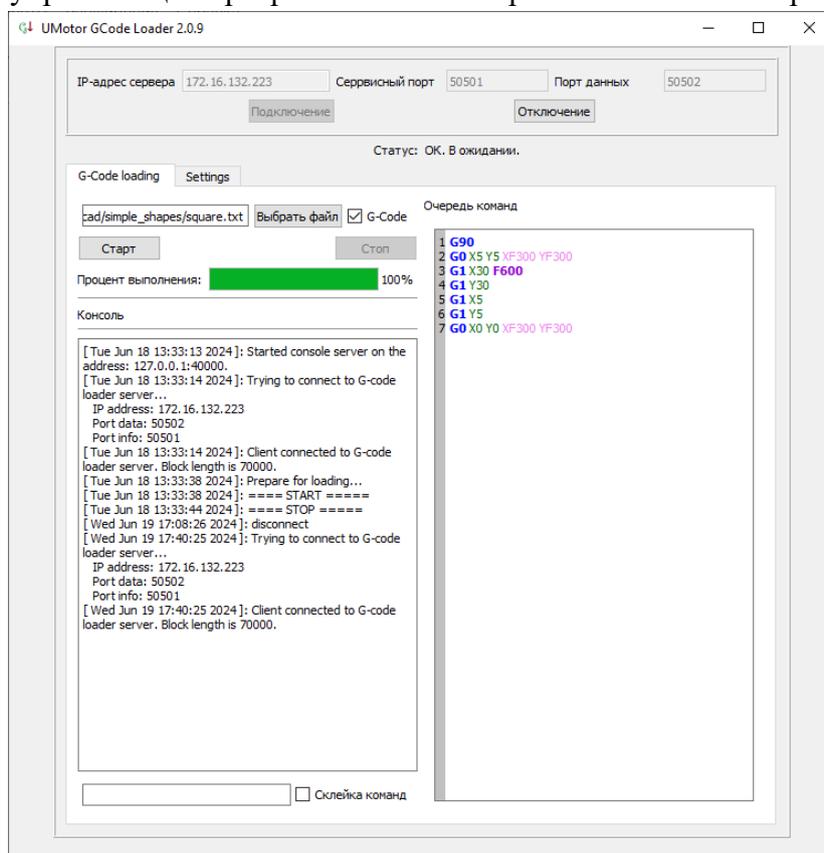


Рисунок 3.1. Окно загрузки управляющих программ.

Загрузка управляющих программы также может осуществляться сторонними приложениями в автоматическом режиме. Для этого предусмотрен специальный программный интерфейс. Более подробная информация приведена в описании интерфейса программирования.

4 Мониторинг работы контроллера

Для просмотра состояния контроллера uMotor и управляемых приводов в режиме реального времени и мониторинга выполнения загружаемой траектории используется программа «UM Oscilloscope». Программа имеет сборки для ПК с ОС Windows и Linux. Основное окно программы представлено на рисунке 4.1.

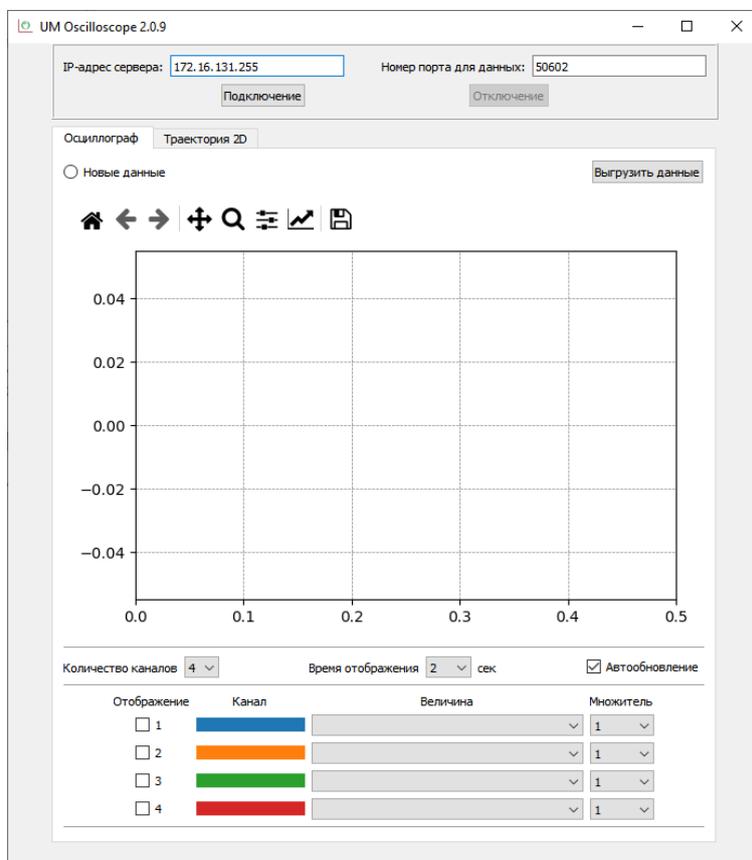


Рисунок 4.1. Окно программы UM Oscilloscope

4.1 Запуск

- Запустите бинарный файл программы «UM Oscilloscope».
- В поле «IP-адрес сервера» укажите текущий адрес контроллера uMotor. В поле «Номер порта для данных», как правило, нужно оставить значение по умолчанию (50602). Далее нажать кнопку «Подключение» (рис. 4.2).

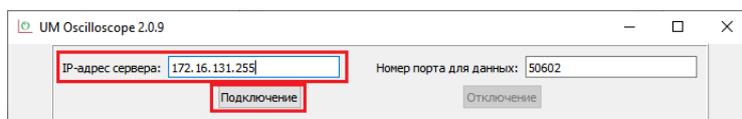


Рисунок 4.2. Установка IP-адреса для подключения к контроллеру uMotor

После успешного подключения осциллограф начнет получать данные от сервера, о чем будет свидетельствовать мигающий индикатор «Новые данные» (см. рис. 4.3).

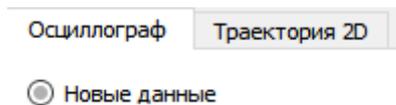


Рисунок 4.3. Индикатор поступления новых данных.

«UM Oscilloscope» может собирать и отображать данные в двух режимах, каждому из которых соответствует своя вкладка в основном окне программы (см. рис. 4.1):

- «Осциллограф» — отображение и просмотр временных зависимостей в реальном времени. Возможности: изменение времени развертки, выбор источника данных для каналов, изменение масштаба;
- «Траектория 2D» — запись двумерной траектории с возможностью наблюдения в режиме реального времени и сбором длинных временных зависимостей параметров двух выбранных осей.

4.2 Режим «Осциллограф»

Во вкладке «Осциллограф» основного окна можно просматривать временные зависимости в реальном времени и изменять параметры отображения. Для управления параметрами отображения используется панель в нижней части окна (рис 4.4):

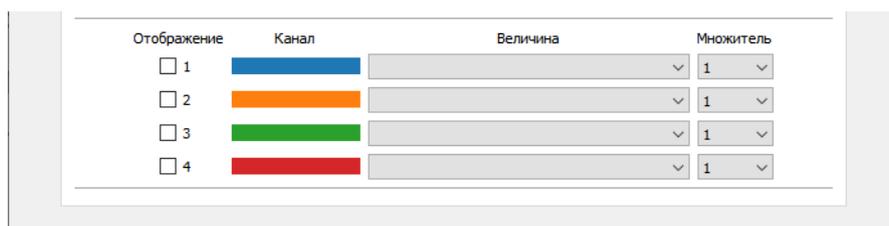


Рисунок 4.4. Панель для изменения параметров отображения данных

В этой панели каждой строке соответствует свой канал. В столбцах для каждого канала расположены следующие настройки:

- «Отображение». Установка галочки включает отображение соответствующего канала на графиках (рис. 4.5). Снятие галочки отображение отключает.



Рисунок 4.5. Параметры каналов отображения данных

- «Канал» — указывает цвет линии, которая соответствует данному каналу (рис. 4.5).
- «Величина» — список параметров, доступных для отображения в данном канале. Параметры сгруппированы по осям (рис. 4.6), кроме того есть группа общих параметров, которые не относятся ни к одной из осей. Для выбора параметра, отображаемого в данном канале, сначала выберите и разверните группу параметров, а после этого выберите параметр внутри группы.

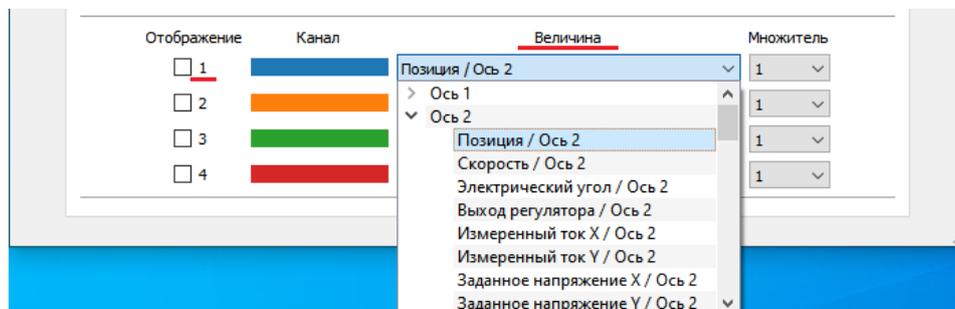


Рисунок 4.6. Список параметров, доступных для отображения

- «Множитель» — выбор дополнительного множителя канала (рис. 4.7). После выбора множителя выводимые значения будут автоматически умножаться на заданный коэффициент. Данная функция позволяет в одних и тех же осях

просматривать величины, масштаб которых отличается на один или несколько порядков.

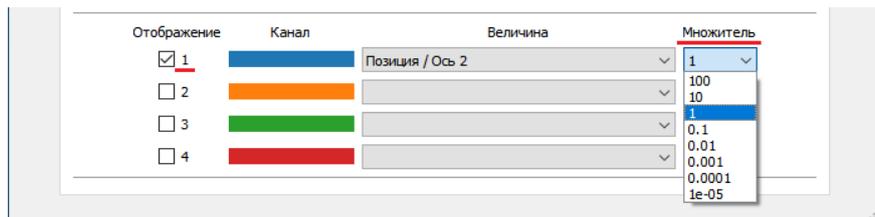


Рисунок 4.7. Выбор множителя канала

4.3 Режим «Траектория 2D»

Во вкладке «Траектория 2D» можно записывать траекторию (зависимость одной координаты от другой координаты) для двух выбранных осей и просматривать ее изменение в реальном времени. Для включения данного режима перейдите во вкладку «Траектория 2D» и установите переключатель «Траектория» (рис. 4.8).

В режиме записи двумерной траектории на графике отображается зависимость позиции выбранной оси Y от позиции выбранной оси X. Обратите внимание, что здесь обозначения X и Y могут отличаться от назначенных в пункте 2.1.1 координатных осей и должны быть настроены отдельно.

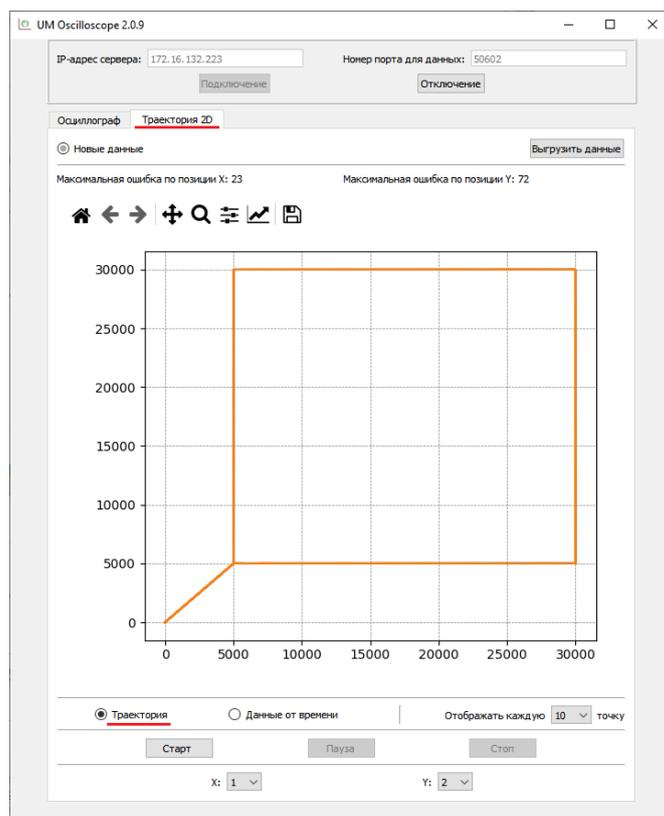


Рисунок 4.8. Пример записи траектории

Элементы управления режимом записи траектории:

- Кнопка «Старт» — начать запись траектории;
- Кнопка «Пауза» — остановить запись траектории с возможностью продолжить запись. При следующем нажатии кнопки «Старт», записанные данные будут сохранены, а новые данные будут добавляться после уже сохраненных;
- Кнопка «Стоп» — полная остановка записи траектории. При следующем нажатии кнопки «Старт» предыдущие записанные данные будут удалены;
- Выпадающий список «Отображать каждую # точку», где # — коэффициент прореживания точек. Например, при выборе «Отображать каждую 10 точку» на графике будет показана каждая 10 точка записанных данных. При выборе «1» будут показаны все данные. Менять этот параметр можно только при остановленной записи траектории. При некоторых условиях работы системы (высокая загрузка сети, ограниченная производительность ЭВМ и другие ограничивающие скорость отрисовки / получения данных факторы) отрисовка в реальном времени может работать медленно. В таких случаях рекомендуется осуществлять запись с коэффициентом прореживания 10 или 100. Данный параметр влияет только на отрисовку графиков. Запись данных всегда осуществляется с максимальным разрешением. Поэтому после остановки записи можно понизить коэффициент прореживания и получить изображение траектории с более высоким разрешением.
- Выпадающий список «X» — выбор номера оси, которая будет выступать в записываемой траектории в качестве оси X.
- Выпадающий список «Y» — выбор номера оси, которая будет выступать в записываемой траектории в качестве оси Y.

В данном режиме также есть стандартная панель для управления графиком, позволяющая: изменять масштаб, восстанавливать исходный масштаб, перетаскивать изображение, сохранять изображение в файл и изменять дополнительные параметры отображения графика.