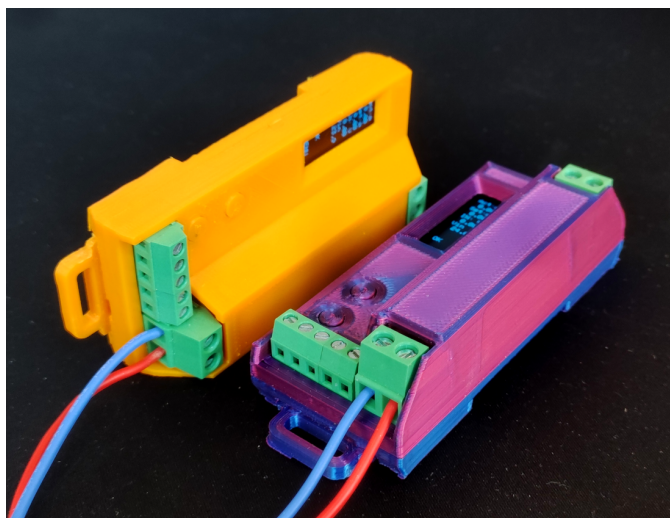


# Усилитель пропорционального клапана (распределителя)

Руководство пользователя

Версия 0.7 · Январь 2026 · Автор — ВласовЛаб



## 1. Назначение и область применения

VL-PVD1-24 — электронный драйвер тока соленоида для управления пропорциональными гидравлическими клапанами/распределителями без обратной связи по положению. Управляющее воздействие формируется током катушки.

### Типовые применения:

- пропорциональные редукционные / предохранительные / дросселирующие клапаны (1 соленоид);
- пропорциональные распределители (2 соленоида) — при использовании двух устройств VL-PVD1-24 или двухканальной версии (VL-PVD1-24).

### Ограничения применения:

- устройство не является сервоусилителем и не предназначено для клапанов с датчиком положения золотника и замкнутым контуром по положению;
- устройство не содержит повышающего преобразователя напряжения — максимальный достижимый ток ограничен напряжением питания и сопротивлением катушки. Подбор катушки и питание: см. раздел 15.

## 2. Ключевые особенности

- Питание: **12...30 В** (постоянного тока), совместимо с промышленными системами **24 В**; абсолютный максимум: **35 В**.
- Выход: управление током **0...3,0 А** (настраиваемые границы **макс. и мин. тока**).
- Раздельная настройка времени **нарастания и спада** тока: **0...10 000 мс**.
- **Дизер** (наложенная рябь уставки): частота **10...300 Гц**, амплитуда **0...0,4 А пик-пик**, форма — **треугольная**.
- **3 режима динамики** токового регулятора: **БЫСТРЫЙ / СРЕДНИЙ / МЕДЛЕННЫЙ**.
- Источники задания тока: **0–10 В, 4–20 мА (0-20 мА), ШИМ, последовательный интерфейс UART**.
- Гибкое и удобное **масштабирование входа и выхода**: независимые **минимум/максимум** для каждого источника (реализует **смещение/коэффициент усиления** и входную/выходную “мертвую зону”).
- Индикация/диагностика: **КЗ, обрыв катушки, превышение входов, состояние питания**.
- Интерфейсы: **дисплей + 2 кнопки, последовательный интерфейс UART 115200 8N1, РС-интерфейс и открытый формат обмена**.

### 3. Технические характеристики

Таблица 1: Технические характеристики устройства

Раздел	Параметр	Значение
Питание	Диапазон питания (рабочий)	12...30 В (пост. тока)
	Абсолютный максимум на входе	35 В
	Защита от перенапряжения питания	отключение выхода при > 32,0 В
	Индикация низкого напряжения	< 11,5 В (предупреждение; выход работает)
	Защита от переполюсовки	да
	Потребление (без нагрузки)	50 мА
Выход	Топология	N-канальный MOSFET по низкой стороне (катушка на +V, ключ на GND)
	Тип управления	замкнутый контур по току
	Диапазон тока	0...3,0 А (настраиваемый)
	Частота ШИМ силовой ступени	16 кГц;
	Точность поддержания тока	±1 % диапазона*
	Защита от короткого замыкания	да; отключение выхода
	Время реакции защиты КЗ	1...5 мс
	Частота среза ФНЧ (−3 дБ)	~ 1,1 кГц
Входы задания	Обрыв катушки	индикация; выход не отключается
	Напряжение (0–10 В)	$R_{in} = 15 \text{ кОм}$ ; предупреждение > 10,7 В; допустимо до 20 В
	Ток (4–20 мА)	$R_{in} \text{ (шунт)} = 150 \text{ Ом}$ ; предупреждение > 21,5 мА; допустимо до 30 мА
	PWM-вход	1...20 кГц; 0...100 %; уровень 8...15 В; общий вход с 0–10 В
Частота среза ФНЧ (−3 дБ)		200 Гц
Интерфейсы	Дисплей	OLED
	Кнопки	2 шт.
	UART	115200 бод, 8N1, без гальванической развязки
Эксплуатация	Монтаж	DIN-рейка
	Габариты	36×88×24 мм
	Масса	≈ 50 г
	Температура эксплуатации	−35... + 55 °C
	Максимальный непрерывный ток 3 А	при +25 °C
	Термозащита	отсутствует
	Память настроек (ресурс записи)	5000 циклов
	Рекомендуемая вентиляция	свободная конвекция; свободная зона ≥ 20 мм вокруг

\* Зависит от параметров соленоида.

## 4. Подключение

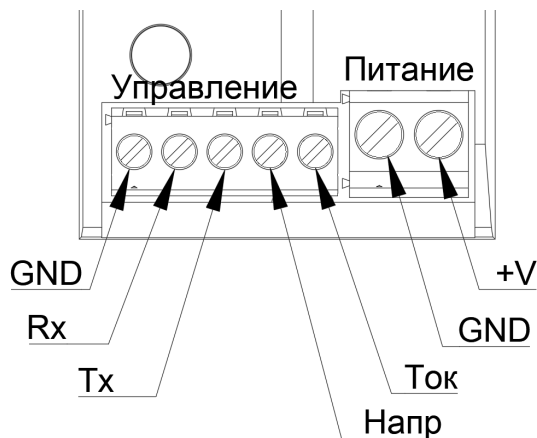


Рис. 1: Схема подключения: питание, вход задания (0–10 В, 4–20 мА, ШИМ), UART.

### 4.1 Общие требования к монтажу и прокладке кабелей

- Силовые цепи (питание и катушка): рекомендуется сечение проводников до 1,5 мм<sup>2</sup>.
- Сигнальные цепи: рекомендуется сечение проводников до 0,5 мм<sup>2</sup>.
- Заземление / 0 В: рекомендуется топология «звезда» — силовая и сигнальная «земля» должны сходиться в одной точке (как правило, у источника питания или в общей точке шкафа).

#### Важно

Клемма «-» питания и сигнальная клемма «GND» электрически соединены внутри устройства. При обрыве/ухудшении контакта проводника «-» питания возвратный ток нагрузки может частично протекать через сигнальную цепь «GND», что приводит к ошибкам измерения/управления и возможному повреждению сигнальной проводки. Обеспечьте надёжное подключение «-» питания достаточным сечением.

### 4.2 Рекомендации по длине кабелей и помехоустойчивости

#### 4.2 Кабель питания (12...30В)

- Рекомендуемая длина: до 5...10 м.
- Допускается: до 50 м (в отдельных случаях до 100 м) при соблюдении требований по сечению проводников, падению напряжения и электромагнитной совместимости. Для

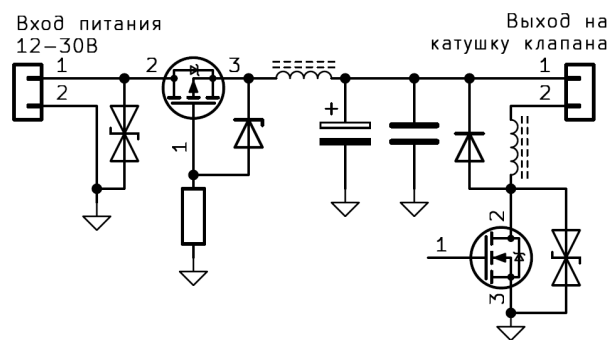


Рис. 2: Упрощённая внутренняя схема (силовая часть)

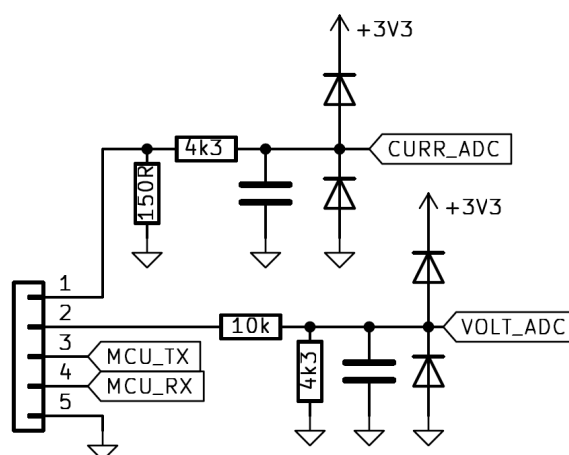


Рис. 3: Упрощённая внутренняя схема (сигнальные входы)

длинных линий питания рекомендуется консультация квалифицированного специалиста.

- При большой длине питания рекомендуется установка рядом с устройством развязывающих конденсаторов: 470...2200 мкФ (электролитический) + 0,1 мкФ (керамический). Конденсаторы устанавливаются параллельно шинам питания как можно ближе к клеммам устройства.

#### 4.2 Кабель к катушке соленоида (выход)

- Рекомендуемая длина: до 5...10 м.
- Допускается: до 30 м при соблюдении требований по сечению проводников, падению напряжения и электромагнитной совместимости. Для длинных линий рекомендуется консультация квалифицированного специалиста.
- Для цепи катушки рекомендуется использовать витую пару или прокладывать оба проводника катушки вплотную друг к другу (минимизация площади петли тока).
- Не прокладывать проводники катушки совместно с силовыми кабелями двигателя/частотного преобразователя; при необходимости — выдерживать расстояние и/или ис-

пользовать отдельные кабельные каналы.

- Допускается установка ферритового фильтра на кабель катушки со стороны устройства (может снизить уровень помех).

#### Внимание!

**Запрещается** устанавливать дополнительные компоненты со стороны кабеля катушки (конденсаторы, диоды, резисторы и т.п.), так как это может нарушить корректную работу драйвера и/или увеличить уровень помех.

Исключение: допускается установка светодиодной индикации малого тока 2...10 мА (светодиод + токоограничивающий резистор) в соответствии с рекомендациями производителя индикации.

#### 4.2 Вход 0–10 В

- Наиболее чувствителен к наводкам.
- Рекомендуемая длина без экрана: до 3...5 м.
- Экранированная витая пара: до 10...20 м (до 30 м в условиях низкого уровня помех).
- Сигнальный провод и его GND следует прокладывать совместно (одним кабелем/парой). Экран рекомендуется подключать к земле с одной стороны, как правило со стороны источника сигнала.

#### 4.2 Вход 4–20 мА

- Наиболее предпочтителен для длинных линий.
- Типовые длины: 50...200 м.
- 200...500 м возможно, но зависит от источника токовой петли (допустимое напряжение на нагрузке) и уровня наводок.

#### 4.2 Вход ШИМ (PWM)

- Рекомендуемая длина: до 5...10 м.
- Около 20 м — близко к практическому пределу и требует аккуратной прокладки, общей земли и, при необходимости, экранирования.

#### 4.2 UART (для настройки/отладки)

- Рекомендуется для локального подключения.
- Типовая длина: до 1 м (в отдельных случаях до 2 м при хорошей прокладке и низком уровне помех).
- Назначение: настройка параметров и диагностика как альтернатива ручному вводу.
- Критично: при подключении к ПК рекомендуется использовать USB-изолятор (гальваническую развязку по USB) со стороны ПК.

## 5. Быстрый старт

1. Подключите катушку соленоида и сигнальные линии согласно схеме подключения.
2. Подайте питание **12...30 В** постоянного тока.
3. Выберите источник задания: **VOLT / CURR / PWM / UART** (0–10 В / 4–20 мА / ШИМ / UART).
4. Установите  $I_{\max}$  по паспорту катушки (например **1,6 А**).
5. При необходимости установите  $I_{\min}$  (для компенсации «мёртвой зоны» / подмагничивания).
6. Установите **время нарастания** и **время спада** (например **200 мс / 100 мс**).
7. При необходимости включите **Dither** (амплитуда  $> 0$ ).
8. На экранах параметров выполните **SAVE** для применения настроек (на каждом экране).

## 6. Масштабирование входного сигнала в выходной ток

VL-PVD1-24 позволяет задать **нижнюю и верхнюю границы входного сигнала**, соответствующие минимальному и максимальному току выхода (катушки). Также можно задавать минимальное и максимальное значение **тока катушки**.

Это обеспечивает:

- корректировку «мёртвой зоны» по входу (игнорирование области ниже нижнего порога по входному сигналу);
- корректировку «мёртвой зоны» (deadband) по выходу;
- настройку смещения (offset) и коэффициента усиления (gain/scale);
- ограничение по максимальному току.

### 6.1 Правило преобразования (обобщённо)

Для выбранного источника входного сигнала (напряжение 0–10 В, ток 4–20 мА, PWM) задаются:

- входные границы:  $X_{\min}$ ,  $X_{\max}$  (например  $V_{\min}/V_{\max}$ ,  $I_{\min}/I_{\max}$ ,  $PWM_{\min}/PWM_{\max}$ );
- выходные границы:  $I_{\min\_out}$ ,  $I_{\max\_out}$  (ток катушки).

Преобразование имеет вид кусочно-линейной функции:

- при  $X < X_{\min} \rightarrow I = 0$ ;
- при  $X_{\min} \leq X \leq X_{\max} \rightarrow I$  линейно изменяется от  $I_{\min\_out}$  до  $I_{\max\_out}$ ;
- при  $X > X_{\max} \rightarrow I = I_{\max\_out}$ .

### 6.2 Пример настройки (0–10 В)

**Настройка:**

- выходной диапазон: **0...3,0 А**, настроим **0,5...2,0 А**;

- вход 0–10 В, настроим 2...8 В.

### Результат:

- при 1 В → 0 А;
- при 2 В → 0,5 А;
- при 8 В → 2,0 А;
- при 10 В → 2,0 А.

Таким образом реализуются: входной порог (deadband), смещение и масштабирование (offset/gain), а также ограничение по максимальному току.

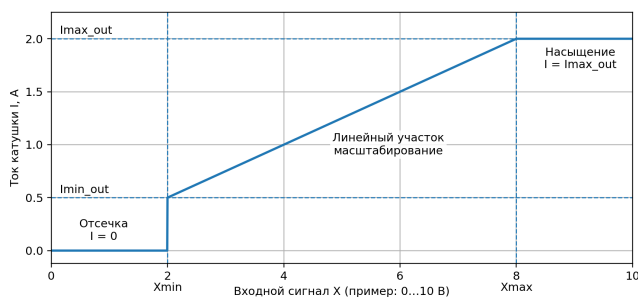


Рис. 4: График «вход X → ток I» (кусочно–линейный, с насыщением)

## 7. Время нарастания и спада тока

Параметры времени нарастания и времени спада задают скорость изменения среднего тока катушки при изменении уставки. Это используется для:

- ограничения ударных нагрузок гидросистемы (плавный пуск и останов);
- подавления колебаний и рывков;
- согласования динамики клапана с механикой и контуром управления системы.

### Параметры:

- время нарастания: 0...10 000 мс, шаг 1 мс;
- время спада: 0...10 000 мс, шаг 1 мс.

### Важно

Времена нарастания/спада заданы по полной шкале (Full Scale).

Параметры «Время нарастания» и «Время спада» задаются как время изменения от 0 до максимального тока шкалы устройства (3,0 А), а не до текущего значения  $I_{max}$ , установленного пользователем. Это означает, что при меньшем целевом токе фактическое время перехода будет пропорционально меньше.

**Пример:** задано 200 мс (по шкале 0...3,0 А). Если целевой ток 1,0 А, то время достижения будет примерно:

$$t \approx 200 \text{ мс} \cdot \frac{1,0}{3,0} \approx 67 \text{ мс}$$

**Практический совет:** если требуется, чтобы переход до вашего рабочего  $I_{max}$  занимал заданное время, умножьте настройку на коэффициент  $\frac{3,0}{I}$ .

### 7.1 Что именно ограничивается

Заданные времена применяются к среднему току катушки  $I_{cp}$ . При включённом дизере переменная составляющая накладывается поверх среднего тока:

$$I_{ком} = I_{cp} + i_{Dither}(t)$$

Таким образом:

- времена нарастания и спада определяют скорость изменения базового (среднего) тока;
- дизер не изменяет заданное время нарастания или спада, а лишь добавляет модуляцию вокруг среднего значения с автоматическим ограничением по границам тока.

### 7.2 Почему фактическое время может отличаться от заданного

Фактическая скорость изменения тока определяется не только настройками VL-PVD1-24, но и электрическими параметрами катушки, а также напряжением питания.

Катушка является нагрузкой типа  $R-L$ , поэтому ток не может изменяться быстрее физических ограничений. Приблизительно:

- при нарастании ток растёт тем быстрее, чем выше напряжение питания и чем меньше отношение индуктивности к сопротивлению;
- при спаде скорость определяется способом размагничивания и параметрами катушки.

**Практическое правило:** если заданное время нарастания или спада меньше, чем позволяют параметры  $R$ ,  $L$  и

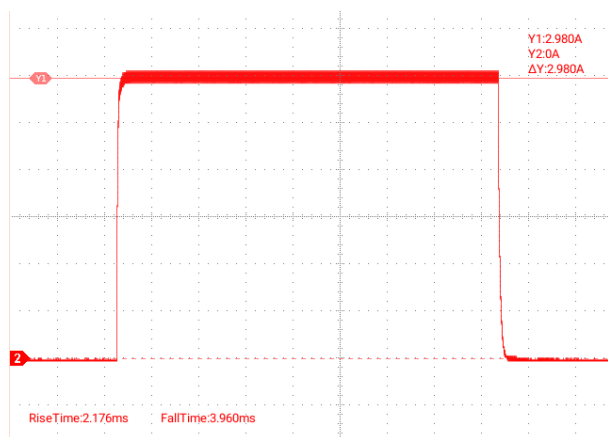


Рис. 5: Осциллограмма тока. Ступенчатое воздействие 3А, без дизера. Катушка 10 мГн, 5 Ом

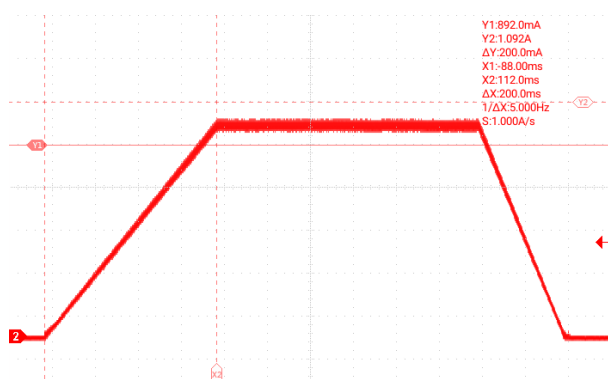


Рис. 6: Осциллограмма тока. Ступенчатое воздействие 1А, без дизера. Нарастание 600мс (=200мс для 1А), спад 300мс (=100мс для 1А). Катушка 10 мГн, 5 Ом

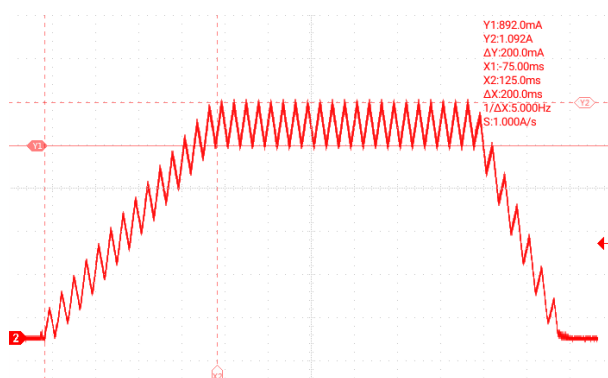


Рис. 7: Осциллограмма тока. Ступенчатое воздействие 1А, с дизером. Дизер 70Гц, 200мА. Катушка 10 мГн, 5 Ом

напряжение питания, ток будет следовать максимально возможной динамике, а фактическое время окажется больше заданного.

### 7.3 Рекомендации по выбору времени нарастания и спада

- Для первичной настройки рекомендуется начинать с 200...500 мс для нарастания и 100...300 мс для спада, затем подстраивать значения по поведению системы.
- При появлении рывков или гидроударов следует увеличивать время нарастания и (или) спада.
- Если системе не хватает динамики, допускается уменьшать время нарастания, контролируя отсутствие перегулирования и перегрева катушки.
- При длинных проводах и «тяжёлых» катушках (большая индуктивность) рекомендуется использовать режим регулятора **SLOW** или увеличивать времена нарастания и спада.

### 7.4 Особенности спада тока (размагничивание)

В VL-PVD1-24 для размагничивания катушки используется диод свободного хода (freewheel diode), обеспечивающий циркуляцию тока катушки при отключении силового ключа и ограничение выбросов напряжения.

При таком способе уровень электромагнитных помех, как правило, ниже по сравнению с «жесткими» методами ограничения перенапряжения.

Для большинства распространённых катушек пропорциональных клапанов динамика спада тока является более чем достаточной для практических применений. Исключением могут быть сверхбыстрые устройства (например, сервораспределители) с временем полного перемещения золотника порядка **4...10 мс**. В таких случаях требуется дополнительное уточнение и расчёт совместимости.

## 8. Дизер (Dither)

Дизер — это наложенная переменная составляющая тока на уставку среднего тока катушки. Его назначение — уменьшить влияние статического трения и гистерезиса механики клапана или распределителя, повысить повторяемость на малых расходах и перемещениях, а также стабилизировать работу вблизи «мёртвой зоны».

Типичный эффект от правильно настроенного дизера:

- уменьшение «прилипания» золотника при малых командах;
- снижение порога срабатывания (в ряде механических реализаций гидрооборудования);
- более плавное и повторяемое управление на низких расходах и давлениях.

## 8.1 Принцип действия

Устройство формирует команду тока:

$$I_{\text{ком}} = I_{\text{ср}} + i_{\text{Dither}}(t)$$

где:

- $I_{\text{ср}}$  — средний (базовый) ток, задаваемый входным сигналом с учётом масштабирования и времени нарастания и спада;
- $i_{\text{Dither}}(t)$  — переменная добавка к току.

**Дизер не изменяет заданное среднее значение тока, а лишь накладывает симметричную модуляцию вокруг него.**

## 8.2 Параметры

- частота: **10...300 Гц**, шаг **1 Гц**;
- амплитуда: **0...0,4 А пик–пик** (эквивалент **0...0,2 А 0–пик**);
- форма сигнала: **треугольная**;
- дизер активен при **амплитуде**  $> 0$  (амплитуда  $0$  А означает, что дизер выключен).

**Примечание по амплитуде.** В данном документе амплитуда дизера задаётся как значение пик–пик (размах). Например, при амплитуде  $A_{\text{пп}} = 0,4$  реальная добавка к току изменяется примерно в пределах  $\pm 0,2$  вокруг среднего значения.

## 8.3 Рекомендации по настройке

**Частота.** Слишком низкая частота может вызывать заметные пульсации давления или расхода, а также вибрации. Слишком высокая частота может оказаться малоэффективной из-за индуктивности катушки и ограниченной механической чувствительности узла.

Практически удобное стартовое значение — **100...150 Гц** с последующей подстройкой по месту.

**Амплитуда.** Амплитуда выбирается минимальной, при которой исчезает «прилипание» и улучшается повторяемость. Типичный порядок величины — несколько процентов от рабочего тока (например **5...15 %** от  $I_{\text{max}}$ ), однако окончательное значение определяется механикой клапана и требованиями к шуму и пульсациям.

## 8.4 Процедура быстрой настройки (практика)

1. Установите частоту **120 Гц** (типовое стартовое значение).
2. Установите амплитуду **0,05...0,10 А пик–пик**.
3. Проверьте поведение системы при малой команде (вблизи начала открытия или перемещения).

4. Если наблюдается «ступенька», «прилипание» или плохая повторяемость, увеличивайте амплитуду небольшими шагами (например по **0,02...0,05 А пик–пик**) до получения стабильного результата.
5. При появлении вибраций, шума или заметных пульсаций давления и расхода уменьшите амплитуду и (или) увеличьте частоту (например до **150...250 Гц**).
6. После подбора минимально достаточной амплитуды проверьте несколько режимов работы (малые и средние команды, различные нагрузки) и при необходимости скорректируйте параметры.

## 8.5 Побочные эффекты (нормальные и ожидаемые)

При включённом дизере возможно:

- лёгкая вибрация или шум узла (особенно в диапазоне слышимых частот);
- небольшое увеличение нагрева катушки из-за переменной составляющей тока;
- пульсации давления или расхода в чувствительных гидросистемах (особенно при низкой частоте и большой амплитуде).

Если система чувствительна к пульсациям, рекомендуется:

- увеличить частоту дизера;
- уменьшить амплитуду;
- при необходимости отключить дизер.

## 8.6 Автоматическое ограничение дизера по нижней и верхней границе тока (анти-клиппинг)

Для сохранения корректного среднего значения тока и исключения «клиппинга» модуляции у границ диапазона в VL-PVD1-24 реализовано автоматическое ограничение амплитуды дизера при приближении к нулевому току и к верхнему пределу тока.

**Принцип работы:**

- пользователь задаёт амплитуду дизера  $A_{\text{пп}}$  (пик–пик);
- устройство формирует эффективную амплитуду  $A_{\text{эфф}}$ , ограничивая её таким образом, чтобы мгновенный ток не выходил за допустимые границы.

**Границы:**

- нижняя:  $I \geq 0$ ;
- верхняя:  $I \leq 3,1$  (встроенный аппаратный предел).

**Условие (идеализированно, для треугольной модуляции):**

$$A_{\text{эфф}} \leq 2 \cdot I_{\text{ср}}$$

$$A_{\text{эфф}} \leq 2 \cdot (I_{\text{верх}} - I_{\text{ср}}), \quad I_{\text{верх}} = 3,1$$

То есть при приближении среднего тока к нулю или к верхней границе фактическая амплитуда дизера автоматически уменьшается.

#### Практический эффект:

- отсутствует срез модуляции у границ диапазона;
- средний ток сохраняется предсказуемым;
- обеспечивается стабильная работа дизера как на малых токах, так и вблизи максимального значения.

**Примечание.** При работе вблизи 0 А или 3,1 А фактическая амплитуда дизера может быть меньше заданной — это штатное и корректное поведение функции антиклиппинга.

## 9. Режимы токового регулятора

Режим определяет характер настройки токового контура (условно — «жесткость» и динамику реакции на изменение уставки) и влияет на скорость установления тока, перерегулирование и устойчивость при различных параметрах катушки и линии.

- **МЕДЛЕННЫЙ (SLOW)** — приоритет устойчивости и «мягкого» поведения. Рекомендуется для катушек с большой индуктивностью, при длинных проводах, в условиях повышенных помех, а также при склонности системы к колебаниям. Возможна более медленная реакция на быстрые изменения уставки и снижение динамики.
- **БЫСТРЫЙ (FAST)** — приоритет скорости установления тока и минимальной задержки. Рекомендуется при коротких временах нарастания и спада и необходимости максимально быстрой реакции. На катушках с низким отношением  $R/L$  и при резких переходах возможно перерегулирование и повышенная «нервозность» тока (особенно при большой амплитуде дизера).
- **СРЕДНИЙ (NORM)** — сбалансированный режим по умолчанию. Рекомендуется для большинства применений и как отправная точка при первичной настройке.

**Рекомендация по выбору.** Начните с режима **СРЕДНИЙ (NORM)**. При недостаточной динамике переходите на **БЫСТРЫЙ (FAST)**; при признаках неустойчивости или перерегулирования — используйте **МЕДЛЕННЫЙ (SLOW)** или увеличьте времена нарастания и спада.

## 10. Частота ШИМ силовой ступени

Частота ШИМ определяет, с какой частотой силовая ключ коммутрует напряжение на катушке для формирования заданного тока. От выбора частоты зависят акустический шум, нагрев силовой части и уровень пульсаций тока и электромагнитных помех.

**Доступные значения:** 2 / 4 / 8 / 16 кГц.

**Значение по умолчанию:** 16 кГц.

### 10.1 Влияние частоты ШИМ

- **Акустический шум.** Низкие частоты (2–8 кГц) могут попадать в слышимый диапазон и вызывать писк или гул катушки и механических элементов. Частота **16 кГц** обычно менее заметна на слух.
- **Нагрев силовой части.** С ростом частоты увеличиваются потери на переключениях силового ключа, поэтому при одинаковом токе более высокая частота может несколько повышать нагрев устройства.
- **Пульсации тока и помехи.** В некоторых конфигурациях (катушка с малой индуктивностью, короткие времена нарастания и спада, особенности проводки) выбор частоты ШИМ влияет на уровень пульсаций тока и электромагнитных помех.

### 10.2 Влияние на работу дизера

Дизер является низкочастотной модуляцией тока. Для корректного формирования дизера силовая ступень должна иметь достаточный запас по частоте ШИМ.

- При **высоких частотах дизера** (например **300 Гц**) рекомендуется использовать **16 кГц** — модуляция формируется более корректно и плавно.
- При **2 кГц** качество формирования дизера на высоких частотах может ухудшаться из-за меньшего числа ШИМ-периодов на период дизера, что проявляется в виде ступенчатости, пульсаций и снижения эффективности дизера.

**Практическое правило.** При использовании дизера **200...300 Гц** выбирайте частоту ШИМ **16 кГц** (или не менее **8 кГц** при необходимости).

### 10.3 Рекомендации по выбору

- **16 кГц** — рекомендованное значение для большинства применений (минимальная слышимость, лучший режим для высокочастотного дизера).
- **8 кГц** — компромисс по нагреву и шуму, если использование 16 кГц нежелательно по тепловому режиму.
- **2–4 кГц** — использовать при необходимости минимизировать переключательные потери, при условии, что акустический шум и возможные пульсации приемлемы; для дизера 200...300 Гц не рекомендуется.

**Практическое правило.** Если устройство и катушка работают устойчиво и акустический шум не мешает — оставьте **16 кГц**. При повышенном нагреве и отсутствии требований по «тишине» попробуйте **8 кГц**, затем **4 кГц**.

## 11. Индикация и защиты

## 11.1 Индикация событий

Устройство обеспечивает индикацию следующих событий и состояний:

- короткое замыкание выхода;
- низкое напряжение питания:  $< 11,5$  ;
- высокое напряжение питания:  $> 32,0$  ;
- обрыв катушки;
- превышение входного тока:  $> 21,5$  ;
- превышение входного напряжения:  $> 10,7$  .

## 11.2 Действие защит

Выход **отключается** только при:

- коротком замыкании выхода;
- превышении напряжения питания  $> 32,0$  .

При прочих предупреждениях выход продолжает работать.

Сброс индикации аварии осуществляется нажатием **нижней кнопки**.

## 12. UART: конфигурация и управление

### 12.1 Параметры линии

- 115200 бод, 8N1;
- гальваническая развязка отсутствует.

### 12.2 Формат кадра

Формат кадра (в байтах):

AA 55 | VER | TYPE | LEN (16 бит, LE) | PAYLOAD |  
CRC16 (16 бит, LE)

- PREAMBLE = 0xAA 0x55
- VER = 0x01
- TYPE = 0x10 (SET\_PARAMS)
- LEN — длина поля PAYLOAD в байтах (ожидается **56**)
- CRC16 — **CRC16-CCITT**, poly 0x1021, init 0xFFFF, вычисляется по байтам **VER..PAYLOAD** (без PREAMBLE и без CRC).

### 12.3 PAYLOAD (56 байт, little-endian)

Порядок полей (в порядке следования в payload):

- uint32 disp\_on (0..60000)
- uint32 inp\_sig\_sel
- int32 curr\_max ( $A \times 10000$ )
- int32 inp\_set\_volt\_max (mV)
- int32 curr\_min ( $A \times 10000$ )

- int32 inp\_set\_volt\_min (mV)
- int32 inp\_set\_curr\_max ( $mA \times 1000$ )
- int32 inp\_set\_curr\_min ( $mA \times 1000$ )
- int32 inp\_set\_pwm\_max (0..1000)
- int32 inp\_set\_pwm\_min (0..1000)
- uint32 ramp\_rise (ms)
- uint32 ramp\_fall (ms)
- uint8 brightness
- uint8 pid\_mode
- uint16 dither\_freq (Hz)
- int32 dither\_ampl ( $A \times 10000$ , пик-пик)

## 13. Меню и параметры

### 13.1 Вход в меню и навигация

Act:A	set	inp	set	inp	set	factr
1.50	curr	sig	ramp	sel	Dithr	OK
Set:A		U	rise	VOLT	Freq	PID
1.50	Max	Max	ms	dis	Hz	NORM
IN: U	3.000	10.00	0	on,s	70	
5.00	Min	Min	fall	0	Ampl	ver
Vin	0.000	0.00	ms	braht	mA	2.30
24.0			0	LOW	200	
OK	<b>NEXT</b>	<b>NEXT</b>	<b>NEXT</b>	<b>NEXT</b>	<b>NEXT</b>	<b>NEXT</b>
	SAVE	SAVE	SAVE	SAVE	SAVE	SAVE
MENU	QUIT	QUIT	QUIT	QUIT	QUIT	QUIT

Рис. 8: Карта экранов меню

- вход в меню: длительное нажатие **верхней** кнопки в течение 2–3 с → появляется надпись «MENU»; короткое нажатие верхней кнопки — вход в меню;
- перемещение по пунктам меню — **верхняя** кнопка;
- выбор пункта или вход в режим редактирования — **нижняя** кнопка;
- в режиме редактирования: верхняя кнопка — переход по разрядам или символам, нижняя кнопка — изменение значения;
- изменения вступают в силу **только после выбора пункта «SAVE»** на текущем экране.

## 13.2 Таблица параметров (меню / UART)

Таблица 2: Таблица параметров устройства (меню и UART)

Параметр	Ед.	Диапазон	Шаг	Заводское	Примечание
Источник задания	—	VOLT / CURR / PWM / UART	—	VOLT	
<b>Границы выходного тока</b>					
Максимальный ток	A	0,01...3,000	0,001	3,000	
Минимальный ток	A	0...2,990	0,001	0,000	смещение / подмагничивание
<b>Границы входов (масштабирование)</b>					
Напряжение: Vmin	B	0...9	0,01	0	нижняя граница
Напряжение: Vmax	B	1...10,5	0,01	10	верхняя граница
Ток: Imin	мА	0...18	0,01	4	нижняя граница
Ток: Imax	мА	1...20,5	0,01	20	верхняя граница
PWM: PWMmin	%	0...90	0,1	0	коэффициент заполнения (duty); в UART: 0...1000
PWM: PWMmax	%	10...100	0,1	100	коэффициент заполнения (duty); в UART: 0...1000
<b>Динамика</b>					
Время нарастания	мс	0...10000	1	0	
Время спада	мс	0...10000	1	0	
Частота Dither	Гц	10...300	1	70	
Амплитуда Dither	A (пик-пик)	0...0,4	0,001	0	0 = выключено
Частота ШИМ силовой ступени	кГц	2 / 4 / 8 / 16	—	16	
Режим ПИ регулятора	—	FAST / NORM / SLOW	—	NORM	
<b>Интерфейс</b>					
Яркость	—	LOW / MED / HIGH	—	LOW	
Время работы экрана	с	0...60000	1	0	0 = всегда включён
<b>Служебное</b>					
SAVE	—	—	—	—	применить настройки
Factory reset	—	—	—	—	сброс к заводским

## 14. ПК-интерфейс (утилита управления и профили)

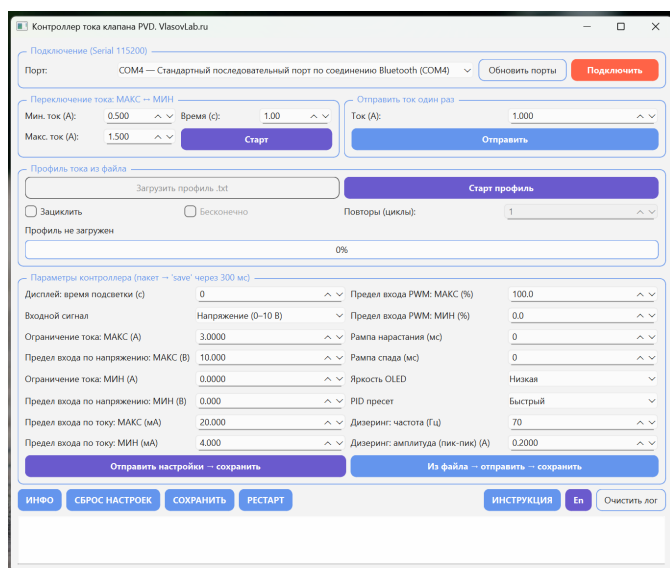


Рис. 9: Скриншот ПК-утилиты

Устройство поддерживает управление и настройку по UART с ПК:

- предоставляется исходный код на Python, а также исполняемый файл (.exe);
- формат протокола открыт (см. раздел 12), допускается разработка собственного программного обеспечения или управление с помощью внешнего микроконтроллера.

### Установка (кратко):

1. Подключите UART-адаптер (USB–UART, в комплект не входит) к ПК (распиновка приведена на рис. 1 «Схема подключения»).
2. Убедитесь, что в системе появился COM-порт.
3. Запустите утилиту (Python-скрипт или файл .exe).
4. Выберите COM-порт и скорость **115200**.

### Использование (критические моменты):

- при работе по UART учитывайте отсутствие гальванической развязки (общая земля устройства и ПК);
- при управлении током с ПК рекомендуется использовать дополнительное устройство гальванической развязки USB (например, на микросхеме ADUM3160; в комплект не входит);
- профили тока задаются в текстовом формате и исполняются устройством; расширенная справка и примеры профилей размещаются в интерфейсе утилиты и могут изменяться между версиями ПО.

## 15. Совместимость

### 15.1 Что означает «совместимость» для VL–PVD1–24

VL–PVD1–24 предназначен для управления **катушками пропорциональных электромагнитов** (пропорциональные клапаны и пропорциональные гидрораспределители) в **разомкнутом контуре**, то есть **без обратной связи по положению золотника**.

Номинальные параметры катушки и входных сигналов у разных производителей часто указываются как типовые или рекомендуемые. Небольшие расхождения по «номинальному напряжению катушки» или по формату сигнала **не означают**, что устройство не совместимо.

В большинстве случаев критично попадание в допустимые диапазоны **питания, достижимого тока и типа входного сигнала**, а точная подстройка выполняется настройками минимального и максимального выходного тока, а также границ входа.

Совместимость определяется следующими параметрами.

### 15.1 Питание катушки (согласованность по напряжению)

- Внутренний повышающий преобразователь (boost) **отсутствует**.
- Силовой выход — **низковольтный ключ по низкой стороне** (N-канальный MOSFET). Катушка подключается к **+U<sub>пит</sub>**, второй вывод — к выходу устройства.

**Что означает «катушка на 12 В» или «катушка на 24 В».** Обычно это обозначение режима, при котором катушка достигает своего номинального тока или мощности. На практике катушки нередко работают и при других напряжениях, при условии, что требуемый ток достижим и не превышаются тепловые ограничения катушки.

**Оценка достижимого тока в установившемся режиме (оценка сверху):**

$$I_{\text{дост}} \approx \frac{U_{\text{пит}} - U_{\text{потерь}}}{R_{\text{кат}}}$$

где:

- $U_{\text{пит}}$  — фактическое напряжение питания устройства, В;
- $R_{\text{кат}}$  — сопротивление катушки при 20°C, Ом;
- $U_{\text{потерь}}$  — суммарное падение напряжения на силовом тракте (ключ, измерение тока, проводники), В.

Для инженерной оценки допускается принимать  $U_{\text{потерь}}$  в диапазоне **0,5...1,0 В** (точное значение зависит от тока и проводки).

**Пример 1.** Катушка 8 Ом, питание 24 В:

$$I_{\text{дост}} \approx \frac{24 - 1}{8} \approx 2,9$$

Достигим ток, близкий к 3 А.

**Пример 2.** Катушка 18 Ом, питание 24 В:

$$I_{\text{дост}} \approx \frac{24 - 1}{18} \approx 1,28$$

Токи выше примерно 1,3 А физически недостижимы, даже если уставка больше.

**Примечание.** Индуктивность катушки влияет на динамику (время нарастания и спада), но **не увеличивает** установившийся ток при заданных  $U_{\text{пит}}$  и  $R_{\text{кат}}$ .

**Практический вывод:** катушка с «номиналом 12 В» часто **подходит** при питании 24 В, при условии, что установлен  $I_{\text{max}}$  по паспорту катушки и контролируется её нагрев.

### 15.1 Требуемый диапазон тока катушки

Диапазон выходного тока устройства: **0...3,0 А** (с настройками  $I_{\text{min}}$  и  $I_{\text{max}}$ ).

**Пример.** Если катушке требуется 1,6 А, это полностью укладывается в диапазон устройства — достаточно установить  $I_{\text{max}} = 1,6$ .

Даже если паспорт катушки указывает «1,6 А при 12 В», противоречия нет: управление осуществляется **по току**, а напряжение питания должно лишь обеспечивать достижение этого тока согласно приведённой оценке.

### 15.1 Тип управляющего сигнала и несовпадение диапазонов

Поддерживаемые источники задания:

- напряжение **0–10 В**;
- токовый вход (типично **4–20 мА**);
- **ШИМ** (1...20 кГц, уровни 8...15 В);
- **UART**.

**Важно.** Границы входного сигнала настраиваются ( $X_{\text{min}}/X_{\text{max}}$ ), что позволяет адаптироваться к сигналам, формально не совпадающим с классическим стандартом.

**Примеры:**

- источник выдаёт 0–20 мА, а стандарт — 4–20 мА: настраивается  $I_{\text{min,in}} = 0$ ,  $I_{\text{max,in}} = 20$ ;
- источник выдаёт 2–10 В вместо 0–10 В: настраивается  $V_{\text{min,in}} = 2$ ,  $V_{\text{max,in}} = 10$ ;
- требуется ограничить рабочий диапазон катушки (например 0,5...2,0 А): задаются  $I_{\text{min,out}}/I_{\text{max,out}}$ .

**Практический вывод.** Несовпадение форматов «4–20 мА» и «0–20 мА» или «0–10 В» и «2–8 В» обычно означает лишь необходимость корректной настройки границ, а не отсутствие совместимости.

**Ограничение.** Входной сигнал **–10...+10 В** не поддерживается.

## 15.2 Быстрый чеклист проверки совместимости

Перед подключением и настройкой рекомендуется последовательно проверить следующие пункты:

1. **Тип клапана:** пропорциональный клапан или распределитель **без обратной связи по положению** (без LVDT или датчика положения) и **без интегрированной электроники** (катушка управляется напрямую).
2. **Питание устройства:** соответствует паспорту и находится в диапазоне **12...30 В постоянного тока**.
3. **Требуемый ток катушки:** номинальный или максимальный ток катушки **не превышает 3,0 А** (значение будет установлено как  $I_{\text{max}}$ ).
4. **Источник задания и диапазон:**
  - напряжение **0–10 В**, или
  - токовый вход **4–20 мА** (допускается 0–20 мА при настройке  $I_{\text{min,in}}/I_{\text{max,in}}$ ), или
  - **ШИМ** с частотой 1...20 кГц и уровнями 8...15 В.

## 15.3 Примеры совместимых семейств клапанов (для первичной сверки)

Ниже приведены примеры семейств клапанов, которые часто встречаются на рынке. **Перечень не является исчерпывающим** и приведён исключительно для первичной ориентации.

### Внимание!

Многие гидрораспределители имеют **две катушки (A/B)**. VL–PVD1–24 является **одноканальным устройством**, поэтому для полноценного управления распределителем типа 4/3 обычно требуется **два устройства** или двухканальная версия **VL–PVD2–24**.

## 15.4 Пропорциональные гидрораспределители (directional)

Таблица 3: Примеры совместимых пропорциональных гидрораспределителей (open-loop, без интегрированной электроники)

Производитель	Пример семейства	Тип	Примечания по применению
Bosch Rexroth	<b>4WRA / 4WRAE (типовой ряд, Size 6)</b>	Пропорциональный распределитель прямого действия	Встречаются варианты с внешней электроникой и с интегрированной (OBE). Для VL-PVD1-24 целевой вариант – управление катушкой током (external electronics / off-board).
Parker	<b>D1FB (NG06 / CETOP 03)</b>	Пропорциональный распределитель	Выпускается как без электроники, так и с onboard electronics (OBE). Для применения с VL-PVD1-24 выбирайте исполнение <b>без интегр. электроники</b> .
Eaton (Vickers / Danfoss)	<b>KDG4V-3S / KTG4V-3S</b>	Пропорциональный распределитель / дроссель	Класс «non-feedback» (open-loop). Убедиться, что требуется внешний драйвер (катушка напрямую).
Eaton (Vickers)	<b>K(B)FDG4V / K(B)FTG4V</b>	Пропорциональные распределители (часто двухкаскадные)	Часто применяются в промышленной гидравлике. Сверять: требуется ли внешний драйвер или встроенная электроника.
HAWE	<b>POL / PRL / PIL (серии без displacement transducer)</b>	Пропорциональный распределитель	В документации различаются версии <b>без датчика перемещения</b> и с датчиком. Для VL-PVD1-24 целевой класс – версии <b>без датчика</b> (open-loop).
Wandfluh	<b>Proportional spool valve NG6 (ISO 4401-03)</b>	Пропорциональный распределитель	У Wandfluh широко встречаются исполнения с катушкой «напрямую» и варианты с интегр. электроникой. Для VL-PVD1-24 нужен вариант без интегр. электроники и без датчика.
Bucher Hydraulics	Пропорциональные распределители (исполнения без интегр. электроники)	Пропорциональный распределитель	Проверить по паспорту: «катушка напрямую» (off-board driver) либо «электроника на клапане».
<b>Atos</b>	<b>DHZO-A / DKZOR-A (без position transducer)</b>	Пропорциональный распределитель прямого действия	В документации описаны версии <b>без датчика положения</b> и варианты «A – to be coupled with off-board drivers». Это целевой класс для VL-PVD1-24.
<b>Diplomatic Motion Solutions</b>	<b>DSE3 / DSE3B (ISO 4401-03)</b>	Пропорциональный распределитель прямого действия	Производитель прямо указывает возможность управления «current-controlled power supply» (токовым источником).
<b>Yuken</b>	<b>EDFHG (E-Series)</b>	Пропорциональный распределитель / регулятор расхода (двухкаскадный)	Широко встречается в станочной и промышленной гидравлике. Требуется сверка электрических данных катушки/пилота и необходимости внешней электроники.
<b>Vickers by Danfoss</b>	<b>KDG4V-3S / KTG4V-3S (актуальные каталоги Danfoss)</b>	Пропорциональный распределитель / дроссель	При наличии «Vickers by Danfoss» используйте актуальные каталоги Danfoss как первичный источник данных.

## 15.5 Пропорциональные клапаны давления/расхода (single-solenoid - удобно для 1-канального драйвера)

Таблица 4: Примеры совместимых пропорциональных клапанов давления/расхода (single-solenoid, open-loop, без интегрированной электроники)

Производитель	Пример семейства	Тип	Примечания по применению
Atos	<b>RZMO-A</b>	Пропорциональный предохранительный (relief), прямого действия	В документации описаны версии «без интегр. драйвера» для работы с внешним усилителем / драйвером тока.
HAWE	<b>PMV / PMVS</b>	Пропорциональные клапаны регулирования / ограничения давления	Встречается в промышленной гидравлике. Для VL-PVD1-24 важны параметры катушки и требуемый диапазон тока.
Bosch Rexroth	Пропорциональные клапаны давления / расхода <b>без встроенной электроники</b>	Пропорциональные клапаны	Номенклатура обширна; критерии: (a) катушка без интегр. электроники, (b) ток $\leq 3$ А, (c) требуемая динамика.
Parker	Пропорциональные клапаны давления / расхода <b>без встроенной электроники</b>	Пропорциональные клапаны	Аналогично: сверка тока катушки и требований по dither / динамике.
Sun Hydraulics	<b>Electro-Proportional Cartridge Valves</b> (семейства RPE* / RBA* / ...)	Пропорциональные картриджи	Типовой класс для мобильной / строительной / коммунальной техники (картриджи в коллекторе). Проверить требуемый ток катушки и рекомендуемые настройки.
HydraForce	Электропропорциональные картриджи	Пропорциональные клапаны	Производитель выпускает и клапаны, и valve drivers; часто управление задаётся током катушки. Требуется сверка электрических данных.
Wandfluh / Bucher / др.	Пропорциональные клапаны давления / расхода без интегр. электроники	Пропорциональные клапаны	Как правило, это single-solenoid и хорошо подходит для 1-канального драйвера; требуется сверка тока и требований по динамике.
<b>Bucher Hydraulics</b>	<b>SDRPSA / SDRPSB</b> (ISO Size 03/05/07)	Пропорциональные редуцирующие (pressure-reducing)	В даташитах прямо указано: давление / уставка пропорциональны току соленоида (токовый контур).
<b>Bucher Hydraulics</b>	<b>DRVSA-7P...</b> (3-way pressure-reducing, ISO Size 05)	Пропорциональные 3-ходовые редуцирующие	Прямое указание на пропорциональность по току соленоида. Удобно для однокатушечных приложений.
<b>Vickers by Danfoss</b>	<b>KCG-3</b>	Пропорциональный предохранительный (pressure relief)	В документации описан класс open-loop, single-stage: типовой кандидат для внешнего токового драйвера при условии корректных электрических данных катушки.
<b>HydraForce</b>	<b>TS10-27</b>	Пропорциональный предохранительный (pilot operated, cartridge)	Указано, что регулируемое давление связано с входным током. Типовой клапан для мобильной / спецтехники.

## 15.6 Примеры усилителей / драйверов, для которых VL–PVD1–24 может выступать функциональной альтернативой

Упоминание ниже приведено для ориентира по классу устройств и не означает аффилированности, одобрения или гарантии 100% взаимозаменяемости.

VL–PVD1–24 может рассматриваться как альтернатива в системах, где применяются:

- **Bosch Rexroth VT–SSPA1...** (plug-in proportional amplifier) – усилители для пропорциональных клапанов без позиционного управления.
- **Bosch Rexroth VT–MSPA...** – усилители для пропорциональных клапанов (DIN-рейка / щитовое исполнение).
- **Parker PWDXXA–400** – цифровые усилители (DIN-рейка); типовой функционал: scaling, dither, время нарастания / спада.
- **HAWE EV1M... / EV1D** – усилители пропорциональных клапанов (семейство EV1M).
- **Diplomatic EDM–M** – цифровые усилители для пропорциональных клапанов в разомкнутом контуре (DIN-рейка; версия на 1 катушку).
- **Wandfluh P02** – пропорциональный усилитель с dither и временем нарастания / спада.
- **HydraForce EVDR1** (и аналоги) – драйверы пропорциональных клапанов с масштабированием по току.

### Внимание!

Критичные пункты, которые необходимо сверить при замене:

- попадает ли максимальный ток и напряжение в диапазон VL–PVD–24;
- требуется ли **двухканальное** управление (две катушки A/B);
- требуется ли **биполярный** вход ( $\pm 10$  В) – VL–PVD1–24 по умолчанию работает в диапазонах 0...10 В, 4...20 мА и 0...20 мА;
- требуются ли **специфические сигналы обратной связи** (например, LVDT) или выходы «ready/fault».

## 15.7 Что точно НЕ является целевым применением

- сервоклапаны и пропорциональные клапаны с обязательной обратной связью по положению (LVDT / индуктивный датчик / энкодер), если требуется специализи-

рованный сервоконтур на усилителе;

- клапаны с интегрированной электроникой, когда на клапан подаётся «команда», а не осуществляется управление катушкой напрямую;
- катушки с номинальным током выше 3 А (или требующие напряжения выше 30 В для достижения заданного тока).

## 15.8 Первичные документы (для сверки)

### 15.8 Bosch Rexroth

- 4WRA / 4WRAE – product page (Rexroth): <https://www.boschrexroth.com/media/eb1ae2bf-3107-4f1a-8222-064368b9eca6>

### 15.8 Parker

- D1FB – datasheet (PDF): <https://www.parker.com/content/dam/Parker-com/Literature/Hydraulic-Valve-Division/hydraulicvalve/Catalog-sections-for-websphere/Proportional-Directional-Control/Catalog-Static-Files/D1FB.pdf>
- D1FB – datasheet (PDF, EU/UK): <https://www.parker.com/content/dam/Parker-com/Literature/Industrial-Systems-Division-Europe/Catalogues/Industrial-Valves-UK/03/D1FB-UK.pdf>

### 15.8 Eaton / Vickers (в т.ч. «Vickers by Danfoss»)

- KDG4V-3S / KTG4V-3S – datasheet (PDF): [https://salushydraulics.pl/pdf/Eaton\\_Vickers\\_KDG4V-3S%20KTG4V-3S.pdf](https://salushydraulics.pl/pdf/Eaton_Vickers_KDG4V-3S%20KTG4V-3S.pdf)
- K(B)FDG4V-3 / K(B)FTG4V-3 – datasheet (PDF): [https://salushydraulics.pl/pdf/Eaton\\_Vickers\\_KFDG4V-3%20KFTG4V-3%20\\_BFDG4V-3%20\\_KBFTG4V-3.pdf](https://salushydraulics.pl/pdf/Eaton_Vickers_KFDG4V-3%20KFTG4V-3%20_BFDG4V-3%20_KBFTG4V-3.pdf)

### 15.8 HAWE

- POL / PRL / PIL (size 10) – datasheet (PDF): <https://productfinder.hawe.com/downloads/D6395-en.pdf>
- PRL / PIL (актуальный документ) – datasheet (PDF): <https://downloads.hawe.com/6/3/D6394-en.pdf>

### 15.8 Wandfluh

- Proportional spool valve NG6 (example datasheet) – PDF: [https://www.wandfluh.com/fileadmin/user\\_upload/Wandfluh/Products/Components/DataSheets/Englisch/1.10%20Proportional%20spool%20valves/1\\_10\\_77\\_e.pdf](https://www.wandfluh.com/fileadmin/user_upload/Wandfluh/Products/Components/DataSheets/Englisch/1.10%20Proportional%20spool%20valves/1_10_77_e.pdf)
- Proportional spool valve NG6 (example datasheet) – PDF: [https://www.wandfluh.com/fileadmin/user\\_upload/Wandfluh/Products/Components/DataSheets/Englisch/1.10%20Proportional%20spool%20valves/1\\_10\\_88\\_e.pdf](https://www.wandfluh.com/fileadmin/user_upload/Wandfluh/Products/Components/DataSheets/Englisch/1.10%20Proportional%20spool%20valves/1_10_88_e.pdf)

### 15.8 Atos

pdf

- DHZO-A / DKZOR-A (без position transducer) – datasheet (PDF): <https://www.atos.com/tables/english/FS160.pdf>
- RZMO-A – datasheet (PDF): <https://www.atos.com/tables/english/TF035.pdf>

### 15.8 Diplomatic Motion Solutions

- DSE3 – datasheet (PDF): [https://diplomaticmotionsolutions.com/docs/2025/83210-ed\\_125\\_b8facc0866.pdf](https://diplomaticmotionsolutions.com/docs/2025/83210-ed_125_b8facc0866.pdf)
- DSE3 – product page: <https://diplomaticmotionsolutions.com/en/dse3.html>

### 15.8 Yuken

- EDFHG (E-Series) – catalog (PDF): [https://www.yuken.co.jp/upload/tenant\\_1/15%20Cat.H-Edit2E\\_EDFHG.pdf](https://www.yuken.co.jp/upload/tenant_1/15%20Cat.H-Edit2E_EDFHG.pdf)
- Directional & Flow Control Valves (includes EDFHG references) – catalog (PDF): [https://yuken-usa.com/wp-content/uploads/2014/09/Directional\\_and\\_Flow\\_Control\\_Valves.pdf](https://yuken-usa.com/wp-content/uploads/2014/09/Directional_and_Flow_Control_Valves.pdf)

### 15.8 Bucher Hydraulics

- SDRPSB-5... (ISO Size 03) – datasheet (PDF): <https://www.bucherhydraulics.com/ff/400-P-593451-en.pdf>
- SDRPSA-5... (ISO Size 05) – datasheet (PDF): <https://www.bucherhydraulics.com/ff/400-P-593501-en.pdf>
- SDRPSA-5... (ISO Size 07) – datasheet (PDF): <https://www.bucherhydraulics.com/ff/400-P-593551-en.pdf>
- DRVSA-7P... (3-way pressure-reducing) – datasheet (PDF): <https://www.bucherhydraulics.com/ff/400-P-596101-en.pdf>

### 15.8 Sun Hydraulics

- Electro-Proportional Cartridge Valves – overview (PDF): [https://www.sunhydraulics.com/sites/default/files/media\\_library/tech\\_resources/TT\\_US\\_Electro-Prop-N\\_0.pdf](https://www.sunhydraulics.com/sites/default/files/media_library/tech_resources/TT_US_Electro-Prop-N_0.pdf)
- Electro-Proportional Cartridges – каталог (PDF): <https://8758033.fs1.hubspotusercontent-na1.net/hubfs/8758033/CFC/Mfg%20collateral/Sun%20Hydraulics/Electro-Proportional%20Cartridges.pdf>

### 15.8 HydraForce

- TS10-27 – product page: <https://www.hydraforce.com/products/cartridge-valves/electro-proportional-valves/ts10-27/>
- EVDR-0101A – product page (valve driver): <https://www.hydraforce.com/products/electronic-vehicle-controls/valve-drivers/evdr-0101a/>

### 15.8 Danfoss (Vickers by Danfoss)

- KCG-3 – datasheet (PDF): <https://assets.danfoss.com/documents/latest/418270/BC451879228794en-000201>

## 16. Габаритные и установочные размеры

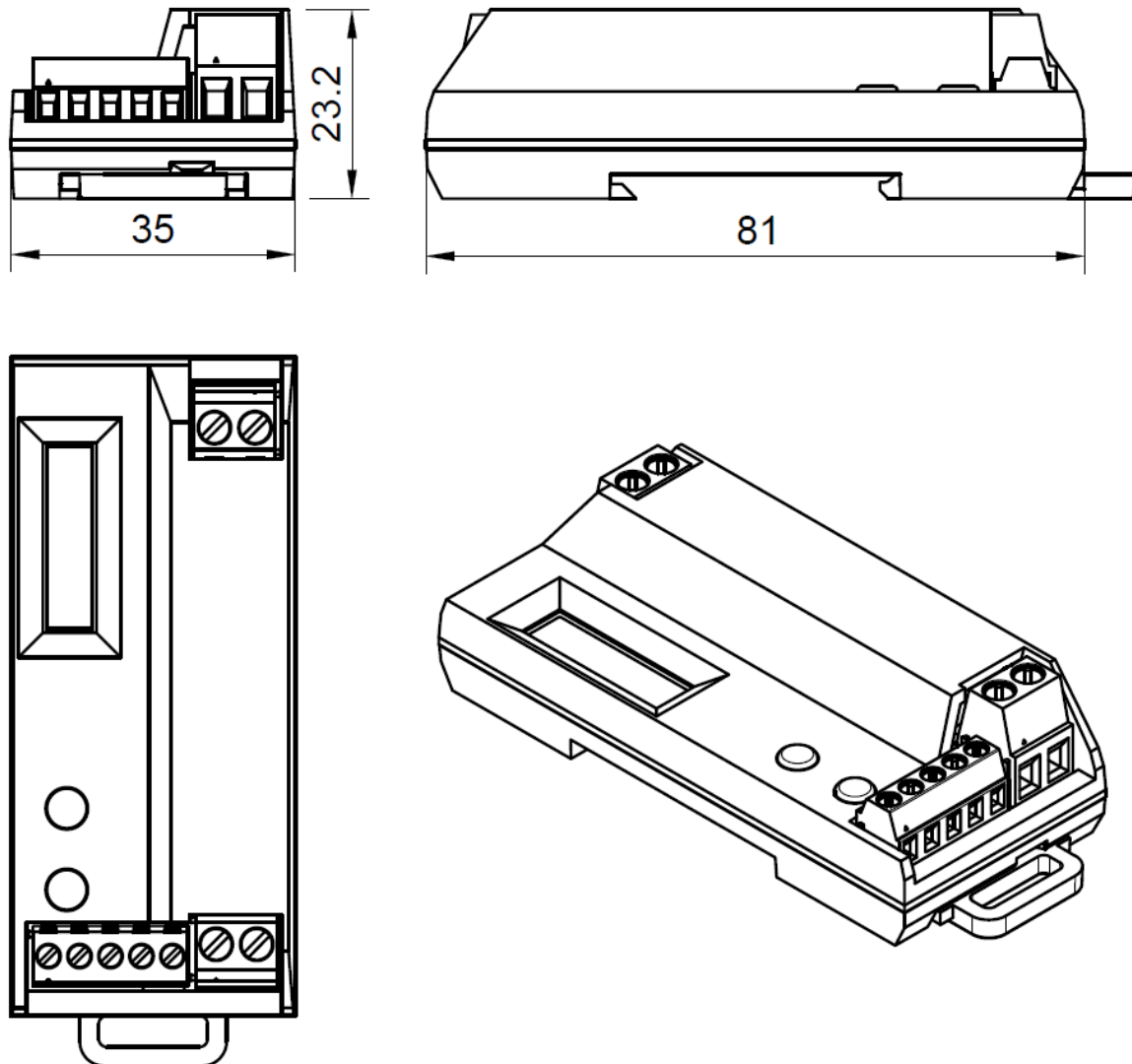


Рис. 10: Габаритный чертёж устройства.

## 17. Благодарим вас за выбор продукции VlasovLab

Мы стремимся делать устройства, которые удобно внедрять в реальные системы и на которые можно опираться в эксплуатации. Если у вас возникли вопросы по подбору, подключению или настройке **VL-PVD1-24**, пожалуйста, обратитесь в техническую поддержку – мы поможем определить совместимость с вашей катушкой / клапаном.

Сайт: [vlasovlab.ru](http://vlasovlab.ru)

E-mail: [info@vlasovlab.ru](mailto:info@vlasovlab.ru)

Желаем успешного запуска и стабильной работы вашей гидросистемы!