

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

Функциональные характеристики программного обеспечения

г. Москва - 2024

Содержание

1. Функциональные характеристики.....	3
1.1. Цели и назначения.....	3
1.1.1. Функциональное назначение	3
1.1.2. Эксплуатационное назначение	3
1.2. Ключевые функции	3
2. Основные блоки	4
2.1. Веб-интерфейс	4
2.1.1. Страница «Оси»	4
2.1.2. Страница «Настройки» осей.....	5
2.1.3. Страница «PSO»	7
2.1.4. Страница «Шаговые двигатели».....	8
2.2. Загрузчик траекторий	9
2.2.1. Интерполятор.....	10
2.2.2. Загрузчик	10
2.3. Программный осциллограф	11
2.3.1. Основные функции.....	11
2.3.2. Отображение временных зависимостей.....	12
2.3.3. Отображение двумерных траекторий.....	12

1. Функциональные характеристики

1.1. Цели и назначения

1.1.1. Функциональное назначение

Программное обеспечение управления многоосным контроллером для специального технологического оборудования прецизионной лазерной микрообработки материалов «uMotor» используется для настройки многоосных систем, подготовки и запуска выполнения управляющих программ лазерной микрообработки, мониторинга их выполнения и анализа параметров работы контроллера сервоприводов в реальном времени.

1.1.2. Эксплуатационное назначение

Программное обеспечение должно эксплуатироваться на специализированном контроллере «uMotor» и на компьютере, который входит в состав системы управления ЧПУ станком или другим устройством на базе контроллера сервоприводов «uMotor».

Конечными пользователями ПО являются технические специалисты, осуществляющие наладку устройств, построенных на базе контроллера сервоприводов «uMotor», отладку программного обеспечения, взаимодействующего с данным контроллером, а также выполняющих диагностику и контроль параметров работы станков и других устройств на базе контроллера «uMotor».

1.2. Ключевые функции

Ключевыми функциями программного обеспечения «uMotor» являются:

- подготовка и настройка контроллера специального технологического оборудования для системы лазерной микрообработки материалов:
 - установка и редактирование параметров системы сервоприводов, лазерного инструмента и другого оборудования;
 - калибровка подключенных приводов для достижения требуемой точности позиционирования по каждой из осей;
 - мониторинг текущего состояния системы приводов;
- выполнение управляющих программ:
 - загрузка управляющих программ в формате G-кодов с их последующей интерполяцией;
 - поточная передача подготовленной траектории в контроллер «uMotor» на исполнение;
 - отслеживание хода передачи управляющей программы;
- мониторинг и запись динамических параметров системы в реальном времени:
 - запись и отображение временных зависимостей позиций, скоростей, состояний блоков ввода-вывода и других динамических параметров;
 - запись, отображение и анализ требуемых и фактических траекторий.

2. ОСНОВНЫЕ БЛОКИ

2.1. Веб-интерфейс

2.1.1. Страница «Оси»

uMotor Оси PSO Шаговые двигатели Версия системы: 1.0.10 Версия прошивки: 2.0.9

Операционная система
[Перезагрузить систему](#) [Документация API](#) [Script engine](#)

Оси

Ось 1 (X)	Ось 2 (Y)	Ось 3 (Z)	Ось 4 (-)	Ось 5 (-)	Ось 6 (-)	Ось 7 (-)	Ось 8 (-)
Положение -3144	Положение -26	Положение 0	Положение 0	Положение 0	Положение 0	Положение 10	Положение 24
Скорость 0	Скорость 0	Скорость -1	Скорость 0	Скорость -1	Скорость 0	Скорость 0	Скорость 0
Состояние Отключена	Состояние Отключена	Состояние Отключена	Состояние Отключена	Состояние Отключена	Состояние Отключена	Состояние Отключена	Состояние Отключена
Левый концевик <input type="checkbox"/>	Левый концевик <input type="checkbox"/>	Левый концевик <input type="checkbox"/>	Левый концевик <input type="checkbox"/>	Левый концевик <input type="checkbox"/>	Левый концевик <input type="checkbox"/>	Левый концевик <input type="checkbox"/>	Левый концевик <input type="checkbox"/>
Правый концевик <input type="checkbox"/>	Правый концевик <input type="checkbox"/>	Правый концевик <input type="checkbox"/>	Правый концевик <input type="checkbox"/>	Правый концевик <input type="checkbox"/>	Правый концевик <input type="checkbox"/>	Правый концевик <input type="checkbox"/>	Правый концевик <input type="checkbox"/>
Статус	Статус	Статус	Статус	Статус	Статус	Статус	Статус
Ошибка	Ошибка	Ошибка	Ошибка	Ошибка	Ошибка	Ошибка	Ошибка
Накопленная ошибка	Накопленная ошибка	Накопленная ошибка	Накопленная ошибка	Накопленная ошибка	Накопленная ошибка	Накопленная ошибка	Накопленная ошибка
<input type="button" value="Вкл"/> <input type="button" value="Выкл"/> <input type="button" value="Настройки"/>	<input type="button" value="Вкл"/> <input type="button" value="Выкл"/> <input type="button" value="Настройки"/>	<input type="button" value="Вкл"/> <input type="button" value="Выкл"/> <input type="button" value="Настройки"/>	<input type="button" value="Вкл"/> <input type="button" value="Выкл"/> <input type="button" value="Настройки"/>	<input type="button" value="Вкл"/> <input type="button" value="Выкл"/> <input type="button" value="Настройки"/>	<input type="button" value="Вкл"/> <input type="button" value="Выкл"/> <input type="button" value="Настройки"/>	<input type="button" value="Вкл"/> <input type="button" value="Выкл"/> <input type="button" value="Настройки"/>	<input type="button" value="Вкл"/> <input type="button" value="Выкл"/> <input type="button" value="Настройки"/>

Рисунок 2.1.1.1 Страница «Оси» веб-интерфейса контроллера «uMotor»

Страница «Оси» является основной страницей веб-интерфейса и позволяет:

- просматривать состояния 8 осей систем:
 - 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, если концевой выключатель неактивен — галочка отсутствует;
 - статус — состояние оси, битовая маска;
 - ошибка — наличие текущей ошибки / аларма оси, битовая маска;
 - накопленная ошибка — наличие ошибки / аларма оси, который должен быть сброшен программно, битовая маска.

2.1.2. Страница «Настройки» осей

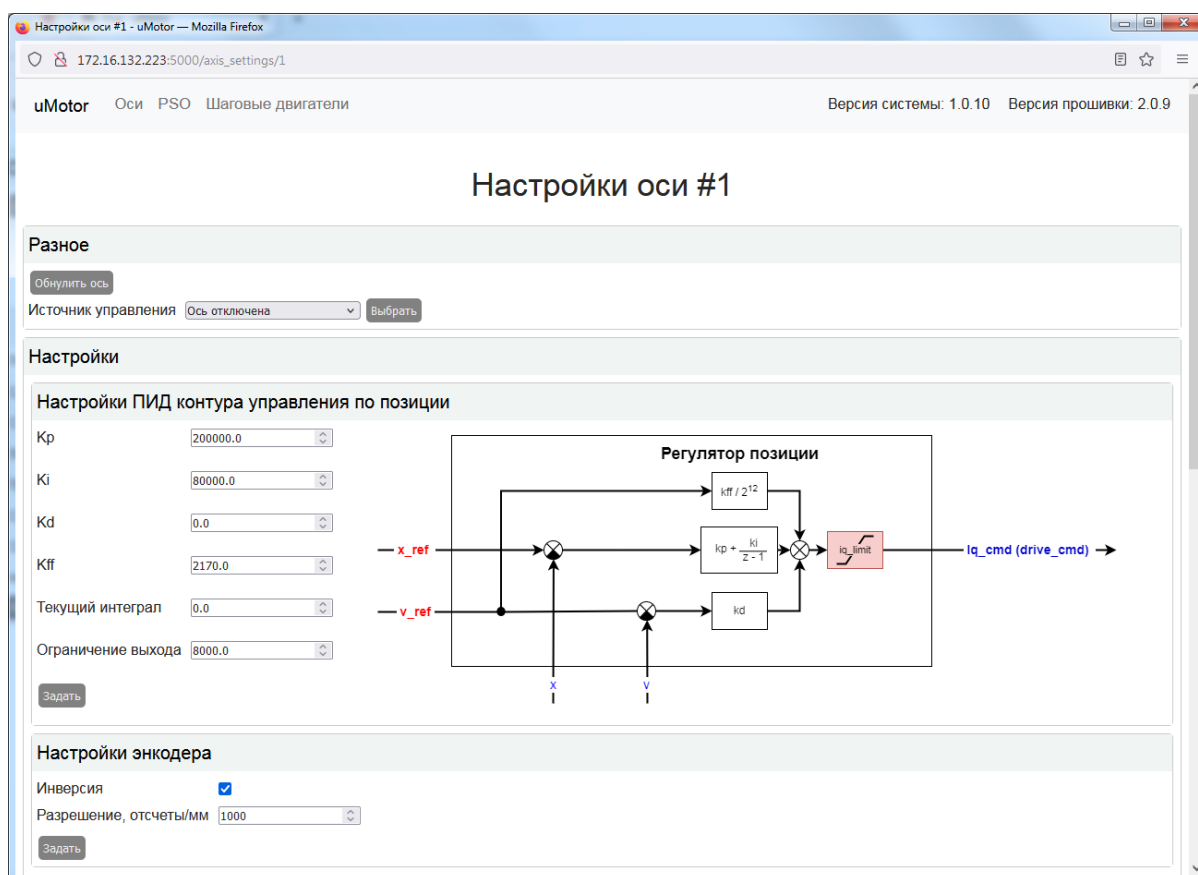


Рисунок 2.1.2.1 Страница «Настройки оси» веб-интерфейса контроллера «uMotor»

На главной странице «Оси» можно открыть страницу с настройками каждой оси по отдельности с помощью кнопки «Настройки» на карточке соответствующей оси.

Страница «Настройки оси» позволяет выполнять следующие действия:

- обнулить позицию оси;
- выбрать и просмотреть текущий источник управления оси (как правило, задавать источник управления вручную не требуется):
 - Ось отключена — питание выключено;
 - Поточный загрузчик (G код) — траектория движения оси задается из загрузчика интерполированных траекторий, полученных из управляющих программ в формате G-кода;
 - Вспомогательный генератор — движение оси задается вспомогательным генератором элементарных траекторий (движение с постоянной скоростью, ступеньки, трапеции);
 - Прямая установка значения — ось удерживается в фиксированной позиции;
- настроить ПИД контур управления по позиции:
 - пропорциональный коэффициент K_p ;
 - интегральный коэффициент K_i ;
 - дифференциальный коэффициент K_d ;
 - коэффициент упреждающего управления K_{ff} ;

- просмотреть и занулить значение текущего накопленного интеграла;
 - задать ограничение аналогового выхода
- задать настройки энкодера подключенной оси:
 - включить / выключить инверсность его счета;
 - задать разрешение энкодера в отсчетах на мм;
- настроить и запустить генерацию простейших траекторий с помощью вспомогательного генератора траекторий:
 - движение с постоянной скоростью;
 - повторяющееся движение по ступенькам по позиции — движение из точки в точку без промежуточных точек;
 - повторяющееся движение по трапеции по позиции — движение из точки в точку с профилированием скорости и промежуточной траектории;
- установить позиции для удержания в режиме «Прямая установка позиции»;
- назначить физической оси координатную ось, соответствующую букве в управляющих программах на языке G-кодов;
- объединить выделенные оси в портал.

2.1.3. Страница «PSO»

The screenshot shows the web interface for the PSO (Position Synchronized Output) block in the uMotor controller. The browser address bar shows the URL 172.16.132.223:5000/ps0. The page title is 'uMotor Оси PSO Шаговые двигатели' and the system version is 1.0.10, with the firmware version being 2.0.9.

The main section is titled 'Структура блока PSO' (Block Structure). It contains a block diagram showing the internal logic of the PSO block. The diagram includes several input blocks: 'Постоянный сигнал' (Constant signal), 'Фиксированная частота' (Fixed frequency), and 'Постоянная плотность' (Constant density). These inputs feed into a 'Выбор режима' (Mode selection) block. The diagram also shows three window inputs ('Окно 1', 'Окно 2', 'Окно 3') that feed into a logical AND gate ('&'). The output of the AND gate goes to an 'Оконное отключение сигнала' (Window signal disabling) block. The output of this block goes to an 'Инверсия сигнала' (Signal inversion) block, which produces the 'Цифровой выход PSO' (Digital PSO output). The output of the AND gate also goes to another 'Оконное отключение сигнала' block, which produces the 'Аналоговый выход PSO' (Analog PSO output). The 'PSO_GAIN' block is used for 'управление аналоговым выходом' (analog output control).

The bottom section is titled 'Общие настройки' (General settings). It includes a dropdown menu for 'Режим работы генератора' (Generator operating mode) set to 'Отключен' (Disabled). Other settings include 'Ширина импульса, сек' (Pulse width, sec) set to 0,00000001, 'Частота, Гц' (Frequency, Hz) set to 390625,0, and 'Расстояние между импульсами' (Distance between pulses) set to 0. There is a 'Применить' (Apply) button. To the right of the settings are three pairs of waveforms: 'Постоянный сигнал' (Constant signal) showing a high pulse and a low pulse; 'Фиксированная частота' (Fixed frequency) showing a regular pulse train; and 'Постоянная плотность' (Constant density) showing a pulse train with varying density. Each waveform pair has a 'Время' (Time) axis and a 'Координата' (Coordinate) axis.

Рисунок 2.1.3.1 Страница «PSO» веб-интерфейса контроллера «uMotor»

На странице «PSO» можно просмотреть текущие настройки блока PSO (Position Synchronized Output) и при необходимости поменять:

- режим работы выхода:
 - Отключен;
 - Постоянный сигнал — выход постоянно включен;
 - Фиксированная частота — на выходе генерируется сигнал с постоянной частотой;
 - Фиксированная плотность — на выходе генерируется сигнал с постоянной плотностью импульсов при движении с разными скоростями;
- ширину импульса (только для режимов «Фиксированная частота» / «Фиксированная плотность»);
- период следования импульсов (только для режимов «Фиксированная частота»);
- расстояние между импульсами в отсчетах энкодера (только для режима «Фиксированная плотность»);

- настройка оконного режима работы:
 - поддерживает одномерный / двумерный / трехмерный режим;
 - позволяет:
 - включить или выключить окна для трёх осей;
 - выбрать, позиции каких осей будут сравниваться с заданными порогами окон;
 - задать значения верхних и нижних порогов окна.

2.1.4. Страница «Шаговые двигатели»

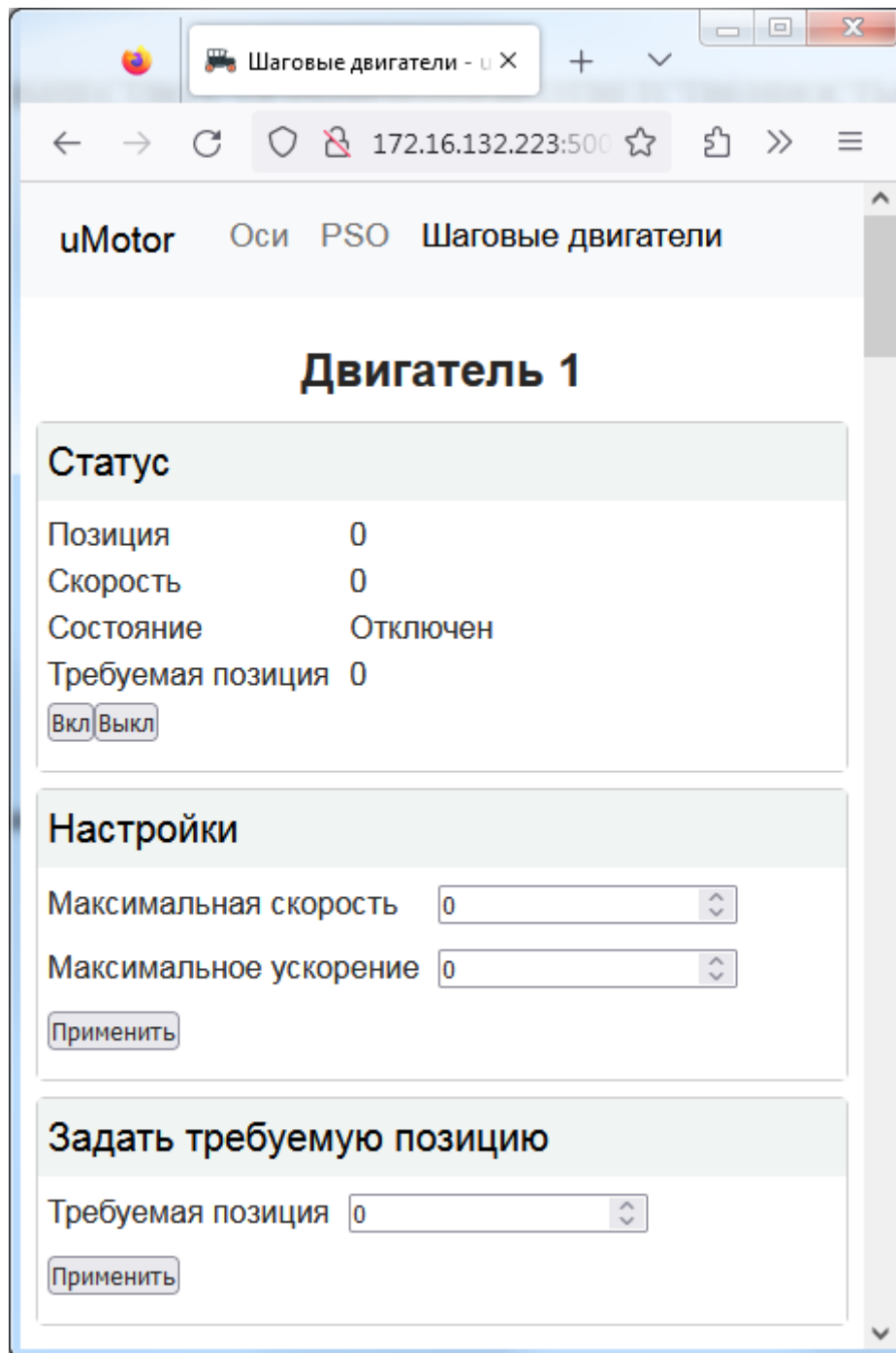


Рисунок 2.1.4.1 Страница «Шаговые двигатели» веб-интерфейса контроллера «uMotor»

На данной странице доступны просмотр состояния и управление 8 шаговыми двигателями:

- статус шагового двигателя, который включает в себя:
 - текущую позицию;
 - текущую скорость;
 - состояние двигателя: Включен / Отключен;
 - требуемую (целевую) позицию;
- для каждого шагового двигателя можно настроить:
 - целевую скорость;
 - максимальное ускорение;
- включить двигатель;
- выключить двигатель.

2.2. Загрузчик траекторий

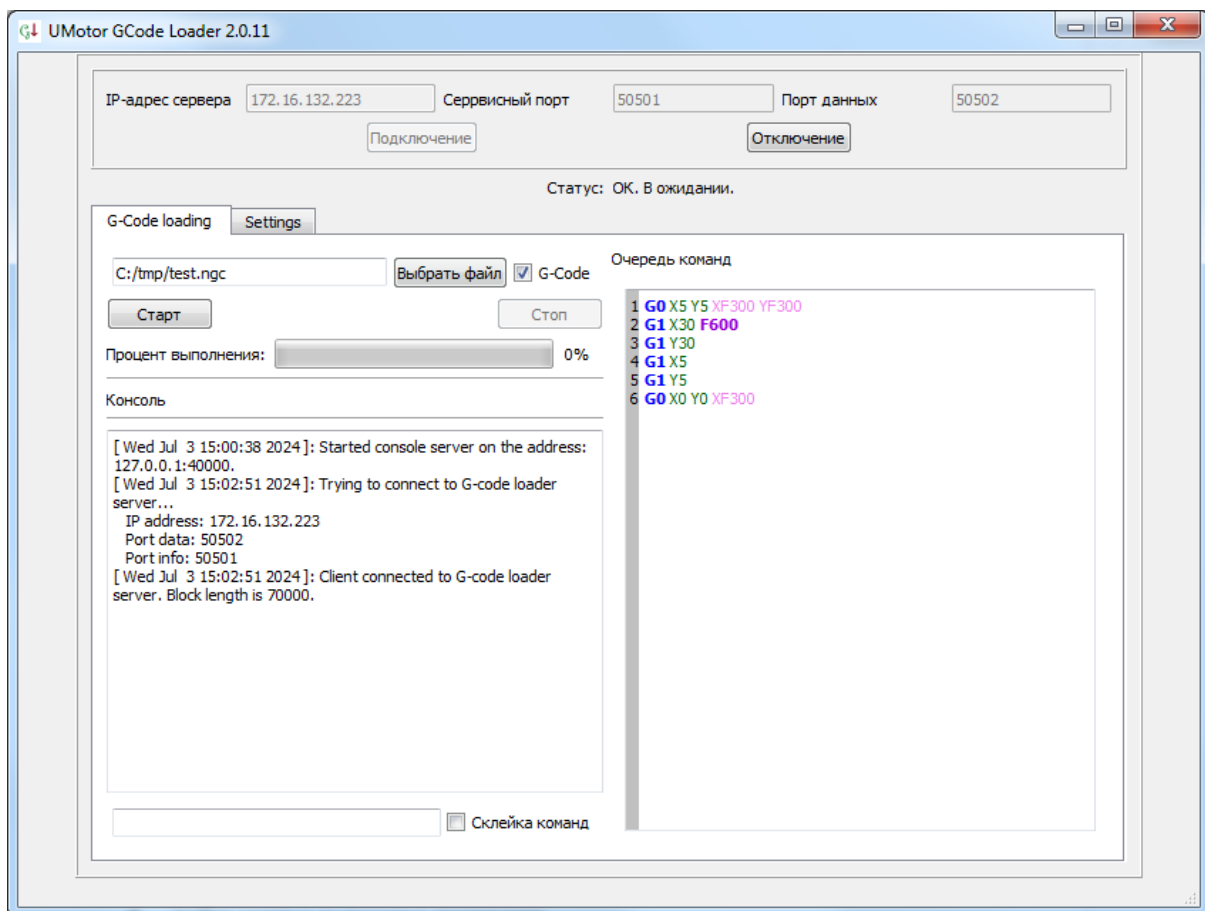


Рисунок 2.2.1 Основное окно программы «UM GCode Loader»

Программа «UM GCode Loader» совмещает в себе функции интерполятора управляющих программ, написанных на языке G-кодов, и загрузчика подготовленных траекторий в контроллер uMotor по локальной сети.

2.2.1. Интерполятор

Встроенный в «UM GCode Loader» интерполятор обладает следующими возможностями:

- интерполяция совместного движения до 6 осей;
- интерполяция линейных участков и движения по дугам;
- подготовка траекторий с ограничением третьей производной позиции по времени — режим jerk-free;
- выбор ограничений на максимальные значения ускорений и рывков (производных ускорений по времени) для каждой из 6 осей по отдельности;
- выбор режима подготовки траектории:
 - режим сглаживания траектории — движение без снижения скорости до полной остановки на стыках сегментов;
 - режим точного следования по траектории — движение со снижением скорости до полной остановки на стыках сегментов и достижения за счет этого более точного позиционирования;
- задание отрицательной задержки включения лазера.

2.2.2. Загрузчик

Загрузка подготовленной траектории производится по локальной сети после установки связи с контроллером uMotor. При этом от пользователя требуется только знание IP-адреса контроллера.

Особенности загрузчика:

- одновременно к контроллеру может быть подключен только один экземпляр загрузчика «UM GCode Loader»;
- загрузчик получает длину сегментов, на которые должна разбиваться траектория при отправке, при подключении к контроллеру.

2.3. Программный осциллограф

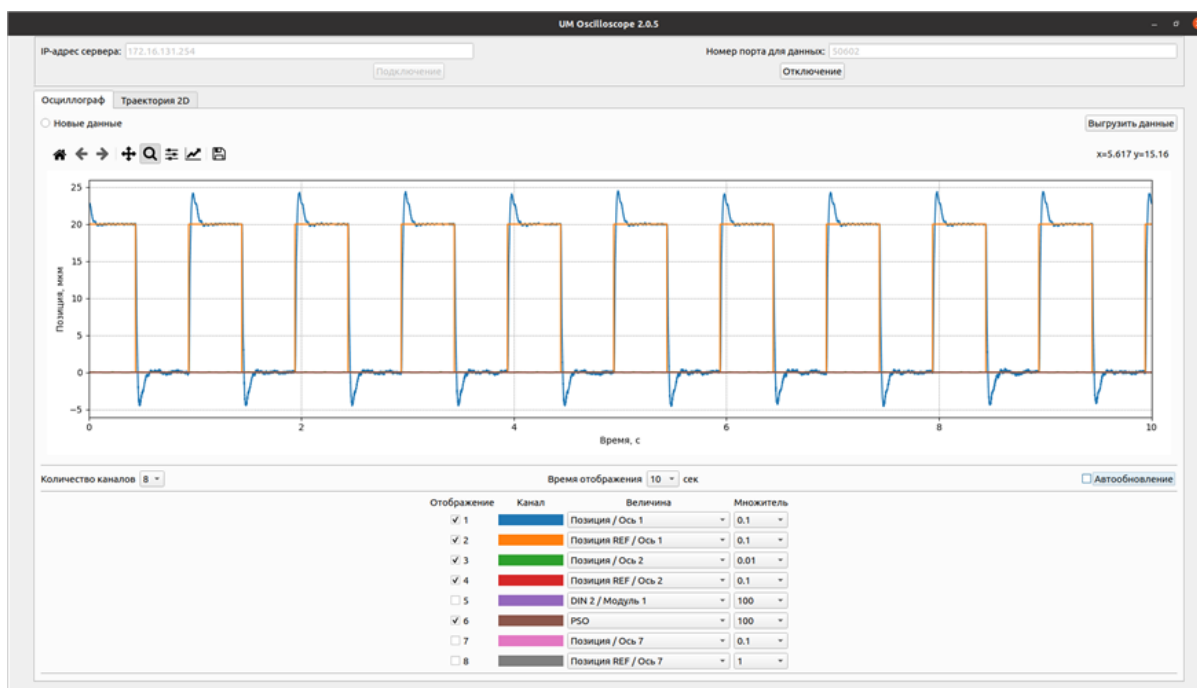


Рисунок 2.3.1 Основное окно программы «UM Oscilloscope»

Программный осциллограф «UM Oscilloscope» используется для мониторинга состояния системы и выполнения траекторий в реальном времени. Частота сбора информации составляет 20 кГц.

2.3.1. Основные функции

- Получение по сети и запись в реальном времени осциллограмм (временных зависимостей) следующих параметров контроллера «uMotor»:
 - для каждой из осей:
 - заданная позиция;
 - заданная скорость;
 - заданное ускорение;
 - реальная позиция;
 - реальная скорость;
 - реальное ускорение;
 - напряжение на аналоговом выходе управления внешним силовым драйвером;
 - величина тока на выходе интегрированного драйвера;
 - величина напряжения на выходе интегрированного драйвера;
 - состояния цифровых входов;
 - состояние выхода управления лазерным инструментом.
- Отображение записанных временных зависимостей в виде графиков с различной временной разверткой и возможностью интерактивного изменения параметров отображения (масштаб, смещение).

- Визуализация двумерных траекторий (зависимость позиции по одной оси от позиции по другой оси).
- Измерение расстояний в режиме визуализации траекторий («программная линейка»).
- Сохранение записанных временных рядов в бинарные файлы для последующей обработки в сторонних программах.
- Сохранение графиков в виде изображений.

2.3.2. Отображение временных зависимостей

В основной вкладке «Осциллограф» доступны следующие опции просмотра временных зависимостей:

- Отображение до 8 каналов на одном графике;
- Выбор источника данных для каждого канала по отдельности;
- Выбор источника данных из полного списка в п. 2.3.1.
- Выбор времени накопления (временной развертки):
 - 0,5 секунды;
 - 1 секунда;
 - 2 секунды;
 - 5 секунд;
 - 10 секунд.
- Выбор масштабного множителя для каждого канала по отдельности:
 - 100;
 - 10;
 - 1;
 - 0.1;
 - 0.01;
 - 0.001;
 - 0.0001;
 - 0.00001.
- Остановка и запуск автонакопления с помощью соответствующего чекбокса.
- Выгрузка данных с помощью соответствующей кнопки в виде бинарных данных.

2.3.3. Отображение двумерных траекторий

- запись и просмотр двумерных траекторий — реальной и заданной;
- запись и просмотр временных зависимостей (общей длиной до 2 минут) следующих параметров для двух выбранных осей:
 - заданная позиция;
 - заданная скорость;
 - реальная позиция;
 - реальная скорость;
- выбор частоты отображения записанных данных:
 - 20 кГц — отображать на графике каждую 1 точку;

- 2 кГц — отображать на графике каждую 10 точку;
 - 200 Гц — отображать на графике каждую 100 точку;
- отображение максимальных ошибок позиционирования на записанном участке траектории для обеих осей;
- для временных зависимостей на вкладке «Данные от времени» можно также указывать масштаб отображения и выбирать наличие отображения зависимостей на графике;
- программная линейка для измерения расстояний между элементами траектории.