

# **PSL-2402**

---

## **Лабораторный источник питания**

---

### ***руководство пользователя***

# 1. Описание устройства

## 1.1. Технические характеристики

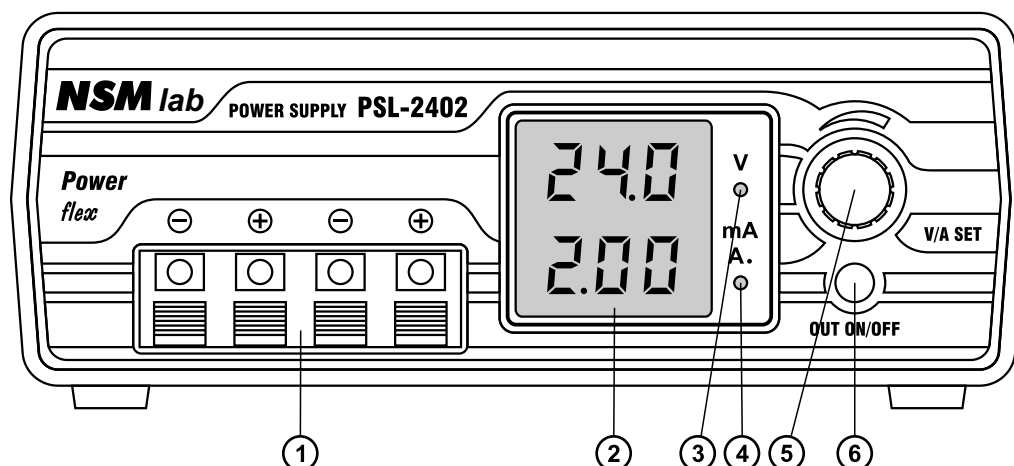
• выходное напряжение:	0...24 В
• выходной ток:	0...2 А
• максимальная выходная мощность:	50 Вт
• шаг установки напряжения:	10 мВ (<10 В), 100 мВ (>10 В)
• шаг установки тока:	1 мА (<1 А), 10 мА (>1 А)
• режимы стабилизации:	напряжение (CV), ток (CC)
• погрешность установки и измерения напряжения:	0.02% + 10 мВ
• погрешность установки и измерения тока:	0.02% + 1 мА
• нестабильность при колебаниях сети:	<0.05%
• нестабильность при изменении тока нагрузки:	<0.05%
• шум и пульсации, rms:	<1 мВ (CV), <0.5 мА (CC)
• время восстановления при скачке тока нагрузки:	<100 мкс
• температурная нестабильность:	<100 ppm/°C
• долговременная нестабильность:	<0.05%
• тип интерфейса:	USB (изолированный)
• питание:	сеть 220 В ±10%, 50 Гц
• потребляемая мощность:	<75 Вт
• габариты:	160 x 140 x 60 мм
• вес:	1.2 кг

## 1.2. Назначение устройства

Лабораторный источник питания (блок питания, БП) PSL-2402 представляет собой стабилизированный источник питания с регулируемым выходным напряжением и регулируемым ограничением выходного тока. Источник подходит для питания радиоэлектронной аппаратуры в процессе разработки, при лабораторных исследованиях, или в составе различного оборудования. Управление по интерфейсу USB позволяет встраивать источник в автоматизированные измерительные системы или системы управления. Источник питания полностью линейный, что обеспечивает низкий уровень помех и пульсаций выходного напряжения, а также хорошие динамические характеристики. Источник имеет высокий коэффициент стабилизации выходного напряжения и высокую температурную стабильность, что позволяет использовать его при проведении прецизионных измерений. Благодаря малой емкости выходного конденсатора (0.47 мкФ), источник обеспечивает намного меньшие выбросы выходного тока, чем имеют многие лабораторные БП. Для уменьшения рассеиваемой мощности применен выходной каскад с многоуровневым питанием. Это позволяет во многих случаях обойтись пассивным охлаждением, что обеспечивает полную бесшумность работы. Малые габариты и вес источника позволяют использовать его не только в стационарных условиях, но и в составе переносного оборудования.

### 1.3. Конструкция устройства

Источник питания собран в пластмассовом корпусе. На передней панели расположены выходные клеммы и органы управления и индикации (рис. 1). На задней панели расположен сетевой выключатель, сетевой шнур и разъем порта USB.



**Рис. 1. Передняя панель источника.**

- |  |  |
|--|--|
| 1 – выходные клеммы;                               | 4 – светодиод режима стабилизации тока (CC); |
| 2 – дисплей;                                       | 5 – ручка энкодера;                          |
| 3 – светодиод режима стабилизации напряжения (CV); | 6 – кнопка включения/выключения выхода;      |

### 1.4. Подключение устройства

Для подключения нагрузки служат пружинные клеммы 1 (рис. 1), расположенные на передней панели источника. Имеются две пары клемм, которые соединены попарно параллельно. При необходимости можно заземлить любую клемму источника.

Подключение источника к питающей сети 220 В производится с помощью сетевого шнура, который расположен на задней панели. Шнур имеет двухполюсную вилку, подключение заземление через сетевой шнур не предусмотрено. Сетевой предохранитель расположен внутри корпуса прибора.

Для управления источником питания от компьютера или снятия графиков напряжения и тока предусмотрено его подключения через интерфейс USB. Разъем mini-USB расположен на задней панели. Интерфейс гальванически изолирован.

## 2. Режимы работы

### 2.1. Стабилизация напряжения и тока

Источник питания может находиться в двух режимах: стабилизация напряжения (Constant Voltage, CV) и стабилизация тока (Constant Current, CC). Для индикации текущего режима работы служат светодиоды 3 и 4 (рис. 1). Для индикации выходного напряжения и тока источник имеет светодиодный дисплей 2 (рис. 1). Верхние цифры зеленого цвета индицируют значение напряжения, нижние цифры красного цвета – значение тока. Режим работы источника зависит от установленных значений напряжения и тока, а также от сопротивления нагрузки. Когда ток нагрузки не превышает заданное значение ограничения тока, источник работает в режиме стабилизации напряжения. При этом горит светодиод CV. Если ток нагрузки превышает заданное значение ограничения тока, источник переходит в режим стабилизации тока. В этом режиме горит светодиод CC. При переходе из режима CV в режим CC генерируется звуковой сигнал низкого тона, при обратном переходе – высокого тона.

### 2.2. Схема Down Programmer

При перестройке выходного напряжения вниз для ускорения разряда фильтрующих емкостей, которые могут содержаться в питаемой схеме, используется специальная схема Down Programmer (DP). Если установленное напряжение оказывается ниже текущего выходного напряжения, эта схема включается, в результате источник начинает потреблять от нагрузки постоянный ток величиной примерно 300 мА. Этот ток будет разряжать фильтрующие емкости. Как только выходное напряжение достигнет установленного значения, схема DP отключится, а источник перейдет в режим стабилизации напряжения. Благодаря схеме DP даже при наличии в нагрузке больших фильтрующих емкостей обеспечивается быстрая перестройка выходного напряжения. Из меню может быть включен режим работы источника, когда при выключении выхода схема Down Programmer остается включенной. Такой режим может быть полезен в тех случаях, когда требуется быстрое включение/выключение выходного напряжения кнопкой OUT ON/OFF при наличии в нагрузке фильтрующих емкостей. В обычном режиме работы при таких условиях выходная цепь источника разрывается, при этом фильтрующие емкости могут долго разряжаться, что не всегда допустимо. При выключении выхода с включенным Down Programmer при наличии втекающего выходного тока более 5 мА индицируются символы «dnP».

### 2.3. Схема супервизора

Для исключения выбросов напряжения на выходе БП в момент включения и выключения источника, а также в случае падения сетевого напряжения, БП имеет специальную схему супервизора. Она производит контроль вспомогательных питающих напряжений и в случае их падения ниже установленного порога отключает выход БП. При этом DP тоже отключается. Дополнительно производится контроль переменного сетевого напряжения. Если в течение 50 мс не обнаруживается очередной полупериод сетевого напряжения, такая ситуация расценивается как сбой питания, выход БП отключается.

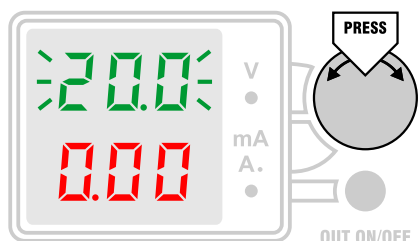
### 3. Функции управления

#### 3.1. Включение источника

При включении источника питания в сеть из энергонезависимой памяти (EEPROM) считываются сохраненные значения тока и напряжения, которые выводятся на дисплей. Выход источника при этом остается выключенным, включить его можно вручную с помощью кнопки OUT ON/OFF. Как вариант, в меню можно выбрать режим восстановления состояния выхода (Out On). Тогда при включении источника будет восстанавливаться то состояние выхода, которое было перед выключением источника.

#### 3.2. Установка выходного напряжения

Для установки выходного напряжения необходимо нажать ручку энкодера. На дисплее начнет мигать значение установленного напряжения. Вращением ручки энкодера это значение можно менять. При напряжении ниже 10 В шаг перестройки составляет 0.01 В, при напряжении выше 10 В шаг составляет 0.1 В. При быстром вращении ручки энкодера шаг автоматически увеличивается в 10 раз. Чтобы выйти из режима установки выходного напряжения, нужно нажать ручку энкодера еще раз, при этом значение напряжения на дисплее перестает мигать. Если регулировка не производится дольше 5 сек., то происходит автоматический выход из режима установки напряжения.

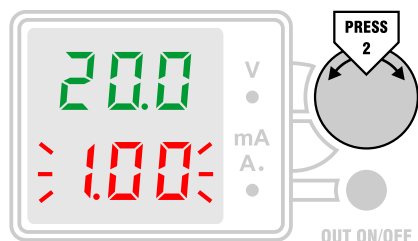


Для быстрого входа в режим установки напряжения в меню можно включить режим Output Track (trc On). Тогда вход будет производиться простым поворотом ручки энкодера.

Иногда требуется не плавно менять выходное напряжение, а скачком. Для этого в меню следует включить режим Confirm (Con On). Тогда после регулировки потребуется подтверждение нового значения нажатием ручки энкодера, во время регулировки выходное напряжение меняться не будет.

#### 3.3. Установка тока ограничения

Для установки тока ограничения необходимо дважды нажать ручку энкодера. На дисплее начнет мигать установленное значение тока. Вращением ручки энкодера это значение можно менять. При токе меньше 1 А шаг перестройки составляет 0.001 А (ток индицируется в мА), при токе больше 1 А шаг составляет 0.01 А (ток индицируется в А с запятой после первого разряда). При быстром вращении ручки энкодера шаг автоматически увеличивается в 10 раз. Если во время регулировки источник находится в режиме СС и в меню не включен режим Confirm, то выходной ток источника меняется во время регулировки. С включенным режимом Confirm ток меняется только при нажатии ручки энкодера в конце регулировки. Чтобы выйти из режима установки тока ограничения,

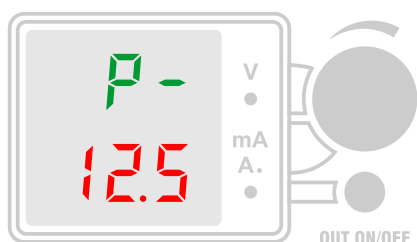


нужно нажать ручку энкодера еще раз, при этом значение тока ограничения на дисплее мигать перестает. Если регулировка не производится дольше 5 сек., то происходит автоматический выход из режима установки тока.

Посмотреть установленное значение тока ограничения можно в любое время, для этого достаточно дважды нажать ручку энкодера. На дисплей будет выведено установленное значение, которое будет мигать. Перейти к индикации измеренного тока нагрузки можно еще одним нажатием ручки энкодера.

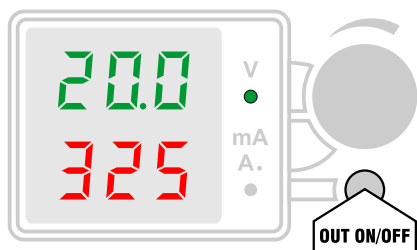
### 3.4. Индикация выходной мощности

Источник имеет возможность индикации выходной мощности. Для включения этого режима в меню настроек нужно установить «Р-Оп», тогда в верхней строке дисплея выводится надпись «Р-», а в нижней строке – значение выходной мощности. Светодиоды CV и CC при этом продолжают индицировать текущий режим работы источника. Во время регулировки тока ограничения индикация мощности временно осуществляется в верхней строке дисплея. Вычисление мощности производится путем перемножения измеренных значений тока и напряжения. Если в меню выбран режим измерения средних значений, то будет показана средняя мощность. Если выбран пиковый режим, то и значение мощности будет вычисляться пиковое. Дискретность отображения мощности – 0.01 Вт. При мощности выше 9.99 Вт запятая сдвигается, дискретность отображения становится равной 0.1 Вт. Выйти из режима индикации выходной мощности можно выключением этого режима из меню.



### 3.5. Включение/выключение выхода

Включение и выключение выхода источника осуществляется кнопкой OUT ON/OFF. Когда выход включен, горит один из светодиодов CV или CC. При выключении выхода светодиоды CV и CC гаснут. При отключенном выходе на дисплее индицируется установленное напряжение и нулевой ток. Как вариант, в меню может быть включен режим предпросмотра установленного тока ограничения (Prc On). Тогда при выключенном выходе на дисплее будет индицироваться установленный ток ограничения. Если в меню выбрать постоянную индикацию измеренных значений (Get On), то даже при выключенном выходе будет индицироваться измеренное напряжение и ток. Такой режим может быть полезен при использовании источника в качестве вольтметра.



Когда выход включен, в режиме CV отображается установленное значение напряжения и измеренное значение тока. В режиме CC – измеренное значение напряжения и установленное значение тока. Такой режим отображения может быть отключен из меню. Для этого нужно выбрать отключение индикации установленных значений (Set OFF). В этом случае всегда будут индицироваться измеренные значения.

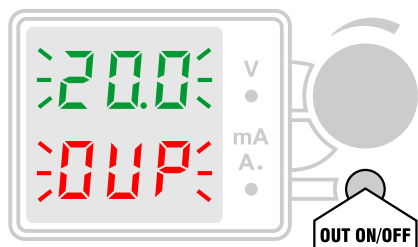
Несмотря на распространенность такого варианта индикации в лабораторных БП, нет смысла отображать измеренное напряжение при работе источника в режиме CV, так как схема гарантирует его соответствие установленному значению. Расхождения могут быть только в результате погрешностей калибровки или собственных шумов измерителя, что не несет полезной информации, а лишь затрудняет считывание показаний. То же самое относится и к индикации тока. Поэтому рекомендуется всегда использовать режим индикации установленных значений (Set On).

Когда в меню схема Down Programmer (DP) отключена (dnP OFF), то при отключении выхода все выходные транзисторы источника питания закрываются. Если нагрузка содержит источники напряжения, БП будет потреблять от нее небольшой ток. Значение этого тока определяется приложенным к выходу напряжением и выходным сопротивлением источника в режиме отключенного выхода, которое составляет около 10 кОм. Этот ток нужно учитывать при использовании источника в качестве зарядного устройства для аккумуляторов: при отключении сети будет течь некоторый ток разрядки. Источник допускает только прямую полярность напряжения на выходе (но не более 33 В), от обратной полярности он защищен встроенным шунтирующим диодом.

Когда схема Down Programmer включена (dnP On), то при отключении выхода эта схема продолжает работать. Если нагрузка содержит источники напряжения, от нее будет потребляться постоянный ток величиной примерно 300 мА. В этом режиме при отключенном выходе и наличии втекающего выходного тока более 5 мА индицируются символы «dnP». Нужно учесть, что данный режим не подходит для зарядки аккумуляторов, так как при выключении выхода аккумулятор начнет разряжаться. Если требуется намеренная разрядка аккумулятора, то нужно использовать обычный режим работы источника, установив выходное напряжение, равное конечному напряжению разрядки. При достижении этого напряжения DP выключится, что защитит аккумулятор от глубокой разрядки.

### 3.6. Защита от превышения напряжения (OVP)

Источник питания имеет защиту от превышения напряжения (OVP) с регулируемым порогом. Установка порога OVP производится из меню настроек. Если установить значение



порога, равное максимальному напряжению БП, то защита OVP отключается. Когда выходное напряжение источника достигает порога срабатывания защиты, выход источника отключается, а на дисплей выводится мигающее сообщение о срабатывании защиты. Сброс защиты выполняется нажатием кнопки OUT ON/OFF. При нажатии ручки энкодера осуществляется быстрый вход в редактирование порога защиты. Для завершения

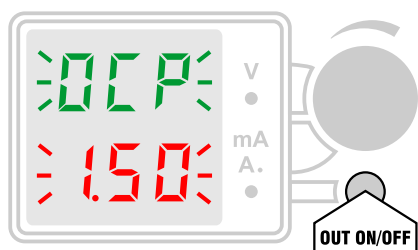
редактирования нужно нажать кнопку энкодера еще раз. Повторное включение выхода можно сделать только вручную, нажав кнопку OUT ON/OFF. Защита от превышения напряжения реализована программно, минимальное время реакции составляет примерно 1 мс. Из меню (dEL xxx) можно установить дополнительную задержку срабатывания OVP в пределах 0...999 мс. Отсчет задержки начинается с момента регистрации превышения порога защиты. Поскольку анализируется пиковое значение измеренного напряжения, то



при наличии выбросов защита может сработать раньше, чем измеренное среднее значение напряжения достигнет установленного порога. Защита OVP также срабатывает при попадании на выходные клеммы источника внешнего напряжения выше установленного порога и при неисправности схемы самого источника. Допускается установка порога OVP ниже установленного выходного напряжения. Это может быть использовано при работе источника в режиме стабилизации тока. Если сопротивление нагрузки увеличится, напряжение возрастет, и если оно достигнет порога OVP, выход источника отключится.

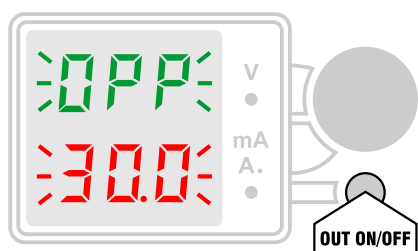
### 3.7. Защита от превышения тока (OCP)

Источник питания имеет защиту от превышения тока (OCP) с регулируемым порогом. Установка порога OCP производится из меню настроек. Если установить значение порога, равное максимальному выходному току БП, то защита OCP отключается. Когда выходной ток источника достигает порога срабатывания защиты, выход источника отключается, а на дисплей выводится мигающее сообщение о срабатывании защиты. Сброс защиты выполняется нажатием кнопки OUT ON/OFF. При нажатии ручки энкодера осуществляется быстрый вход в редактирование порога защиты. Для завершения редактирования нужно нажать кнопку энкодера еще раз. Повторное включение выхода можно сделать только вручную, нажав кнопку OUT ON/OFF. Защита от превышения тока реализована программно, время реакции составляет примерно 1 мс. Чтобы начальные броски тока нагрузки, связанные с зарядкой емкостей, не вызывали срабатывания токовой защиты OCP, предусмотрена программируемая задержка. Величину задержки OCP можно установить из меню (dEL xxx) в пределах 0...999 мс. Отсчет задержки начинается с момента регистрации превышения порога защиты. Поскольку анализируется пиковое значение измеренного тока, при наличии выбросов защита может сработать раньше, чем измеренное среднее значение тока достигнет установленного порога. Допускается установка порога OCP ниже установленного порога ограничения тока. Это может быть использовано для отключения выхода источника при перегрузке вместо перехода в режим стабилизации тока.



### 3.8. Защита от превышения мощности (OPP)

Источник питания имеет защиту от превышения мощности (OPP) с регулируемым порогом. Установка порога OPP производится из меню настроек. Если установить значение порога, равное максимальной выходной мощности БП, то защита OPP отключается. Когда выходная мощность источника достигает порога срабатывания защиты, выход источника отключается, а на дисплей выводится мигающее сообщение о срабатывании защиты. Сброс защиты выполняется при нажатии кнопки OUT ON/OFF. При нажатии ручки энкодера осуществляется быстрый вход в редактирование порога защиты. Для завершения редактирования нужно нажать кнопку энкодера еще раз. Повторное включение выхода



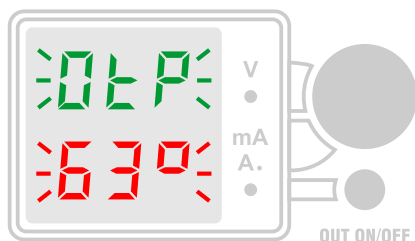


можно сделать только вручную, нажав кнопку OUT ON/OFF. Защита от превышения мощности реализована программно, время реакции составляет примерно 1 мс. Из меню (dEL xxx) можно установить дополнительную задержку срабатывания OPP в пределах 0...999 мс. Отсчет задержки начинается с момента регистрации превышения порога защиты. Поскольку анализируется пиковое значение измеренной мощности, при наличии выбросов защита может сработать раньше, чем измеренное среднее значение мощности достигнет установленного порога.

Защита от превышения мощности OPP служит не только для защиты нагрузки, но и самого источника. Поэтому порог OPP должен устанавливаться не выше того значения, которое источник способен отдавать в нагрузку без превышения предельных режимов работы его компонентов, в частности, сетевого трансформатора.

### 3.9. Защита от превышения температуры (ОТР)

Источник питания имеет защиту от перегрева радиатора выходного каскада. Для этого на радиаторе установлен датчик температуры, показания которого можно посмотреть в меню. Там же устанавливается температурный порог для включения вентилятора и порог аварийной сигнализации и защиты. Для вентилятора предусмотрено пропорциональное управление скоростью вращения, чтобы минимизировать создаваемый им шум. Когда температура радиатора низкая, вентилятор выключен. При повышении температуры вентилятор стартует, затем переходит на малую скорость вращения. При дальнейшем повышении температуры скорость вращения увеличивается. Если температура радиатора приближается к установленному порогу ОТР на 3°C, включается звуковая сигнализация перегрева в виде прерывистого звукового сигнала, а вентилятор переходит на максимальную скорость. Звуковой сигнал генерируется только при включенном выходе БП. В случае появления звукового сигнала пользователь должен принять меры: выключить БП или уменьшить ток нагрузки. Если температура продолжает расти и достигает порога ОТР, выход БП автоматически выключается, а на дисплей выводится мигающее сообщение о срабатывании температурной защиты. Вентилятор при этом останется включенным. В нижней строчке дисплея будет выводиться текущая температура радиатора, что позволяет следить за процессом остывания. В таком режиме функции управления источником заблокированы, можно только войти в режим редактирования порога ОТР нажатием ручки энкодера. Это может понадобиться, например, для изменения ошибочно установленного (слишком низкого) температурного порога. Когда температура опустится ниже порога ОТР на 3°C, сообщение об аварии исчезнет. После этого станет возможным повторное включение выхода БП кнопкой OUT ON/OFF.



Если обнаруживается неисправность встроенного термометра, то вентилятор все время работает на максимальной скорости.

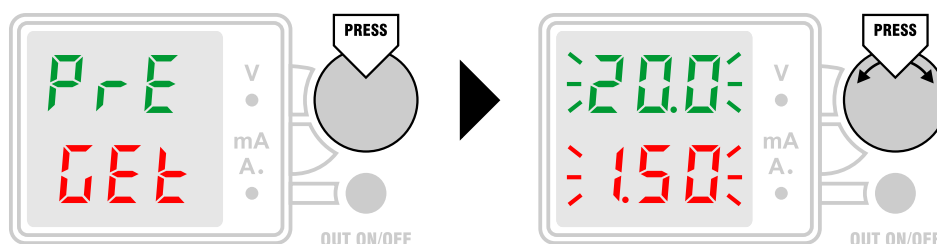
## 4. Меню настроек

### 4.1. Вход в меню

Источник питания имеет меню настроек, которое позволяет включать те или иные опции, а также менять значения параметров. Вход в меню настроек осуществляется длинным нажатием ручки энкодера (нажатие и удержание до звукового сигнала). При этом в верхней строчке дисплея появляется сокращенное название параметра, а в нижней строчке – его значение. Параметры можно пролистывать вращением ручки энкодера. Для редактирования параметра нужно нажать ручку энкодера, значение параметра начнет мигать. Поворотом ручки энкодера значение редактируется. Закончить редактирование можно еще одним нажатием ручки энкодера, при этом новое значение сохраняется в энергонезависимой памяти. Если закончить редактирование длинным нажатием ручки энкодера, то произойдет сохранение нового значения и возврат в основное меню. Для выхода в основное меню также можно выбрать пункт «ESC YES» и нажать ручку энкодера. Если в меню настроек не производится никаких действий в течение 10 сек., то происходит автоматический выход в основное меню без сохранения нового значения параметра.

### 4.2. Чтение предустановок

Источник имеет возможность сохранения до 10 предустановок тока и напряжения. Для считывания предустановки необходимо выбрать пункт меню «PrE Get» и нажать ручку энкодера. При этом на дисплее появятся мигающие значения тока и напряжения первой предустановки. Вращением энкодера можно выбрать нужную предустановку из 10 имеющихся. Чтобы применить выбранную предустановку, нужно нажать ручку энкодера еще раз. Считанные из предустановки значения тока и напряжения будут загружены, а выход БП отключится. Включить его можно вручную с помощью кнопки OUT ON/OFF.

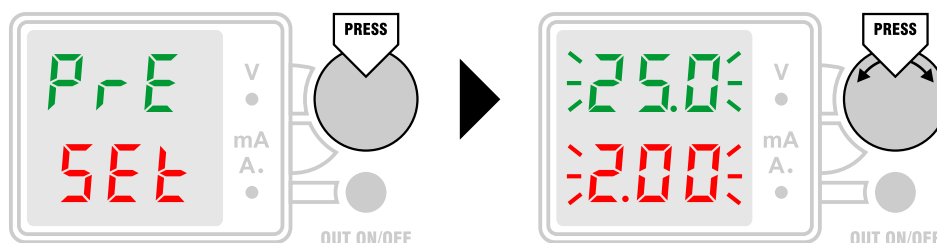


Если нужно отказаться от чтения предустановок, то следует выбрать пункт «ESC YES», который следует за последней предустановкой. Нажатие ручки энкодера на этом пункте вызывает выход из меню настроек. Также можно в течение 10 сек. не производить никаких действий, в результате произойдет автоматический выход из меню настроек без чтения предустановки.

### 4.3. Сохранение предустановок

Текущее значение установленного выходного напряжения и тока ограничения можно сохранить в виде одной из 10 предустановок. Для этого нужно выбрать пункт меню «PrE SEt» и нажать ручку энкодера. На дисплее появятся мигающие значения тока и

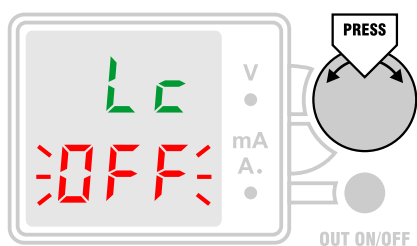
напряжения, считанные из первой предустановки. Вращением энкодера можно выбрать желаемую предустановку из 10 имеющихся. Чтобы перезаписать выбранную предустановку текущими значениями напряжения и тока, нужно нажать ручку энкодера. Одновременно произойдет выход из меню настроек.



Если нужно отказаться от сохранения предустановки, то следует выбрать пункт «ESC YES», который идет за последней предустановкой. Нажатие ручки энкодера на этом пункте вызывает выход из меню настроек. Также можно в течение 10 сек. не производить никаких действий, в результате произойдет автоматический выход из меню настроек без сохранения предустановки.

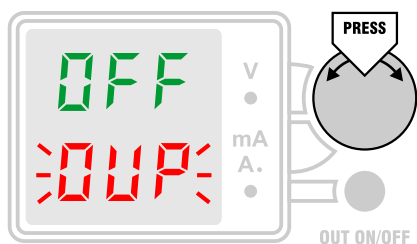
#### 4.4. Блокировка энкодера

Чтобы защитить установленные параметры БП от несанкционированного изменения, предусмотрена возможность блокировки энкодера. Для включения блокировки нужно установить «Lc On». В режиме блокировки поворот ручки энкодера никаких действий не производит. По короткому нажатию ручки энкодера на дисплей выводится сообщение о блокировке «Lc On». Управление источником через интерфейс при включенной блокировке продолжает работать. Блокировка не распространяется на кнопку выключения выхода OUT ON/OFF. Для отключения блокировки нужно нажать ручку энкодера и удерживать ее до звукового сигнала. Затем поворотом ручки энкодера нужно установить «Lc OFF», что выключит блокировку.



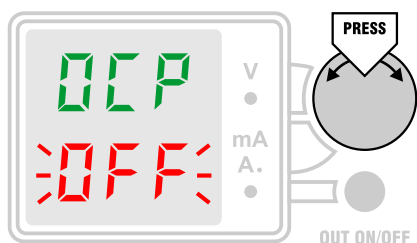
#### 4.5. Установка порога OVP

Порог защиты от превышения напряжения отображается как «x.xx OVP», где x.xx – порог срабатывания защиты в вольтах. Если установить значение порога, равное максимальному напряжению БП, то защита OVP отключается, а вместо значения порога индицируется «OFF». Вращением ручки энкодера значение порога можно менять. При напряжении ниже 10 В шаг перестройки составляет 0.01 В, при напряжении выше 10 В шаг составляет 0.1 В. При быстром вращении ручки энкодера шаг автоматически увеличивается в 10 раз. Новое значение порога применяется сразу в процессе регулировки. Поэтому если выход БП включен, то во время регулировки возможно срабатывание защиты, если возникнут соответствующие условия.



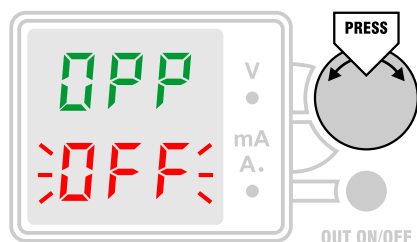
#### 4.6. Установка порога ОСР

Порог защиты от превышения тока отображается как «ОСР х.хх», где х.хх – порог срабатывания защиты в амперах. Если установить значение порога, равное максимальному выходному току БП, то защита ОСР отключается, а вместо значения порога индицируется «OFF». Вращением ручки энкодера значение порога можно менять. При токе меньше 1 А шаг перестройки составляет 0.001 А, при токе больше 1 А шаг составляет 0.01 А. При быстром вращении ручки энкодера шаг автоматически увеличивается в 10 раз. Новое значение порога применяется сразу в процессе регулировки. Поэтому если выход БП включен, то во время регулировки возможно срабатывание защиты, если возникнут соответствующие условия.



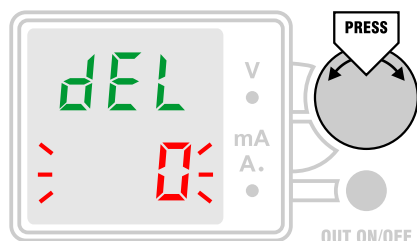
#### 4.7. Установка порога ОРР

Порог защиты от превышения мощности отображается как «ОРР хх.х», где хх.х – порог срабатывания защиты в ваттах. Если установить значение порога, равное максимальной выходной мощности БП, то защита ОРР отключается, а вместо значения порога индицируется «OFF». Вращением ручки энкодера значение порога можно менять с шагом 0.1 Вт. При быстром вращении ручки энкодера шаг автоматически увеличивается до 1 Вт. Новое значение порога применяется сразу в процессе регулировки. Поэтому если выход БП включен, то во время регулировки возможно срабатывание защиты, если возникнут соответствующие условия.



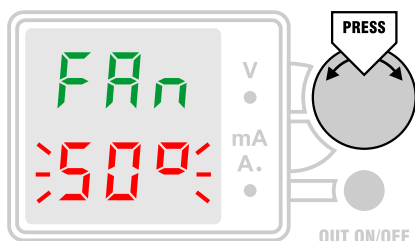
#### 4.8. Установка задержки OVP/ОСР/ОРР

Задержка срабатывания защиты используется для трех видов защиты: OVP, ОСР и ОРР. Величина задержки – общая для всех видов защиты. Установить величину задержки можно в меню «dEL xxx», где xxx – длительность задержки в миллисекундах. Длительность может лежать в диапазоне от 0 до 999 мс. Задержка отсчитывается от момента превышения порога защиты. Поскольку защита реализована программно, время срабатывания даже при установленной нулевой задержке составляет около 1 мс. Больше всего задержка срабатывания актуальна для защиты по току (ОСР), чтобы она не реагировала на начальные броски тока, связанные, например, с пусковым током электродвигателей или с током зарядки фильтрующих емкостей в нагрузке.



#### 4.9. Установка порога включения вентилятора

Источник питания оборудован вентилятором. Для уменьшения создаваемого вентилятором шума предусмотрено пропорциональное управление скоростью вращения.

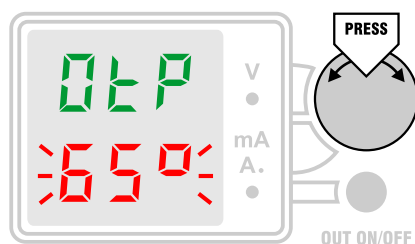


Для вентилятора задается порог температуры, ниже которой он не вращается. При повышении температуры вентилятор стартует, затем переходит на малую скорость вращения. При дальнейшем повышении температуры скорость вращения увеличивается, пока не будет достигнута максимальная скорость. При достижении пороговой температуры ОТР вентилятор начинает вращаться на полной скорости независимо от того, какой

установлен порог включения вентилятора. Пороговую температуру можно задать в меню «Fan xx°», где xx – температурный порог в градусах. Значение порога может лежать в диапазоне от 0 до 99°C.

#### 4.10. Установка порога ОТР

Для предотвращения повреждения источника в результате перегрева, он имеет температурную защиту. Для этого на радиаторе установлен датчик температуры. При

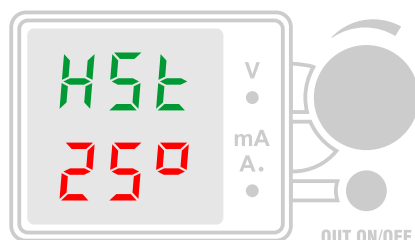


приближении температуры радиатора к порогу ОТР на 3°C источник питания продолжает нормально работать, но включается звуковая сигнализация перегрева: примерно раз в секунду раздается звуковой сигнал, если выход БП включен. Если температура достигает установленного порога, срабатывает защита от перегрева (ОТР), и выход источника отключается. Повторное

включение возможно лишь после остывания на 3°C ниже пороговой температуры. Пороговую температуру можно задать в меню «OTR xx°», где xx – температурный порог в градусах. Значение порога может лежать в диапазоне от 0 до 99°C.

#### 4.11. Просмотр температуры радиатора

На радиаторе источника питания установлен датчик температуры, который используется для защиты от перегрева и управления вентилятором. Показания датчика

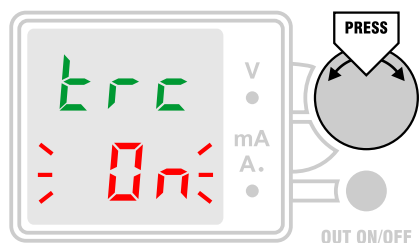


можно вывести на дисплей, если выбрать пункт меню «HSt xx°», где xx – измеренное значение температуры радиатора в градусах. Диапазон измеряемых температур – от 0 до 99°C. В данном меню поворот ручки энкодера действий не производит. Короткое нажатие ручки энкодера вызывает звуковой сигнал ошибки, а удержание до второго звукового сигнала вызывает выход из меню настроек. Автоматический выход по таймауту из этого

меню не производится, что позволяет сколь угодно долго наблюдать за температурой радиатора при работе БП.

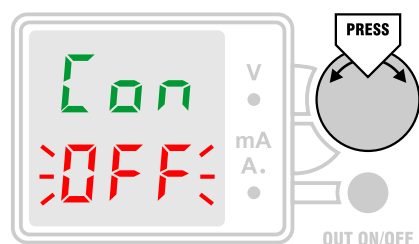
## 4.12. Включение режима Output Track

Для упрощения процесса регулировки напряжения служит режим Output Track, который включен по умолчанию – «trc On». В этом режиме для регулировки выходного напряжения достаточно просто повернуть ручку энкодера. Первый шаг энкодера включает режим установки напряжения (цифры напряжения на дисплее начнут мигать), не меняя его. Начиная со следующего шага, напряжение начнет меняться. Выйти из режима установки напряжения можно нажатием ручки энкодера. Если в меню установить «trc OFF», то режим Output Track будет выключен. Тогда для входа в режим установки напряжения нужно нажать ручку энкодера. Поворот ручки энкодера без нажатия никаких действий производить не будет.



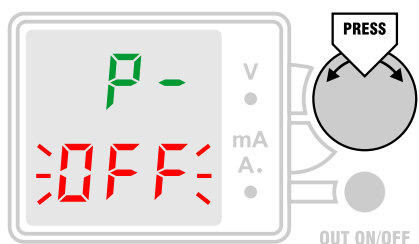
## 4.13. Включение режима Confirm

Иногда требуется не плавная регулировка выходного напряжения, а его изменение скачком. В таких случаях может быть включен режим подтверждения установки напряжения (Confirm). Для этого необходимо в меню установить «Con On». В этом режиме вход в режим установки производится обычным образом – нажатием ручки энкодера или простым поворотом ручки (если включен режим Output Track). Во время регулировки значение напряжения на дисплее будет меняться, но напряжение на выходе БП будет оставаться неизменным. Чтобы обновить выходное напряжение, нужно нажать ручку энкодера. Одновременно произойдет выход из режима установки напряжения и сохранение нового значения в энергонезависимой памяти. Если нажатия не сделать, то через 5 сек. произойдет автоматический выход из режима установки напряжения с восстановлением старого значения, которое было до начала регулировки.



## 4.14. Включение режима индикации мощности

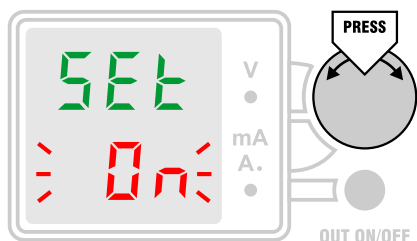
Для включения режима индикации мощности нужно установить в меню значение «P-On». При этом вместо значения напряжения в верхней строке дисплея будет выводиться надпись «P-», а вместо значения тока в нижней строке дисплея – мощность в ваттах. Если перейти в режим установки тока ограничения, то на время регулировки мощность будет отображаться в верхней строке дисплея. Отменить режим индикации мощности можно установкой в меню значения «P-OFF». Признак индикации мощности сохраняется в EEPROM и восстанавливается при включении питания БП.





#### 4.15. Включение режима Display Setpoint

По умолчанию установлен режим «Set On», когда при работе источника в режиме CV индицируется установленное напряжение и измеренный ток, а при работе в режиме CC –

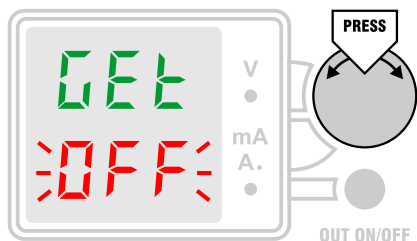


измеренное напряжение и установленный ток. Если этот режим выключить («Set OFF»), то при работе источника (если выход включен) всегда будут отображаться измеренные значения напряжения и тока. Такой подход является самым распространенным для лабораторных БП, но нужно заметить, что индицировать измеренное значение стабилизируемой величины не имеет смысла.

Когда источник находится в режиме стабилизации, измеренное значение может отличаться от установленного только по причине ошибки калибровки или наличия шумов и дрейфа аналоговой части. Но эти величины незначительные, они лежат на уровне разрешающей способности БП. Причем ошибка с равной вероятностью может быть как в схеме задания напряжения и тока, так и в схеме измерения. Поэтому вывод измеренных величин не ведет к увеличению достоверности показаний дисплея. В результате шумов младший разряд измеренного значения может дрожать, что не несет никакой полезной информации, а лишь затрудняет считывание показаний. Поэтому рекомендуется всегда использовать режим «Set On».

#### 4.16. Включение режима Display Getpoint

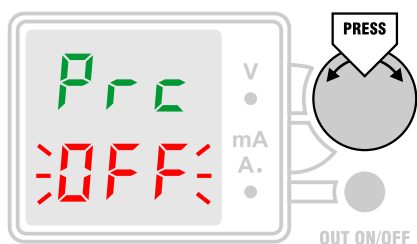
Имеется возможность включить постоянную индикацию измеренного напряжения и тока, даже когда выход источника выключен. Для этого нужно установить режим «Get On».



Данный режим может быть полезен в тех случаях, когда требуется контролировать напряжение на выходе источника в выключенном состоянии, например, при наличии внешних источников тока. Фактически, этот режим позволяет использовать БП в качестве вольтметра. При обычном использовании источника этот режим рекомендуется выключить («Get OFF»).

#### 4.17. Включение режима Preview Current

По умолчанию при отключенном выходе источника на дисплее индицируется установленное напряжение и нулевой ток. Значение установленного тока ограничения

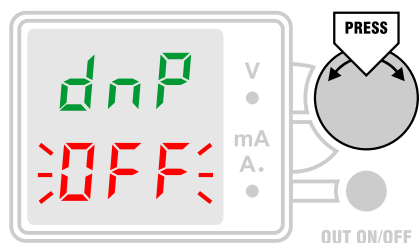


можно посмотреть, дважды нажав ручку энкодера. Но можно включить режим предпросмотра установленного тока ограничения, когда его значение будет всегда индицироваться на дисплее при отключенном выходе. Для этого необходимо в меню установить «Prc On». Такой вариант индикации тока ограничения является довольно распространенным для лабораторных БП с цифровым управлением.



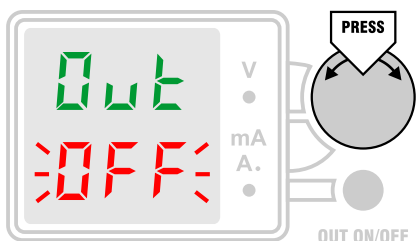
#### 4.18. Включение Down Programmer

Источник имеет специальную схему Down Programmer (DP), которая при перестройке выходного напряжения вниз служит для ускорения разряда фильтрующих емкостей в нагрузке. При выключении выхода источника кнопкой OUT ON/OFF отключается и DP, поэтому при наличии фильтрующих емкостей напряжение может падать довольно медленно. Если требуется быстрый спад напряжения, то можно разрешить работу DP при отключении выхода. Для этого необходимо в меню установить «dnP On». Тогда при выключенном выходе и наличии напряжения на нагрузке источник будет потреблять от нее постоянный ток величиной примерно 300 мА, который будет разряжать емкости. В этом режиме при выключенном выходе и наличии выходного втекающего тока более 5 мА на дисплее вместо значения тока индицируются символы «dnP».



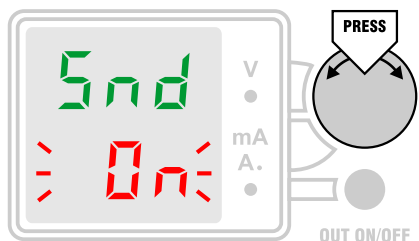
#### 4.19. Включение режима Out Restore

По умолчанию при включении источника в сеть автоматически устанавливаются последние использованные значения напряжения и тока, но выход источника остается выключенным. Для включения выхода требуется нажатие кнопки OUT ON/OFF. Это сделано в целях безопасности, чтобы исключить подачу на нагрузку напряжения без проверки его значения оператором. Однако в некоторых случаях вмешательство оператора нежелательно, например, при использовании источника в составе автоматизированных систем. В таких случаях возможно включение режима, когда состояние выхода будет устанавливаться таким, каким оно было перед последним выключением источника из сети. Для этого в меню необходимо установить «Out On».



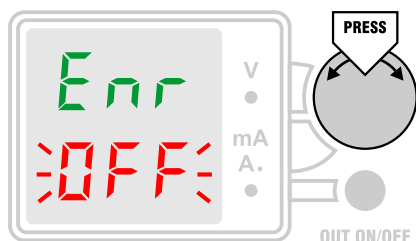
#### 4.20. Выбор режима звука

По умолчанию включена звуковая сигнализация различных событий: нажатия кнопок, перехода источника из режима CC в режим CV и обратно, опасного перегрева. Длинный звуковой сигнал ошибки генерируется при попытке выполнить ошибочное действие. При вращении ручки энкодера в случае достижения предела регулируемой величины генерируется короткий звуковой сигнал ошибки. Если звуковые сигналы мешают, их можно отключить. Есть возможность выбрать один из трех режимов звука: «Snd OFF» (звук полностью выключен), «Snd AL» (звук генерируется только в аварийных режимах: переход CV-CC и обратно, перегрев источника) и «Snd On», когда звук генерируется во всех ситуациях, перечисленных выше.



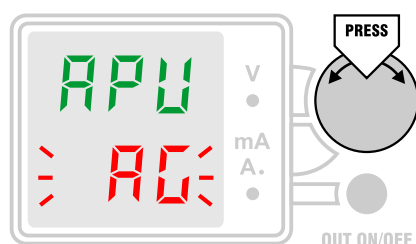
#### 4.21. Реверс энкодера

Конструкцией источника предусмотрена возможность установки энкодеров разных типов. Некоторые из них имеют обратное расположение выводов выходных сигналов. Для правильной работы таких энкодеров необходимо произвести реверсирование направления счета. Для этого нужно выбрать режим «Enr On». По умолчанию выбран режим «Enr OFF», который подходит для работы с базовой моделью энкодера PEC-16 фирмы Bourns.



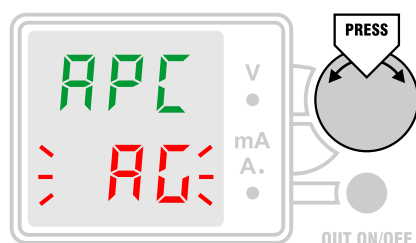
#### 4.22. Выбор режима измерения напряжения

По умолчанию при измерении напряжения производится вычисление его среднего значения на интервале 320 мс (режим «APU AG»). Возможны еще два режима измерения: «APU PH» (индикация максимальных пиковых значений напряжения) и «APU PL» (индикация минимальных пиковых значений напряжения). При индикации пиковых значений зарегистрированный экстремум показаний удерживается на индикаторе 1 сек., после чего снова происходит переход к индикации текущего пикового значения. Время интегрирования для пиковых значений составляет 1 мс.



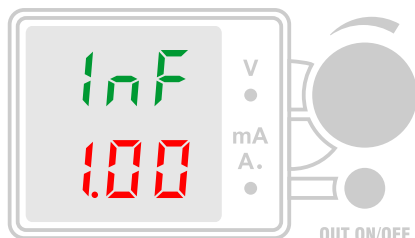
#### 4.23. Выбор режима измерения тока

По умолчанию при измерении тока производится вычисление его среднего значения на интервале 320 мс (режим «APC AG»). Возможны еще два режима измерения: «APC PH» (индикация максимальных пиковых значений тока) и «APC PL» (индикация минимальных пиковых значений тока). При индикации пиковых значений зарегистрированный экстремум показаний удерживается на индикаторе 1 сек., после чего снова происходит переход к индикации текущего пикового значения. Время интегрирования для пиковых значений составляет 1 мс. Режим индикации пиковых значений тока может быть полезен при измерении максимального потребляемого нагрузкой тока при импульсном характере потребления.



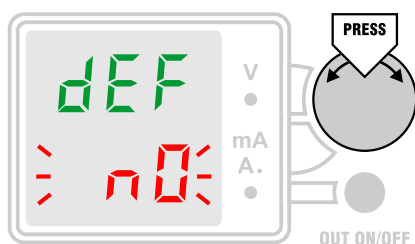
#### 4.24. Просмотр версии прошивки

Версию прошивки встроенного микроконтроллера можно вывести на дисплей, если выбрать пункт меню «InF x.xx», где x.xx – номер версии прошивки (например, 1.00). При наличии новых версий обновление прошивки может быть произведено через интерфейс USB. Описание процесса обновления приведено в соответствующем разделе. В данном меню нажатие ручки энкодера никаких действий не производит и сопровождается звуковым сигналом ошибки.



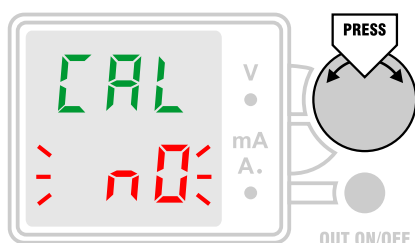
#### 4.25. Загрузка параметров по умолчанию

Значения всех параметров, которые задаются в меню, можно вернуть к начальным заводским установкам. Для этого в меню нужно установить «dEF YES» и нажать ручку энкодера. Все параметры примут свои начальные значения, которые будут сохранены в энергонезависимой памяти. Список параметров приведен в таблице 1, значения по умолчанию находятся в колонке «Ном.».



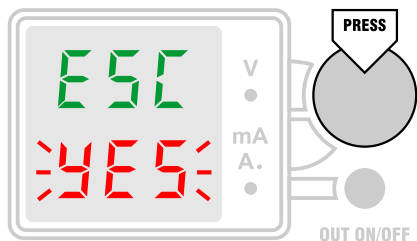
#### 4.26. Вход в режим калибровки

Для входа в режим калибровки в меню настроек имеется специальный пункт «CAL nO». Чтобы войти в калибровку, нужно установить «CAL YES» и нажать ручку энкодера. Проведение процесса калибровки будет описано ниже в специальном разделе.



## 4.27. Выход из меню настроек

Выйти из меню настроек можно на любом этапе. Для этого нужно нажать ручку энкодера и удерживать ее до звукового сигнала. При этом произойдет выход в основное меню с сохранением нового значения параметра, если параметр редактировался. Если в меню не производить никаких действий в течение 10 сек., то произойдет автоматический выход из меню настроек без сохранения нового значения параметра. Исключение составляет пункт просмотра температуры радиатора, из него автоматический выход по таймауту не осуществляется.



Дополнительно в меню настроек есть специальный пункт «ESC YES», который предназначен для выхода в основное меню. Выход осуществляется по нажатию ручки энкодера. Поворот ручки энкодера в данном пункте никаких действий не производит.

**Таблица 1. Параметры меню настроек.**

Номер	Название	Мин.	Ном.	Макс.	Текст меню
0	Preset Call	0	0	0	PrE-CALL
1	Preset Store	1	1	1	PrE-Stor
2	Lock Controls	0	0	1	Lc-OFF
3	Over Voltage Protection, x0.01 V	0	2400 <sup>1</sup>	2400 <sup>1</sup>	xx.xx-OUP
4	Over Current Protection, x0.001 A	0	2000 <sup>1</sup>	2000 <sup>1</sup>	OCP-x.xxx
5	Over Power Protection x0.1 W	0	500 <sup>1</sup>	500 <sup>1</sup>	OPP-xxx.x
6	OVP/OCP/OPP Delay, ms	0	0	999	dEL-0
7	Fan Threshold, x0.1°C	0	500	999	FAn-50.0°
8	Over Temperature Protection, x0.1°C	0	600	999	ALA-60.0°
9	Heatsink Temperature, x0.1°C	0	-	999	HSt-xx.x°
11	Output Track	0	1	1	trc-On
12	Confirm	0	0	1	Con-OFF
13	Display Power	0	0	1	P-OFF
14	Display Setpoint	0	1	1	SEt-On
15	Display Getpoint	0	0	1	GEt-OFF
16	Average/PeakH/L Voltage	0	0	2	APU-AG
17	Average/PeakH/L Current	0	0	2	APC-AG
18	Preview Current	0	0	1	Prc-OFF
19	Down Programmer	0	0	1	dnP-OFF
20	Out Restore	0	0	1	Out-OFF
21	Sound Off/Alarm/On	0	2	2	Snd-On
22	Encoder Reverse	0	0	1	Enr-OFF
24	Version Info	0	100	0	InF-x.xx
25	Load Defaults	0	0	1	dEF-nO
26	Calibration	0	0	1	CAL-nO
27	Menu Escape	1	1	1	ESC-YES

<sup>1</sup> значения даны для варианта БП с VMAX = 24.00 В, IMAX = 2.000 А, PMAX = 50 Вт.

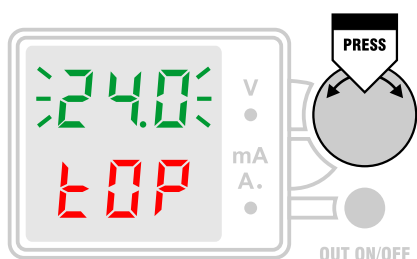
## 5. Установка пределов

### 5.1. Пределы напряжения, тока и мощности

Источник питания может быть выполнен в разных модификациях, которые отличаются максимальными значениями выходного напряжения, тока и мощности. Эти значения можно задать в специальном меню, они будут ограничивать диапазоны регулировки указанных величин. Заданные значения пределов сохраняются в энергонезависимой памяти. Возможные значения пределов приведены в таблице 2.

### 5.2. Установка максимального напряжения

Для входа в режим установки максимального выходного напряжения источника нужно включить питание, удерживая ручку энкодера в нажатом состоянии. Отпустить

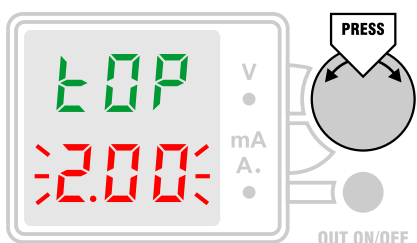


ручку нужно в тот момент, когда на дисплее появится надпись «xx.x tOP», где мигающие цифры xx.x обозначают установленное значение предела для напряжения. Если ручку удерживать дольше, то произойдет переход в основное меню. Вращением ручки энкодера значение предела можно менять. При напряжении ниже 10 В шаг перестройки составляет 0.01 В, при напряжении выше 10 В шаг составляет 0.1 В. При быстром вращении ручки

энкодера шаг автоматически увеличивается в 10 раз. Когда требуемое значение установлено, нужно нажать ручку энкодера. При этом значение предела будет сохранено в энергонезависимой памяти, и произойдет переход в режим установки максимального тока. Если в режиме установки максимального напряжения никаких действий не производить в течение 10 сек., то произойдет автоматический переход в основное меню без сохранения нового значения предела.

### 5.3. Установка максимального тока

Вход в режим установки максимального выходного тока возможен только из режима установки максимального выходного напряжения и осуществляется нажатием

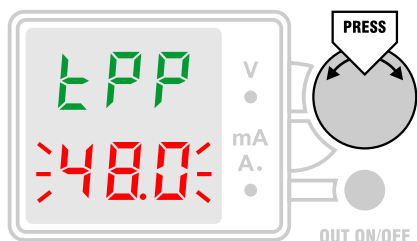


ручки энкодера. При этом на дисплее появится надпись «tOP x.xx», где мигающие цифры x.xx обозначают установленное значение предела для тока. Вращением ручки энкодера значение предела можно менять. При токе меньше 1 А шаг перестройки составляет 0.001 А, при токе больше 1 А шаг составляет 0.01 А. При быстром вращении ручки энкодера шаг автоматически увеличивается в 10 раз. Когда требуемое значение

установлено, нужно нажать ручку энкодера. При этом значение предела будет сохранено в энергонезависимой памяти, и произойдет переход в режим установки предела мощности. Если в режиме установки предела тока никаких действий не производить в течение 10 сек., то произойдет автоматический переход в основное меню без сохранения нового значения предела.

## 5.4. Установка максимальной мощности

Вход в режим установки максимальной выходной мощности возможен только из режима установки максимального выходного тока и осуществляется нажатием ручки энкодера. При этом на дисплее появится надпись «tPP xx.x», где мигающие цифры xx.x обозначают установленное значение предела для мощности. Вращением ручки энкодера значение предела можно менять. Шаг перестройки составляет 0.1 Вт. При быстром вращении ручки энкодера шаг автоматически увеличивается до 1 Вт. Когда требуемое значение установлено, нужно нажать ручку энкодера. При этом значение предела будет сохранено в энергонезависимой памяти, и произойдет выход в основное меню. Если в режиме установки предела мощности никаких действий не производить в течение 10 сек., то произойдет автоматический переход в основное меню без сохранения нового значения предела.



Максимальное значение мощности используется в качестве верхнего предела для порога защиты от превышения мощности OPP. Когда эта защита включена, при превышении выходной мощности источника его выход будет автоматически отключен, что защищает нагрузку от превышения рассеиваемой мощности и сам источник от перегрузки.

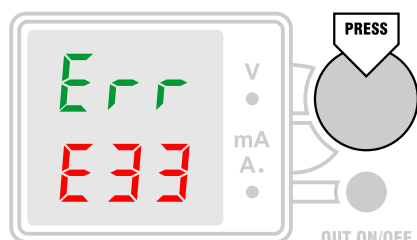
**Таблица 2. Возможные значения пределов.**

Номер	Название	Мин.	Ном.	Макс.	Текст меню
0	Top Voltage, x0.01 V	1000	2400	9999	xx.xx-tOP
1	Top Current, x0.001 A	1000	2000	9999	tOP-x.xxx
2	Top Power, x0.1 W	10	480	9999	tPP-xxx.x

## 6. Сообщения об ошибках

### 6.1. Ошибки EEPROM

При включении источника питания сохраненные настройки считываются из внешней EEPROM. Если при этом обнаруживаются ошибки, на дисплее появляется сообщение «Err Exx», где xx – код ошибки, представляющий собой число в шестнадцатичном формате. Отдельные биты этого числа кодируют тип ошибки:



- D0 – ошибка значения сигнатуры
- D1 – ошибка значения CRC
- D2 – ошибка выделения памяти
- D3 – нет сигнала ASK от EEPROM
- D4 – ошибка в CRC-секции EEPROM
- D5 – ошибка в RING-секции EEPROM

Если произошло сразу несколько ошибок в EEPROM, то в коде ошибки будет установлено несколько бит. Ошибка выделения памяти может произойти только при отладке ПО, при эксплуатации устройства она не возникает. Биты D4 и D5 уточняют, в секции какого типа произошла ошибка. CRC-секция используется для хранения данных калибровки, RING-секция используется для хранения последнего установленного значения тока и напряжения. Остальные параметры хранятся в PLAIN-секциях EEPROM.

Выйти из режима индикации ошибки и перейти в основное меню источника можно нажатием любой кнопки.

При первом включении БП, когда EEPROM не инициализирована, появление ошибки EEPROM является нормой. При возникновении ошибки данные в EEPROM инициализируются значениями по умолчанию.



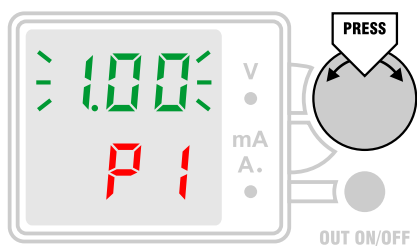
## 7. Калибровка

### 7.1. Процесс калибровки

Источник питания PSL-2402 имеет цифровую калибровку установки и измерения напряжения и тока. Это позволяет значительно снизить величину начальной погрешности. Для проведения калибровки требуются внешние образцовые вольтметр и амперметр. Калибровку рекомендуется производить после прогрева источника в течение 30 мин. Для входа в режим калибровки в меню настроек нужно установить «CAL YES» и нажать ручку энкодера. Калибровка имеет два этапа – калибровка напряжения и калибровка тока. В первом случае требуется внешний образцовый вольтметр, во втором – образцовый амперметр. Калибровка тока и напряжения производится по двум точкам P1 и P2. Одна из них расположена в начале шкалы, вторая – в конце. Значения калибровочных точек можно менять исходя из соображений удобства калибровки и точности измерения точек внешним образцовым измерителем. Для каждой точки при калибровке подбирается такой код ЦАП C1 и C2, чтобы на выходе источника с высокой точностью обеспечивалось напряжение (или ток), соответствующее калибровочной точке. Это контролируется внешним образцовым прибором. Одновременно с ЦАП калибруется АЦП, это происходит прозрачно для пользователя. Каждый этап калибровки разбит на 4 шага: задание точки P1, установка кода C1, задание точки P2, установка кода C2. Переход к следующему шагу калибровки осуществляется нажатием ручки энкодера.

### 7.2. Калибровка напряжения – задание точки P1

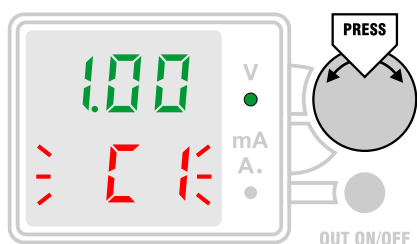
Калибровка напряжения начинается с выбора значения первой калибровочной точки. На дисплее появляется мигающее значение точки 1 в вольтах и надпись «P1». При этом выход источника выключен, его включение кнопкой OUT ON/OFF заблокировано. По умолчанию точка 1 задана на 1 В выше начала шкалы, т.е. равна 1.00 В. Значение точки 1 можно установить в диапазоне 0.01...8.99 В поворотом ручки энкодера. Обычно на практике нет необходимости менять значение точки по умолчанию. К выходу источника нужно подключить образцовый вольтметр и выбрать на нем такой диапазон, чтобы точка 1 могла быть измерена с максимально возможной точностью. Когда значение точки будет выбрано, нужно нажать ручку энкодера для перехода к следующему шагу калибровки.



### 7.3. Калибровка напряжения – установка кода C1

Следующим шагом калибровки является установка такого значения кода ЦАП C1, чтобы выходное напряжение источника как можно точнее соответствовало значению точки P1. На этом шаге на дисплее индицируется значение калибровочной точки 1 в вольтах и надпись «C1», а выход источника автоматически включается. Выход может быть в любой момент выключен кнопкой OUT ON/OFF, что может потребоваться в аварийной ситуации. Регулировка кода C1 производится поворотом ручки энкодера. Показания

дисплея при этом не меняются, контроль выходного напряжения источника производится с помощью внешнего вольтметра. Поскольку внешний образцовый прибор может иметь

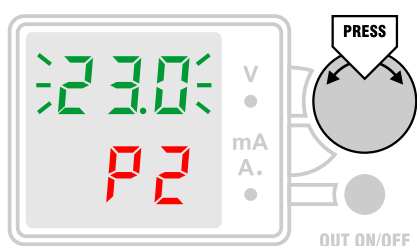


большее количество знаков, чем дисплей БП, такой подход позволяет более точно установить код ЦАП для калибровочной точки. Когда выходное напряжение источника будет установлено равным значению точки P1 с максимально возможной точностью, данный шаг калибровки можно завершить. Для перехода к следующему шагу нужно нажать ручку энкодера. При этом установленное значение кода C1 запоминается и

производится перерасчет калибровочных коэффициентов ЦАП с учетом нового значения. Одновременно считывается текущий код АЦП, который принимается в качестве кода для напряжения P1. На основе этого кода производится перерасчет калибровочных коэффициентов АЦП. Затем выход источника автоматически отключается. Калибровка АЦП обновляется только в том случае, если производилась регулировка кода C1. Если регулировки не было, никакие калибровочные коэффициенты не меняются. Это позволяет пропустить шаг калибровки или просто проконтролировать существующую калибровку. Если при завершении этого шага калибровки выход источника был выключен, или источник не находился в режиме стабилизации напряжения (CV), то генерируется звуковой сигнал ошибки и восстанавливаются старые значения коэффициентов и калибровочной точки.

#### 7.4. Калибровка напряжения – задание точки P2

Следующим шагом калибровки является выбор значения второй калибровочной точки напряжения. На дисплее появляется мигающее значение точки 2 в вольтах и надпись

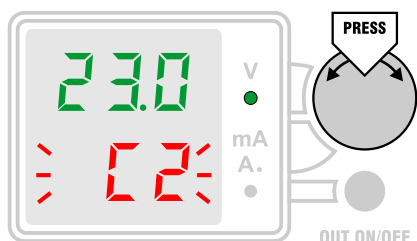


«P2». При этом выход источника выключен, его включение кнопкой OUT ON/OFF заблокировано. По умолчанию точка 2 задана на 1 В ниже верхнего предела шкалы. Например, для источника с максимальным напряжением 24 В значение калибровочной точки 2 по умолчанию равно 23.0 В. Значение точки можно менять поворотом ручки энкодера. Оно может лежать в диапазоне от 9.00 В и до максимального выходного напряжения БП. К выходу

источника нужно подключить образцовый вольтметр и выбрать на нем такой диапазон, чтобы точка 2 могла быть измерена с максимально возможной точностью. Менять значение точки может потребоваться из соображений точности измерения. Например, при использовании внешнего 3½-разрядного вольтметра значение точки лучше установить 19.0 В, тогда она может быть измерена с точностью до 10 мВ. Новое значение калибровочной точки сохраняется в энергонезависимой памяти, при следующей калибровке будет установлено это же значение. При изменении значения напряжения калибровочной точки соответствующий ей код пересчитывается с использованием текущей калибровки. Это сделано для того, чтобы при переходе к шагу установки кода его значение было как можно ближе к требуемому. Когда значение точки будет выбрано, нужно нажать ручку энкодера для перехода к следующему шагу калибровки.

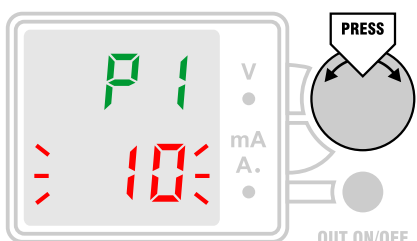
## 7.5. Калибровка напряжения – установка кода C2

Следующим шагом калибровки является установка такого значения кода ЦАП C2, чтобы выходное напряжение источника как можно точнее соответствовало значению точки P2. На этом шаге на дисплее индицируется значение калибровочной точки 2 в вольтах и надпись «C2», а выход источника автоматически включается. Выход может быть в любой момент выключен кнопкой OUT ON/OFF, что может потребоваться в аварийной ситуации. Регулировка кода C2 производится поворотом ручки энкодера. Показания дисплея при этом не меняются, контроль выходного напряжения источника производится с помощью внешнего вольтметра. Когда выходное напряжение источника будет установлено равным значению точки P2 с максимально возможной точностью, данный шаг калибровки можно завершить. Для перехода к следующему шагу нужно нажать ручку энкодера. При этом установленное значение кода C2 запоминается и производится перерасчет калибровочных коэффициентов ЦАП с учетом нового значения. Одновременно считывается текущий код АЦП, который принимается в качестве кода для напряжения P2. На основе этого кода производится перерасчет калибровочных коэффициентов АЦП. Затем выход источника автоматически отключается. Калибровка АЦП обновляется только в том случае, если производилась регулировка кода C2. На этом этап калибровки напряжения завершен. Если при завершении этого шага калибровки выход источника был выключен, или источник не находился в режиме стабилизации напряжения (CV), то генерируется звуковой сигнал ошибки и восстанавливаются старые значения коэффициентов и калибровочной точки.



## 7.6. Калибровка тока – задание точки P1

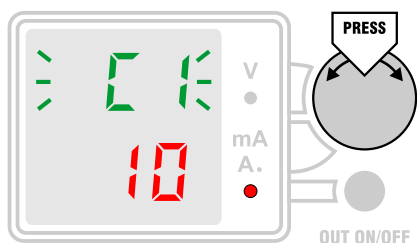
Калибровка тока начинается с выбора значения первой калибровочной точки. На дисплее появляется мигающее значение точки 1 в амперах и надпись «P1». При этом выход источника выключен, его включение кнопкой OUT ON/OFF заблокировано. По умолчанию точка 1 задана на 0.01 А выше начала шкалы, т.е. равна 10 мА. Значение точки 1 можно установить в диапазоне 1...99 мА поворотом ручки энкодера. К выходу источника нужно подключить образцовый амперметр и выбрать на нем такой диапазон, чтобы точка 1 могла быть измерена с максимальной возможной точностью. Когда значение точки будет выбрано, нужно нажать ручку энкодера для перехода к следующему шагу калибровки.



## 7.7. Калибровка тока – установка кода C1

Следующим шагом калибровки является установка такого значения кода ЦАП C1, чтобы выходной ток источника как можно точнее соответствовал значению точки P1. На этом шаге на дисплее индицируется значение калибровочной точки 1 в амперах и надпись «C1», а выход источника автоматически включается. Выход может быть в любой момент выключен кнопкой OUT ON/OFF, что может потребоваться в аварийной ситуации.

Регулировка кода C1 производится поворотом ручки энкодера. Показания дисплея при этом не меняются, контроль выходного тока источника производится с помощью внешнего амперметра. Когда выходной ток источника будет

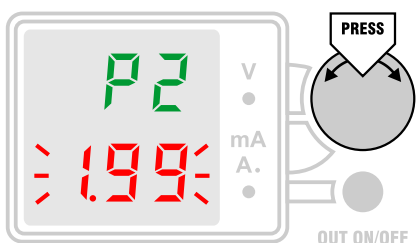


установлен равным значению точки P1 с максимальной возможной точностью, данный шаг калибровки можно завершить. Для перехода к следующему шагу нужно нажать ручку энкодера. При этом установленное значение кода C1 запоминается и производится перерасчет калибровочных коэффициентов ЦАП с учетом нового значения. Одновременно считывается текущий

код АЦП, который принимается в качестве кода для тока P1. На основе этого кода производится перерасчет калибровочных коэффициентов АЦП. Затем выход источника автоматически отключается. Калибровка АЦП обновляется только в том случае, если производилась регулировка кода C1. Если регулировки не было, никакие калибровочные коэффициенты не меняются. Это позволяет пропустить шаг калибровки или просто проконтролировать существующую калибровку. Если при завершении этого шага калибровки выход источника был выключен, или источник не находился в режиме стабилизации тока (СС), то генерируется звуковой сигнал ошибки и восстанавливаются старые значения коэффициентов и калибровочной точки.

## 7.8. Калибровка тока – задание точки P2

Следующим шагом калибровки является выбор значения второй калибровочной точки тока. На дисплее появляется мигающее значение точки 2 в амперах и надпись «P2».



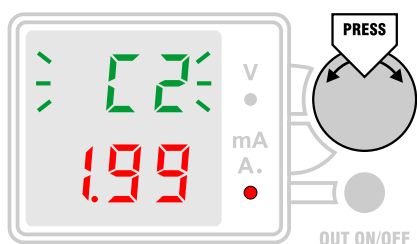
При этом выход источника выключен, его включение кнопкой OUT ON/OFF заблокировано. По умолчанию точка 2 задана на 0.01 А ниже верхнего предела шкалы. Например, для источника с максимальным током 2 А значение калибровочной точки 2 по умолчанию равно 1.99 А. Значение точки можно менять поворотом ручки энкодера. Оно может лежать в диапазоне от 100 мА и до максимального выходного тока БП. К выходу источника

нужно подключить образцовый амперметр и выбрать на нем такой диапазон, чтобы точка 2 могла быть измерена с максимальной возможной точностью. Когда значение точки будет выбрано, нужно нажать ручку энкодера для перехода к следующему шагу калибровки.

## 7.9. Калибровка тока – установка кода C2

Следующим шагом калибровки является установка такого значения кода ЦАП C2, чтобы выходной ток источника как можно точнее соответствовал значению точки P2. На этом шаге на дисплее индицируется значение калибровочной точки 2 в амперах и надпись «C2», а выход источника автоматически включается. Выход может быть в любой момент выключен кнопкой OUT ON/OFF, что может потребоваться в аварийной ситуации. Регулировка кода C2 производится поворотом ручки энкодера. Показания дисплея при этом не меняются, контроль выходного тока источника производится с помощью внешнего амперметра. Когда выходной ток источника будет установлен равным значению точки P2 с максимальной возможной точностью, данный шаг калибровки можно завершить. Для этого

нужно нажать ручку энкодера. При этом установленное значение кода C2 запоминается и производится перерасчет калибровочных коэффициентов ЦАП с учетом нового значения.

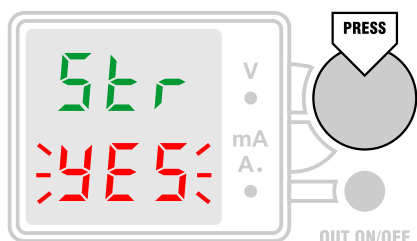


Одновременно считывается текущий код АЦП, который принимается в качестве кода для тока P2. На основе этого кода производится перерасчет калибровочных коэффициентов АЦП. Затем выход источника автоматически отключается. Калибровка АЦП обновляется только в том случае, если производилась регулировка кода C2. На этом этап калибровки тока завершен. Если при завершении этого шага калибровки

выход источника был выключен, или источник не находился в режиме стабилизации тока (СС), то генерируется звуковой сигнал ошибки и восстанавливаются старые значения коэффициентов и калибровочной точки.

## 7.10. Завершение калибровки

Когда все этапы калибровки пройдены, на дисплей выводится запрос сохранения коэффициентов «Str nO/YES/dEF». Выбор любого пункта приводит к выходу из калибровки и переходу в основное меню. Автоматический выход из режима калибровки по таймауту не производится, поэтому процесс калибровка может длиться сколь угодно долго.



Если выбрать «YES», то новые калибровочные коэффициенты будут сохранены в энергонезависимой памяти. Если выбрать «nO», то будут восстановлены старые значения коэффициентов. Если выбрать «dEF», то будут загружены и сохранены в памяти коэффициенты по умолчанию (см. таблицу 3, колонка «Ном.»).

Калибровочные коэффициенты по умолчанию загружаются при первом включении источника, когда его калибровка еще не производилась. Загрузка коэффициентов по умолчанию может также понадобиться после неудачной калибровки, в процессе которой были допущены грубые ошибки.

**Таблица 3. Калибровочные коэффициенты.**

Номер	Название	Мин.	Ном.	Макс.	Текст меню
0	Точка 1 (ЦАП напряжения), $\times 0.01$ В	1	100	899	P1
1	Код 1 (ЦАП напряжения)	1	4095 <sup>1</sup>	65520	C1
2	Точка 2 (ЦАП напряжения), $\times 0.01$ В	900	2300 <sup>1</sup>	2400 <sup>1</sup>	P2
3	Код 2 (ЦАП напряжения)	1	47775	65520	C2
4	Точка 1 (ЦАП тока), $\times 0.001$ А	1	10	99	P1
5	Код 1 (ЦАП тока)	1	2407 <sup>1</sup>	65520	C1
6	Точка 2 (ЦАП тока), $\times 0.001$ А	100	1990 <sup>1</sup>	2000 <sup>1</sup>	P2
7	Код 2 (ЦАП тока)	1	61375 <sup>1</sup>	65520	C2
9 <sup>2</sup>	Код 1 (АЦП напряжения)	1	4095 <sup>1</sup>	65520	-
10	Код 2 (АЦП напряжения)	1	47775 <sup>1</sup>	65520	-
11	Код 1 (АЦП тока)	1	3599 <sup>1</sup>	65520	-
12	Код 2 (АЦП тока)	1	30402 <sup>1</sup>	65520	-

<sup>1</sup> значения даны для варианта БП с  $V_{MAX} = 24.00$  В,  $I_{MAX} = 2.000$  А.

<sup>2</sup> коэффициент с индексом 8 отсутствует

Для управления источником питания от компьютера используется интерфейс USB. Применен мост USB-USART типа FT232RL фирмы «FTDI», скорость обмена 19200 бод, длина слова 8 бит, бит четности не используется. Команды передаются компьютером в виде пакетов согласно протоколу Wake. В ответ на каждую команду устройство передает пакет с тем же номером команды. Первый байта данных – это код ошибки (за исключением команд CMD\_ECHO и CMD\_INFO). Код ошибки 00h означает успешное выполнение команды (см. описание кодов ошибок ниже).

Команда не выполняет никакой операции. Она используется для внутренних целей и никогда не передается в устройство или компьютер.

Устройство передает эту команду в качестве ответа на любую команду, если произошла ошибка приема пакета. Параметр Error Code для этой команды всегда равен ERR TX.

Команда используется для запроса возврата пакета. Пакет может содержать до 16 байт произвольных данных. В ответ на эту команду устройство передает пакет в неизменном виде обратно. Команда используется для проверки связи с устройством.

Команда представляет собой запрос информации о типе устройства. В ответ передается пакет, содержащий 9 байт данных, которые представляют собой строку в коде ASCII: "PSL-2402". Строка заканчивается байтом 00h.

- 28 -



### 8.1.5. Команда Cmd\_Set\_VI

Команда служит для установки выходного тока и напряжения источника, а также для включения выхода. Сохранение в EEPROM этих значений не производится. Команда сбрасывает защиту OVP/OCP/OPP. Команда имеет следующие параметры:

$v = 0 \dots VMAX [x0.01 B]$  – выходное напряжение  
 $i = 0 \dots IMAX [x0.001 A]$  – выходной ток  
 $on = 0$  – выход выключен,  $= 1$  – выход включен

TX										RX									
CMD	N	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	CMD	N	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
6	5	v (low byte)								6	1	Error Code							
		v (high byte)																	
		i (low byte)																	
		i (high byte)																	
		on																	

### 8.1.6. Команда Cmd\_Get\_VI

Команда возвращает установленное значение напряжения и тока источника, а также состояние источника. Команда имеет следующие параметры:

$v = 0 \dots VMAX [x0.01 B]$  – выходное напряжение  
 $i = 0 \dots IMAX [x0.001 A]$  – выходной ток

TX										RX									
CMD	N	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	CMD	N	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
7	0	-								7	5	Error Code							
												v (low byte)							
												v (high byte)							
												i (low byte)							
												i (high byte)							

### 8.1.7. Команда Cmd\_Get\_Stat

Команда возвращает состояние источника. Команда имеет следующие параметры:

$s.0 = 1$  – выход включен  
 $s.1 = 1$  – режим CV  
 $s.2 = 1$  – режим CC  
 $s.3 = 1$  – сработала защита OVP  
 $s.4 = 1$  – сработала защита OCP  
 $s.5 = 1$  – сработала защита OPP  
 $s.6 = 1$  – сработала защита OTP

TX										RX									
CMD	N	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	CMD	N	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
8	0	-								8	2	Error Code							
												s							



### 8.1.8. Команда Cmd\_Get\_VI\_Avg

Команда возвращает измеренное среднее значение напряжения и тока источника. Период обновления величин – 320 мс. Команда имеет следующие параметры:

$va = 0 \dots VMAX [x0.01 B]$  – выходное напряжение

$ia = 0 \dots IMAX [x0.001 A]$  – выходной ток

TX										RX									
CMD	N	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	CMD	N	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
9	0	-								9	5	Error Code							

### 8.1.9. Команда Cmd\_Get\_VI\_Fast

Команда возвращает измеренное мгновенное значение напряжения и тока источника. Период обновления величин – 1 мс. Команда имеет следующие параметры:

$vf = 0 \dots VMAX [x0.01 B]$  – выходное напряжение

$if = 0 \dots IMAX [x0.001 A]$  – выходной ток

TX										RX									
CMD	N	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	CMD	N	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
10	0	-								10	5	Error Code							

### 8.1.10. Команда Cmd\_Set\_VIP\_Max

Команда служит для установки максимального напряжения, тока и мощности источника. Значения сохраняются в EEPROM. Команда имеет следующие параметры:

$vm = 1000 \dots 9999 [x0.01 B]$  – максимальное выходное напряжение

$im = 1000 \dots 9999 [x0.001 A]$  – максимальный выходной ток

$pm = 10 \dots 9999 [x0.1 W]$  – максимальная выходная мощность

TX										RX									
CMD	N	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	CMD	N	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
11	6	vm (low byte)								11	1	Error Code							

### 8.1.11. Команда Cmd\_Get\_VIP\_Max

Команда возвращает установленные значения максимального напряжения, тока и мощности источника. Команда имеет следующие параметры:

$vm = 1000...9999$  [x0.01 B] – максимальное выходное напряжение

$im = 1000...9999$  [x0.001 A] – максимальный выходной ток

$pm = 10...9999$  [x0.1 Вт] – максимальная выходная мощность

TX										RX									
CMD	N	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	CMD	N	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
12	0	-								12	7	Error Code							

### 8.1.12. Команда Cmd\_Set\_Pre

Команда служит для записи пресета в EEPROM. Команда имеет следующие параметры:

$n = 0...9$  – номер пресета

$v = 0...VMAX$  [x0.01 B] – напряжение пресета

$i = 0...IMAX$  [x0.001 A] – ток пресета

TX										RX									
CMD	N	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	CMD	N	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
13	5	n								13	1	Error Code							

### 8.1.13. Команда Cmd\_Get\_Pre

Команда служит для чтения пресета из EEPROM. Команда имеет следующие параметры:

$n = 0...9$  – номер пресета

$v = 0...VMAX$  [x0.01 B] – напряжение пресета

$i = 0...IMAX$  [x0.001 A] – ток пресета

TX										RX									
CMD	N	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	CMD	N	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
14	1	n								14	5	Error Code							

### 8.1.14. Команда Cmd\_Set\_Par

Команда служит для установки значения параметра. Значение сохраняется в EEPROM. Команда имеет следующие параметры:

$n$  – номер параметра (см. таблицу 4)

$p$  – значение параметра (см. таблицу 1)

TX										RX									
CMD	N	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	CMD	N	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
15	3	n								15	1	Error Code							
		p (low byte)																	
		p (high byte)																	

### 8.1.15. Команда Cmd\_Get\_Par

Команда служит для чтения значения параметра. Команда имеет следующие параметры:

$n$  – номер параметра (см. таблицу 4)

$p$  – значение параметра (см. таблицу 1)

TX										RX									
CMD	N	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	CMD	N	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
16	1	n								16	3	Error Code							
												p (low byte)							
												p (high byte)							

### 8.1.16. Команда Cmd\_Get\_Fan

Команда возвращает текущую скорость вентилятора и температуру радиатора. Команда имеет следующие параметры:

$s = 0...100$  [%] – скорость вентилятора

$t = 0...999$  [ $\times 0.1^\circ\text{C}$ ] – температура радиатора

TX										RX									
CMD	N	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	CMD	N	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
17	0	-								17	3	Error Code							
												s							
												t							

### 8.1.17. Команда Cmd\_Set\_DAC

Команда служит для записи кода ЦАП напряжения и тока (используется при калибровке). Команда имеет следующие параметры:

$dacv = 0...65520$  – код ЦАП напряжения

$daci = 0...65520$  – код ЦАП тока

TX										RX									
CMD	N	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	CMD	N	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
18	4	dacv (low byte)								18	1	Error Code							
		dacv (high byte)																	
		daci (low byte)																	
		daci (high byte)																	

### 8.1.18. Команда Cmd\_Get\_ADC

Команда возвращает код АЦП напряжения и тока (используется при калибровке). Команда имеет следующие параметры:

$adcv = 0...65520$  – код АЦП напряжения

$adci = 0...65520$  – код АЦП тока

TX										RX									
CMD	N	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	CMD	N	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
19	0	-								19	5	Error Code							

### 8.1.19. Команда Cmd\_Set\_Cal

Команда служит для установки значения калибровочного коэффициента. Значение сохраняется в EEPROM. Команда имеет следующие параметры:

$n$  – номер коэффициента (см. таблицу 3)

$k$  – значение коэффициента (см. таблицу 3)

TX										RX									
CMD	N	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	CMD	N	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
20	3	n								20	1	Error Code							

### 8.1.20. Команда Cmd\_Get\_Cal

Команда служит для чтения значения калибровочного коэффициента. Команда имеет следующие параметры:

$n$  – номер коэффициента (см. таблицу 3)

$k$  – значение коэффициента (см. таблицу 3)

TX										RX									
CMD	N	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	CMD	N	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
21	1	n								21	3	Error Code							

### 8.1.21. Коды параметров

Номера параметров, которые могут устанавливаться и считываться командами Cmd\_Set\_Par и Cmd\_Get\_Par, не совпадают с номерами параметров в меню настроек. Однако минимальные, номинальные и максимальные значения для одноименных параметров совпадают. Сделано это для того, чтобы одна и та же управляющая программа могла работать с разными моделями источников, имеющими разное количество параметров. Кроме того, это позволяет делать перестановки параметров в меню, не нарушая корректного обмена с компьютером. Коды параметров, с которыми оперируют команды Cmd\_Set\_Par и Cmd\_Get\_Par, приведены в таблице 4.

**Таблица 4. Номера параметров для команд Cmd\_Set\_Par и Cmd\_Get\_Par.**

Номер	Обозначение	Название
0	PAR_LOCK	Lock Controls
1	PAR_OVP	Over Voltage Protection
2	PAR_OCP	Over Current Protection
3	PAR_OPP	Over Power Protection
4	PAR_DEL	OVP/OCP/OPP Delay
5	PAR_FAN	Fan Threshold
6	PAR_OTP	Over Temperature Protection
7	PAR_TRC	Output Track
8	PAR_CON	Confirm
9	PAR_POW	Display Power
10	PAR_SET	Display Setpoint
11	PAR_GET	Display Getpoint
12	PAR_APV	Average/PeakH/L Voltage
13	PAR_APC	Average/PeakH/L Current
14	PAR_PRC	Preview Current
15	PAR_DNP	Down Programmer
16	PAR_OUT	Out Restore
17	PAR_SND	Sound Off/Alarm/On
18	PAR_ENR	Encoder Reverse
19	PAR_NON	-
20	PAR_INF	Version Info

**8.1.22. Коды ошибок**

При выполнении команд могут возникать ошибки. Код ошибки возвращается в виде параметра Error Code в ответе на каждую команду. Если при выполнении команды, которая должна возвращать некоторое количество значений, произошла ошибка, то возвращается всего один байт – код ошибки. Коды стандартных ошибок, определенных для протокола WAKE, приведены в таблице 5.

**Таблица 5. Коды ошибок.**

Имя ошибки	Код ошибки	Название ошибки
Err_No	00h	Нормальное завершение команды
Err_Tx	01h	Ошибка обмена с устройством
Err_Bu	02h	Устройство занято
Err_Re	03h	Устройство не готово
Err_Pa	04h	Ошибка значений параметров
Err_Nr	05h	Нет ответа

## 8.2. Функции DLL

Для реализации протокола Wake и функций управления источником питания используется динамическая библиотека pslusb.dll. В ней каждая из команд управления реализована в виде отдельной функции. Кроме того, библиотека содержит дополнительные функции, предназначенные для настройки порта и подключения устройства. В случае успешного выполнения функции возвращают true. Если при выполнении функции произошла ошибка, функция возвращает false, а информацию об ошибке можно прочитать с помощью специальной функции *GetLastError()*. Список функций библиотеки pslusb.dll приведен ниже.

### 8.2.1. Функция PSL\_OpenDevice

Подключение устройства, имя которого начинается с "PSL".

*bool PSL\_OpenDevice(void)*

### 8.2.2. Функция PSL\_CloseDevice

Отключение ранее подключенного устройства.

*bool PSL\_CloseDevice(void)*

### 8.2.3. Функция PSL\_GetDevice

Возвращает хэндл подключенного устройства. Может быть использована для получения доступа к функциям ftd2xx.dll.

*HANDLE PSL\_GetDeviceHandle(void)*

### 8.2.4. Функция PSL\_GetLastError

Чтение строки с информацией о последней ошибке обмена с устройством.

*void PSL\_GetLastError(LPCSTR &lpcStr)*

Возвращает указатель на строку, которая содержит информацию о последней ошибке. Если предыдущая операция обмена с устройством прошла без ошибок, возвращается указатель на пустую строку.

### 8.2.5. Функция PSL\_GetInfo

Чтение информации об устройстве.

*bool PSL\_GetInfo(LPCSTR &lpcStr)*

Возвращает указатель на строку, которая содержит информацию об устройстве: "PSL-2402".

### 8.2.6. Функция PSL\_SetVI

Установка напряжения, тока и состояния выхода.

*bool PSL\_SetVI(int v, int i, bool on)*

Функция имеет следующие параметры:

*v = 0...VMAX* – значение напряжения [*x0.01 V*].

$i = 0 \dots I_{MAX}$  – значение тока [ $\times 0.001$  A].  
 $op = 0$  – выход выключен,  $= 1$  – выход включен.

Заданные функцией значения в EEPROM не сохраняются.  
 Функция сбрасывает защиту OVP/OCP/OPP.

### 8.2.7. Функция PSL\_GetVI

Чтение установленного напряжения, тока и состояния выхода.

*bool PSL\_GetVI(int &v, int &i)*

Формат и диапазоны параметров аналогичны функции PSL\_SetVI().

### 8.2.8. Функция PSL\_GetStat

Чтение состояния источника.

*bool PSL\_GetStat(int &s)*

$s.0 = 1$  – выход включен.

$s.1 = 1$  – режим CV.

$s.2 = 1$  – режим CC.

Формат и диапазоны остальных параметров аналогичны функции PSL\_SetVI().

### 8.2.9. Функция PSL\_GetVlavg

Чтение среднего измеренного напряжения и тока.

*bool PSL\_GetVlavg(int &v, int &i)*

Функция имеет следующие параметры:

$v = 0 \dots V_{MAX}$  – значение напряжения [ $\times 0.01$  V].

$i = 0 \dots I_{MAX}$  – значение тока [ $\times 0.001$  A].

### 8.2.10. Функция PSL\_GetVlfast

Чтение мгновенного измеренного напряжения и тока.

*bool PSL\_GetVlfast(int &v, int &i)*

Функция имеет следующие параметры:

$v = 0 \dots V_{MAX}$  – значение напряжения [ $\times 0.01$  V].

$i = 0 \dots I_{MAX}$  – значение тока [ $\times 0.001$  A].

### 8.2.11. Функция PSL\_SetVIPmax

Установка максимального напряжения, тока и мощности.

*bool PSL\_SetVIPmax(int v, int i, int p)*

Функция имеет следующие параметры:

$v = 1000 \dots 9999$  – максимальное напряжение [ $\times 0.01$  V].

$i = 1000 \dots 9999$  – максимальный ток [ $\times 0.001$  A].

$p = 10 \dots 9999$  – максимальная мощность [ $\times 0.1$  Wm].

Заданные функцией значения сохраняются в EEPROM.



**8.2.12. Функция PSL\_GetVIPmax**

Чтение максимального напряжения, тока и мощности.

*bool PSL\_GetVIPmax(int &v, int &i, int &p)*

Формат и диапазоны параметров аналогичны функции *PSL\_SetVIPmax()*.

**8.2.13. Функция PSL\_SetPre**

Запись пресета в EEPROM.

*bool PSL\_SetPre(int p, int v, int i)*

Функция имеет следующие параметры:

*p = 0...9* – номер пресета

*v = 0...VMAX* – напряжение пресета [*x0.01 B*].

*i = 0...IMAX* – ток пресета [*x0.001 A*].

**8.2.14. Функция PSL\_GetPre**

Чтение пресета из EEPROM.

*bool PSL\_GetPre(int p, int &v, int &i)*

Формат и диапазоны параметров аналогичны функции *PSL\_SetPre()*.

**8.2.15. Функция PSL\_SetPar**

Установка значения параметра.

*bool PSL\_SetPar(int p, int v)*

Функция имеет следующие параметры:

*p* – номер параметра (см. таблицу 4).

*v* – значение параметра (см. таблицу 1).

Заданные функцией значения сохраняются в EEPROM.

**8.2.16. Функция PSL\_GetPar**

Чтение пресета из EEPROM.

*bool PSL\_GetPar(int p, int &v)*

Формат и диапазоны параметров аналогичны функции *PSL\_SetPar()*.

**8.2.17. Функция PSL\_GetFan**

Чтение скорости вентилятора и температуры радиатора.

*bool PSL\_GetFan(int &s, int &t)*

Функция имеет следующие параметры:

*s = 0...100 [%]* – скорость вентилятора.

*t = 0...999 [x0.1 °C]* – температура радиатора.

### 8.2.18. Функция PSL\_SetDAC

Запись кода ЦАП (используется при калибровке).

*bool PSL\_SetDAC(int cv, int ci)*

Функция имеет следующие параметры:

*cv = 0...65520 – значение кода ЦАП напряжения.*

*ci = 0...65520 – значение кода ЦАП тока.*

### 8.2.19. Функция PSL\_GetADC

Чтение кода АЦП (используется при калибровке).

*bool PSL\_GetADC(int &cv, int &ci)*

Функция имеет следующие параметры:

*cv = 0...65520 – значение кода АЦП напряжения.*

*ci = 0...65520 – значение кода АЦП тока.*

### 8.2.20. Функция PSL\_SetCal

Установка значения калибровочного коэффициента.

*bool PSL\_SetCal(int c, int v)*

Функция имеет следующие параметры:

*c – номер калибровочного коэффициента (см. таблицу 3).*

*v – значение калибровочного коэффициента (см. таблицу 3).*

Заданные функцией значения сохраняются в EEPROM.

### 8.2.21. Функция PSL\_GetCal

Чтение значения калибровочного коэффициента.

*bool PSL\_GetCal(int c, int &v)*

Формат и диапазоны параметров аналогичны функции *PSL\_SetCal()*.

## 9. Описание управляющей программы

### 9.1. Главное окно программы

Для управления источником питания с компьютера служит специальная программа. Она позволяет задавать и просматривать значения всех параметров. Внешний вид главного окна управляющей программы показан на рис. 3.

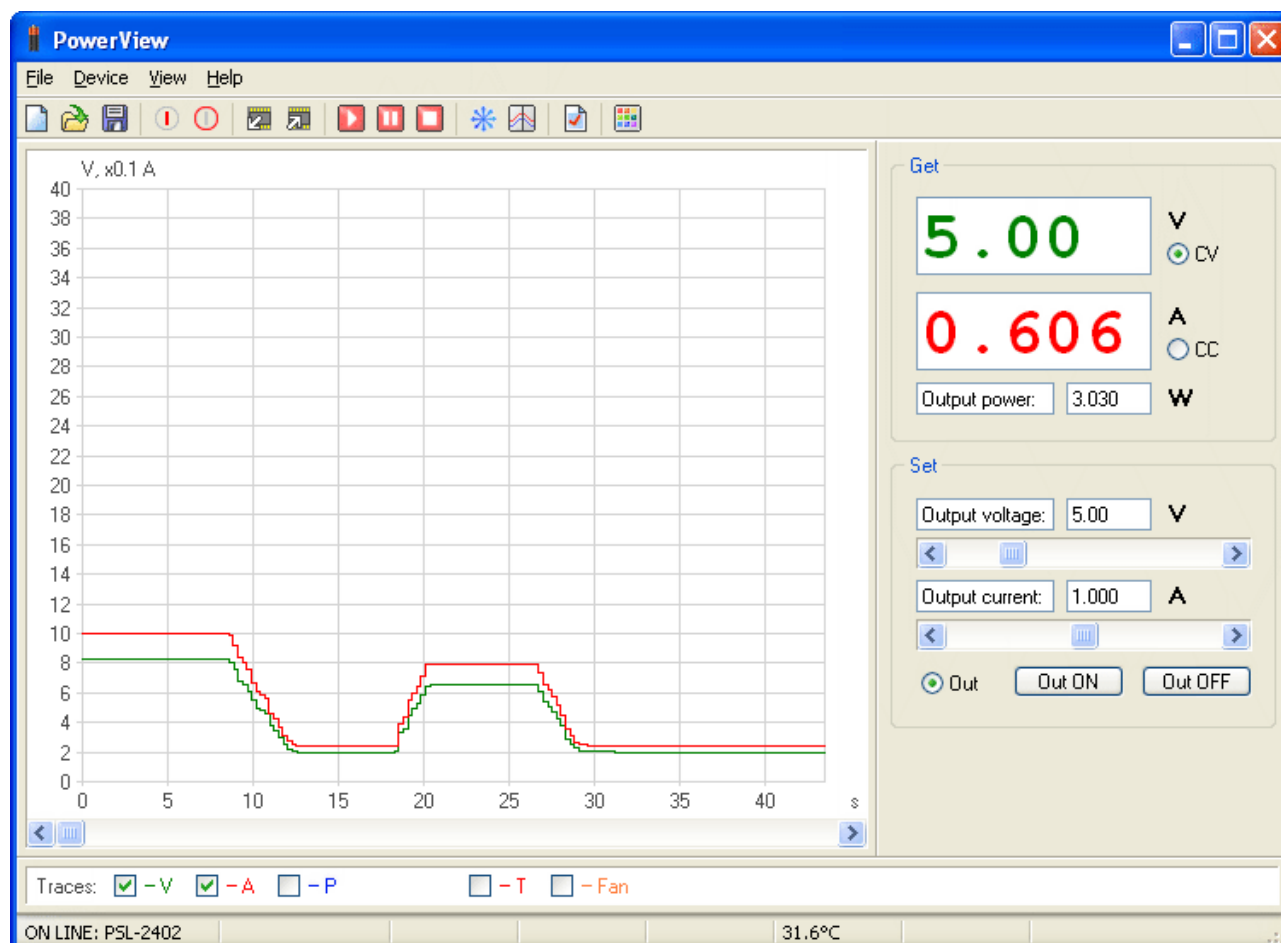


Рис. 3. Главное окно управляющей программы.

### 9.2. Связь с устройством

Для установления связи источник питания нужно подключить к интерфейсу USB компьютера. В управляющей программе нужно нажать кнопку Connect или выбрать пункт меню Device->Connect (Alt+C). При успешном соединении в строке состояния внизу главного окна программы отображается надпись «ON LINE» и название подключенного прибора. Отключить связь с прибором можно с помощью кнопки Disconnect или пункта меню Device->Disconnect (Alt+D).

### 9.3. Управление устройством

Система команд, которую поддерживает источник питания, позволяет в полном объеме осуществлять управление от компьютера, а также считывать текущие значения параметров. Местное управление с передней панели источника при этом может оставаться включенным, или его можно отключить (функция Lock).

На главном окне программы расположены поля, куда выводятся измеренные значения выходного напряжения, тока и мощности. Также выводится текущий режим работы – CV или CC. Ниже расположены поля для ввода выходного напряжения и тока. Эти величины также можно менять с помощью скроллеров. Еще ниже расположены кнопки включения и выключения выхода и индикатор состояния выхода.

В левой части основного окна программы расположено поле графика, позволяющее строить графики напряжения, тока, мощности, температуры радиатора и скорости вентилятора. Отображение каждого графика включается отдельно. Массив данных, по которому построены графики, можно сохранить в файл. На рисунке в качестве примера показан график потребляемого тока для мобильного телефона во время загрузки.

### 9.4. Задание опций

Окно задания опций состоит из нескольких вкладок. На вкладке General (рис. 4) можно установить следующие опции: Auto connect – программа будет постоянно проверять наличие подключенного источника и автоматически устанавливать с ним связь; Auto load parameters – при подключении источника будут автоматически из него считаны параметры, такие как установленное напряжение, ток и т.д.; Sample rate – период снятия точек графика; Auto scroll – автоматическое скроллинг графиков при достижении видимой границы окна.

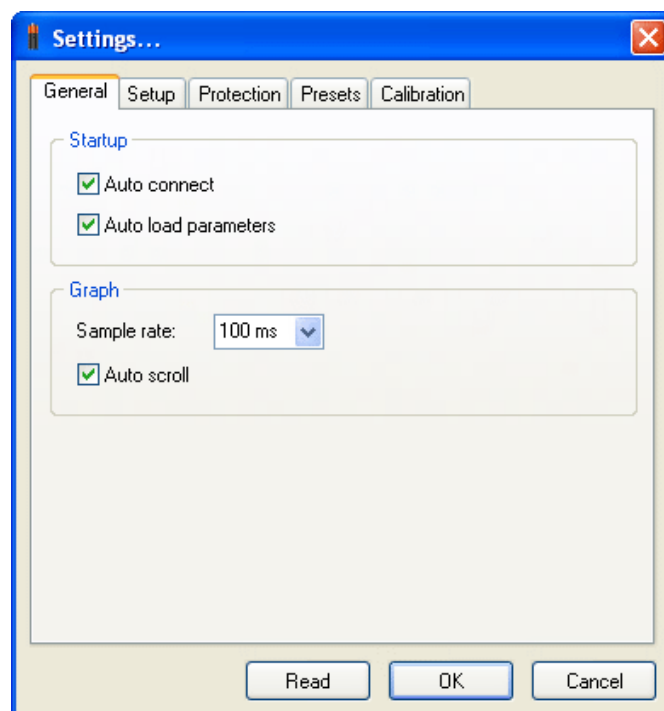
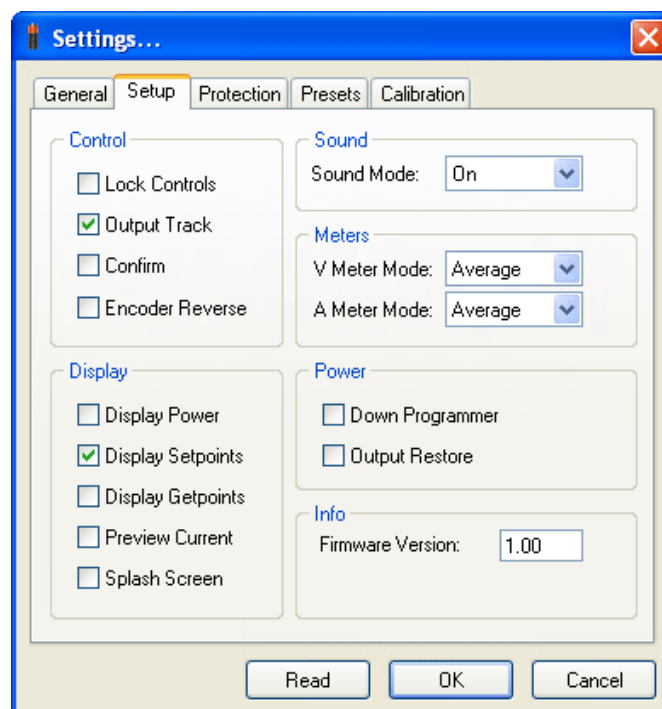


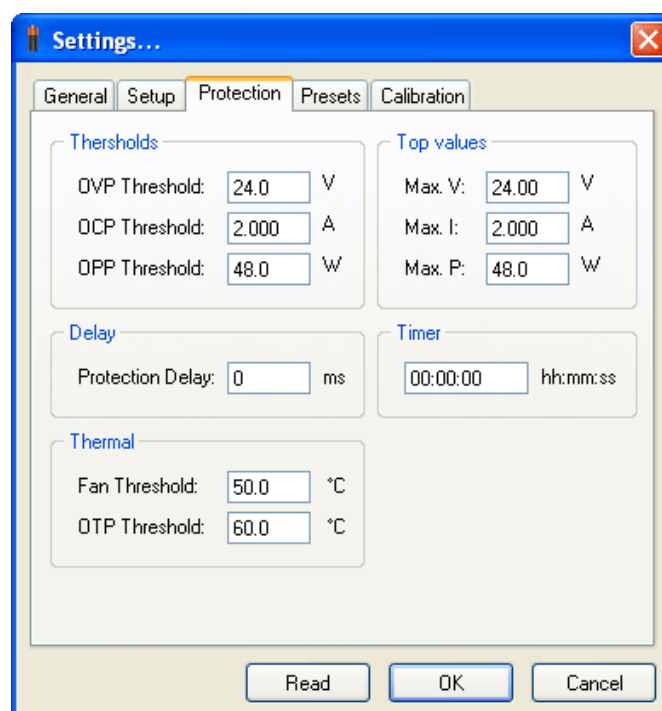
Рис. 4. Окно задания опций, закладка General.

На закладке Setup (рис. 5) расположены элементы управления, которые полностью повторяют пункты внутреннего меню источника (см. раздел «Меню настроек»).



**Рис. 5. Окно задания опций, закладка Setup.**

На закладке Protection (рис. 6) задаются параметры настройки защиты. Элементы управления повторяют пункты внутреннего меню настроек источника, а также меню задания порогов защиты и меню задания пределов напряжения, тока и мощности.



**Рис. 6. Окно задания опций, закладка Protection.**

На закладке Presets (рис. 7) расположены значения напряжения и тока для предустановок, которые можно отредактировать. Новое значение передается в БП и запоминается в EEPROM. Нажатие на кнопку Preset0...Preset9 загружает выбранный пресет.

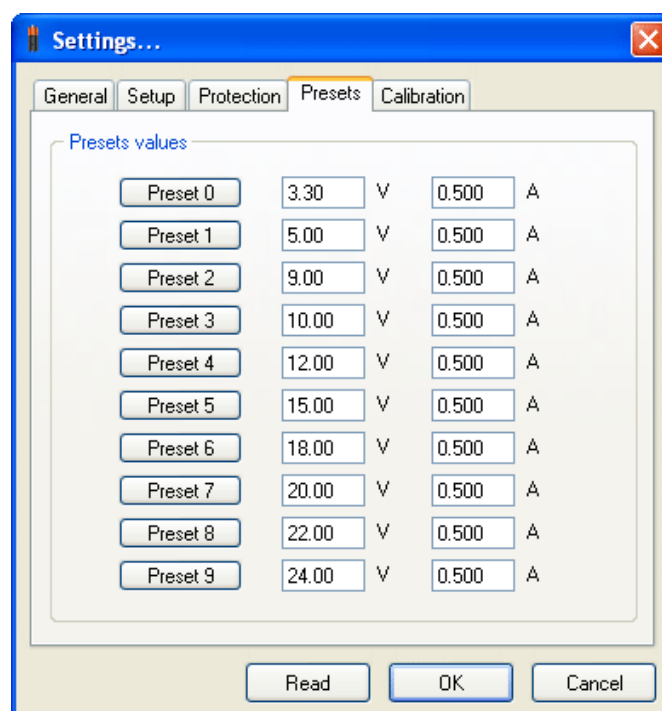


Рис. 7. Окно задания опций, закладка Presets.

На закладке Calibration (рис. 8) расположены калибровочные коэффициенты – значение напряжения или тока в калибровочной точке и код ЦАП или АЦП в этой точке.

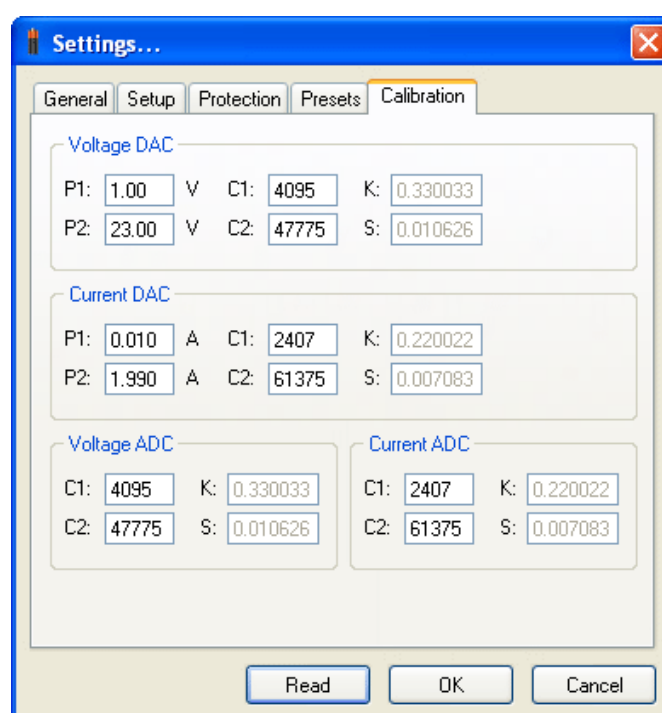


Рис. 8. Окно задания опций, закладка Calibration.

Дополнительно рассчитываются и отображаются коэффициент наклона  $K$  и смещение  $S$ . Эти величины позволяют сравнить результаты калибровок, сделанных по разным точкам. В текущей версии программы отсутствуют средства для пошаговой калибровки с компьютера. При необходимости любой коэффициент можно вычислить независимым способом и ввести в поле ввода. При этом он передается в БП и запоминается в EEPROM.

## 10. Обновление прошивки

Для обновления прошивки необходимо подключение источника питания к компьютеру через интерфейс USB. Обновление производится с помощью программы Flash Loader Demonstrator от фирмы STM. Для того чтобы программа могла связаться с микроконтроллером, нужно запустить встроенный загрузчик: питание БП нужно выключить, установить перемычку BOOT на плате передней панели, затем включить питание. После этого нужно запустить Flash Loader Demonstrator и, следуя инструкциям, загрузить в микроконтроллер обновленный файл прошивки psl-2402.hex. Затем следует снова выключить питание и снять перемычку. При следующем включении БП запустится обновленная прошивка.

## 11. Информация о разработчике

### 11.1. Разработчик

**NSM lab**

**e-mail: wubblick@yahoo.com**