

# PSL-3604

---

**Лабораторный источник питания**



---

***руководство пользователя***

# 1. Описание устройства

## 1.1. Технические характеристики

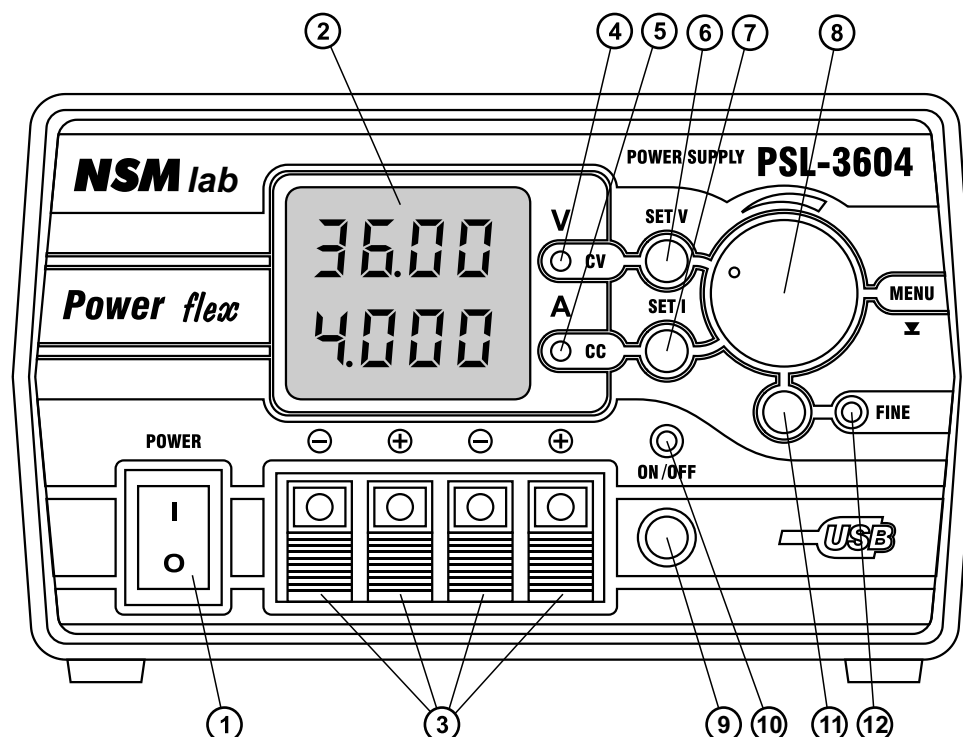
• выходное напряжение:	0...36 В
• выходной ток:	0...4 А
• максимальная выходная мощность:	100 Вт
• шаг установки напряжения:	10 мВ
• шаг установки тока:	1 мА
• режимы стабилизации:	напряжение (CV), ток (CC)
• погрешность установки и измерения напряжения:	0.02% + 10 мВ
• погрешность установки и измерения 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:	<150 Вт
• габариты:	150 x 90 x 220 мм
• вес:	1.5 кг

## 1.2. Назначение устройства

Лабораторный источник питания (блок питания, БП) PSL-3604 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. Для уменьшения рассеиваемой мощности применен выходной каскад с многоуровневым питанием. Источник имеет высокий коэффициент стабилизации выходного напряжения и высокую температурную стабильность, что позволяет использовать его при проведении прецизионных измерений.

## 1.3. Конструкция устройства

Источник питания собран в пластмассовом корпусе. На передней панели расположен сетевой выключатель, выходные клеммы и органы управления и индикации (рис. 1). На задней стенке установлен ребристый радиатор охлаждения, внизу которого расположен сетевой шнур и разъем порта USB.



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

1 – сетевой выключатель (POWER);  
 2 – дисплей;  
 3 – выходные клеммы;  
 4 – светодиод режима стабилизации напряжения (CV);  
 5 – светодиод режима стабилизации тока (CC);  
 6 – кнопка перехода в режим установки напряжения (SET V);  
 7 – кнопка перехода в режим установки тока (SET I);

8 – ручка энкодера;  
 9 – кнопка включения/выключения выхода;  
 10 – светодиод индикации включения выхода (ON/OFF);  
 11 – кнопка перехода в режим точной регулировки (FINE);  
 12 – светодиод индикации режима точной регулировки;

#### 1.4. Подключение устройства

Для подключения нагрузки служат пружинные клеммы 3 (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 USB типа «В» расположен на задней панели. Интерфейс гальванически изолирован.

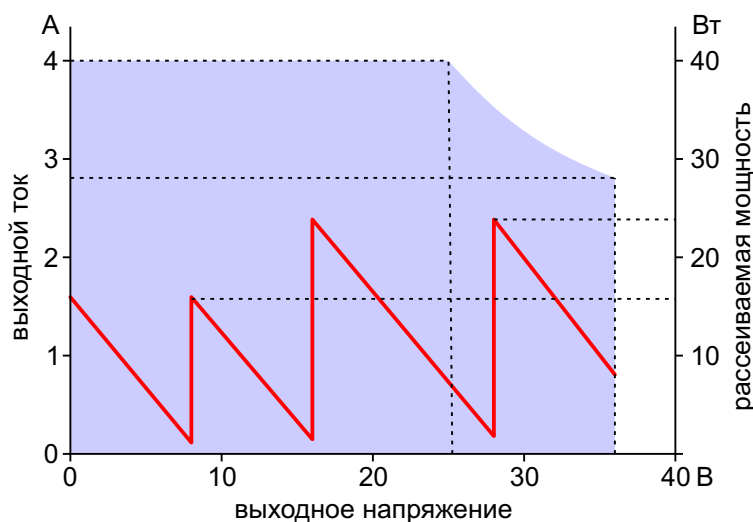
## 2. Режимы работы

### 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 4 и 5 (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, на дисплее индицируется установленное значение напряжения и измеренное значение тока нагрузки. Если ток нагрузки превышает заданное значение ограничения тока, источник переходит в режим стабилизации тока. В этом режиме горит светодиод CC, на дисплее индицируется измеренное значение напряжения на нагрузке и заданное значение ограничения тока. При переходе из режима CV в режим CC генерируется звуковой сигнал низкого тона, при обратном переходе – высокого тона. Звуковые сигналы могут быть отключены из меню управления.

### 2.2. Многоуровневое питание

Максимальный ток нагрузки источника питания определяется выходным напряжением и мощностью источника. Для лабораторного источника PSL-3604, который имеет мощность 100 Вт, при выходном напряжении 36 В выходной ток не должен превышать 2.8 А. На более низких выходных напряжениях источник способен отдавать ток до 4 А. При увеличении выходного напряжения максимальный ток должен быть снижен таким образом, чтобы выходная мощность не превышала 100 Вт. При превышении максимальной мощности сработает защита от перегрузки по мощности, а выход источника автоматически отключится. График максимального выходного тока показан на рис. 2. Для



**Рис. 2. График выходного тока и мощности рассеяния.**

уменьшения рассеиваемой мощности источник питания PSL-3604 имеет четырехуровневое питание выходного каскада. Поэтому мощность рассеяния зависит от установленного выходного напряжения, причем эта зависимость имеет несколько максимумов. График мощности рассеяния при постоянном выходном токе 2 А показан на рис. 2 красной линией. При колебаниях напряжения сети график рассеиваемой мощности может несколько смещаться.

### 2.3. 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 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».

### 2.4. Схема Remote Sense

Источник питания содержит схему снятия напряжения непосредственно с нагрузки (Remote Sense). В базовой модификации источника входы Remote Sense внутри корпуса подключены непосредственно к выходным клеммам, чтобы исключить влияние сопротивления проводников внутри БП на стабильность выходного напряжения. При необходимости входы Remote Sense могут быть выведены на отдельные клеммы для подключения к нагрузке через специальные измерительные провода. Схема Remote Sense имеет защиту от обрыва измерительных проводников, а также от неправильного их подключения. Если разность напряжений между силовым и измерительным проводниками превысит 1 В, выходное напряжение БП уменьшится до нуля, при этом DP останется включенным. Нужно иметь в виду, что при использовании Remote Sense с отдельными измерительными проводами область устойчивости БП при реактивном характере нагрузки становится более узкой. В некоторых случаях для обеспечения устойчивости может понадобиться подключение дополнительной емкости 100...470 мкФ непосредственно на выходные клеммы источника.

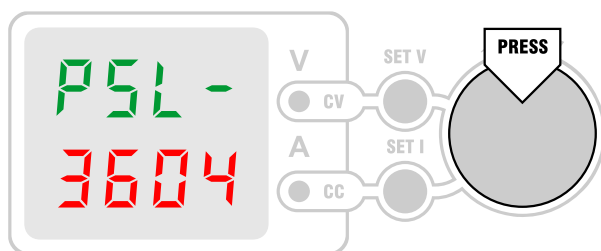
### 2.5. Схема супервизора

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

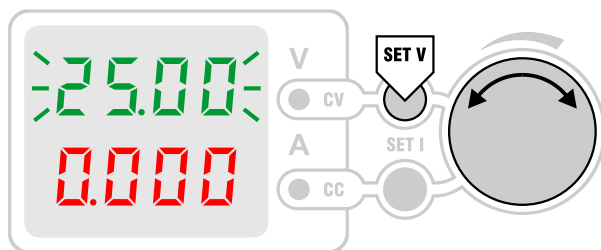
#### 3.1. Включение источника

При включении источника питания в сеть из энергонезависимой памяти (EEPROM) считываются все параметры, в том числе последние установленные значения тока и напряжения. Если в меню настроек разрешено отображение заставки, то на дисплей выводится название модели источника (PSL-3604). Заставка автоматически исчезает через 2 сек. Завершить отображение заставки можно в любой момент нажатием любой кнопки или ручки энкодера. Затем на дисплей выводятся установленные значения тока и напряжения. Выход источника остается выключенным. Если это не устраивает, в меню можно выбрать режим восстановления состояния выхода (Out-On). Тогда при включении источника будет восстанавливаться то состояние выхода, которое было перед выключением источника.

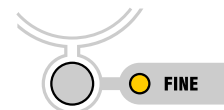


#### 3.2. Установка выходного напряжения

Для установки выходного напряжения необходимо нажать кнопку SET V или ручку энкодера. На дисплее начнет мигать установленное значение напряжения. Вращением ручки энкодера это значение можно менять. Шаг перестройки напряжения составляет 0.1 В. При быстром вращении ручки энкодера шаг автоматически увеличивается до 1 В. При необходимости более точной установки выходного напряжения можно перейти к тонкой регулировке, для чего нужно нажать кнопку



FINE. При этом загорится светодиод FINE, и шаг перестройки станет равным 0.01 В. Для обратного перехода к нормальному шагу перестройки нужно нажать кнопку FINE еще раз, при этом светодиод FINE погаснет. При дальнейшей регулировке напряжения с нормальным шагом значение выравнивается на сотни мВ, т.е. десятки мВ обнуляются. Признаком включения режима FINE запоминается в энергонезависимой памяти и восстанавливается при включении источника. Чтобы выйти из режима установки выходного напряжения, нужно нажать кнопку SET V или ручку энкодера еще раз. При этом значение напряжения на дисплее перестает мигать. Если в режиме установки выходного напряжения регулировка не производится дольше 5 сек., то происходит автоматический выход из этого режима.



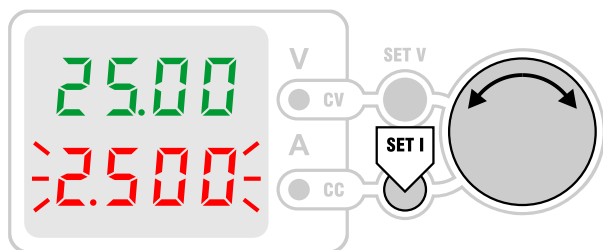
В тех случаях, когда требуется частая регулировка выходного напряжения, в меню можно включить режим Output Track (trc-On). Тогда вход в режим установки выходного

напряжения будет производиться автоматически при повороте ручки энкодера, нажимать кнопку SET V не потребуется. Выход из режима установки напряжения осуществляется по нажатию кнопки SET V или ручки энкодера, или автоматически через 5 сек.

Иногда требуется не плавно изменить выходное напряжение, а скачком. Для этого в меню следует включить режим Confirm (Con-On). Тогда выходное напряжение источника будет изменяться только при нажатии кнопки SET V или ручки энкодера после регулировки. Во время вращения ручки энкодера выходное напряжение меняться не будет. Если выход из режима установки происходит автоматически через 5 сек. после окончания регулировки, то выходное напряжение не меняется, а установленное напряжение возвращается к тому значению, какое было до регулировки.

### 3.3. Установка тока ограничения

Для установки тока ограничения необходимо нажать кнопку SET I, или дважды нажать ручку энкодера. На дисплее начнет мигать установленное значение тока.



Вращением ручки энкодера это значение можно менять. Шаг перестройки тока составляет 0.01 А. При быстром вращении ручки энкодера шаг автоматически увеличивается до 0.1 А. При необходимости более точной установки тока ограничения можно перейти к тонкой регулировке, для чего нужно нажать кнопку FINE. При этом загорится светодиод FINE, и шаг

перестройки станет равным 0.001 А. Для обратного перехода к нормальному шагу перестройки нужно нажать кнопку FINE еще раз, при этом светодиод FINE погаснет. При дальнейшей регулировке тока с нормальным шагом значение выравнивается на десятки мА, т.е. единицы мА обнуляются. Если во время регулировки источник находится в режиме CC и в меню не включен режим Confirm, то выходной ток меняется вслед за изменением установленного значения. С включенным режимом Confirm ток меняется только при нажатии кнопки SET I или ручки энкодера в конце регулировки. Чтобы выйти из режима установки тока ограничения, нужно нажать кнопку SET I еще раз. Если в режиме установки тока ограничения регулировка не производится дольше 5 сек., то происходит автоматический выход из этого режима. При этом значение тока ограничения на дисплее мигать перестает. Если источник находится в режиме CV и выход включен, вместо установленного тока будет индицироваться измеренный ток нагрузки. При выходе из режима установки значение тока сохраняется в энергонезависимой памяти.

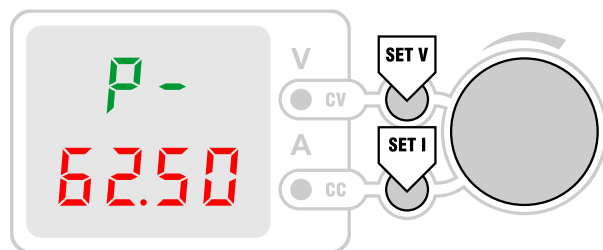
Посмотреть установленное значение тока ограничения можно в любое время, для этого достаточно нажать кнопку SET I. На дисплей будет выведено установленное значение, которое будет мигать. Перейти к индикации тока нагрузки можно еще одним нажатием кнопки SET I. Если в течение 5 сек. нажатие кнопки не производится, то происходит автоматический переход к индикации тока нагрузки.



Благодаря тому, что емкость выходного конденсатора БП совсем небольшая (0.47 мкФ), исключаются выбросы выходного тока выше установленного уровня ограничения, которые свойственны многим моделям лабораторных источников питания.

### 3.4. Индикация выходной мощности

Источник имеет возможность индикации выходной мощности. Для включения этого режима нужно одновременно нажать кнопки SET V и SET I. Этот режим также можно

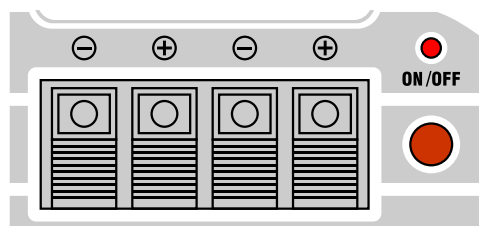


включить из меню. На дисплее появится надпись «P-» в верхней строке и значение выходной мощности в нижней строке. Светодиоды CV и CC при этом продолжают индицировать текущий режим работы источника. Во время регулировки тока ограничения индикация мощности временно осуществляется в верхней строке дисплея. Вычисление мощности

производится путем перемножения измеренного выходного тока и напряжения. Если для измерителя тока или напряжения включен режим отображения средних значений, то будет показана средняя мощность. Если включить пиковый режим, то и значение мощности будет вычисляться пиковое. Дискретность отображения мощности – 0.001 Вт. При увеличении значения измеренной мощности выше 9.999 Вт запятая на дисплее сдвигается, дискретность отображения увеличивается и становится равной 0.01 Вт. При мощности выше 99.99 Вт дискретность становится 0.1 Вт. Выйти из режима индикации выходной мощности можно повторным одновременным нажатием кнопок SET V и SET I или выключением этого режима из меню.

### 3.5. Включение/выключение выхода

Включение и выключение выхода источника осуществляется кнопкой ON/OFF. Когда выход включен, горит светодиод ON/OFF. При выключении выхода светодиод ON/OFF



гаснет, гаснут и светодиоды CV и CC. При отключенном выходе на дисплее индицируется установленное напряжение и нулевой ток. В этом режиме можно производить регулировку установленного напряжения или тока ограничения, новое значение появится на выходе только после включения его кнопкой ON/OFF. Как

альтернатива, 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 напряжение и измеренное значение тока. В режиме CC – измеренное значение



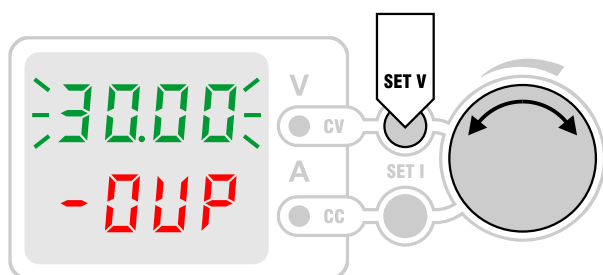
напряжения и установленное значение тока. Такой режим отображения может быть отключен из меню. Для этого нужно выбрать отключение индикации установленных значений (SEt-OFF). В этом случае всегда будут индицироваться измеренные значения. Надо отметить, что несмотря на распространенность такого режима индикации в лабораторных БП, отображать измеренное напряжение при работе источника в режиме CV смысла нет, 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 только затрудняет считывание значений. То же самое относится и к индикации тока. Поэтому рекомендуется использовать режим индикации установленных значений (SEt-On).

Когда выбран режим работы с отключенной схемой Down Programmer (dnP-OFF), 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 47 В). От обратной полярности источник защищен встроенным шунтирующим диодом.

Когда выбран режим работы с включенной схемой Down Programmer (dnP-On), 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 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. Для установки порога OVP необходимо нажать кнопку SET V и удерживать ее до

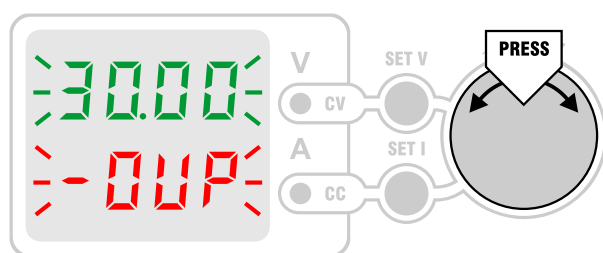


звукового сигнала. Как вариант, в этот режим можно войти из меню или из режима установки порога OCP нажатием кнопки SET V. На дисплее начнет мигать значение порога OVP, а вместо значения тока появится надпись «-OVP». Вращением ручки энкодера значение порога можно менять. Шаг перестройки составляет 0.1 В. При необходимости более точной

установки порога можно перейти к тонкой регулировке, для чего нужно нажать кнопку FINE. При этом загорится светодиод FINE, и шаг перестройки станет равным 0.01 В. Для

обратного перехода к нормальному шагу перестройки нужно нажать кнопку FINE еще раз. Если установить значение порога, равное максимальному напряжению БП, то защита OVP отключается, а вместо значения порога индицируется «OFF». Чтобы выйти из режима установки порога OVP, нужно нажать кнопку SET V или ручку энкодера. При этом новое значение порога будет сохранено в энергонезависимой памяти, а на дисплее появятся рабочие значения напряжения и тока. Если в режиме установки порога OVP регулировка не производится дольше 10 сек., то происходит автоматический выход из этого режима без сохранения нового значения.

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 SET V или ON/OFF. При нажатии ручки энкодера осуществляется вход в редактирование порога защиты. Для завершения редактирования нужно нажать кнопку энкодера еще раз. Если редактирования не требуется, можно сразу повторно нажать кнопку энкодера, защита при этом будет

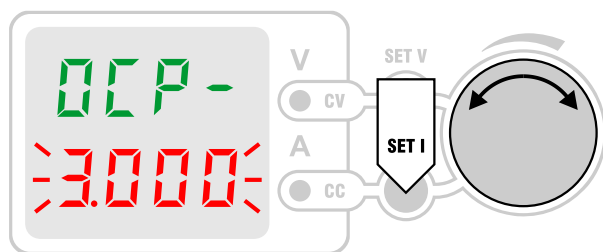
сброшена. Повторное включение выхода можно сделать только вручную, нажав кнопку ON/OFF. Защита от превышения напряжения реализована программно, минимальное время реакции составляет примерно 1 мс. Из меню (dEL-xx) можно установить дополнительную задержку срабатывания OVP в пределах 0...999 мс. Отсчет задержки начинается с момента регистрации превышения порога защиты. Поскольку анализируется пиковое значение измеренного напряжения, при наличии выбросов защита может сработать раньше, чем измеренное среднее значение напряжение достигнет установленного порога. Защита OVP также срабатывает при попадании на выходные клеммы источника внешнего напряжения выше установленного порога и при неисправности схемы самого источника.

Нужно отметить, что 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. Для установки порога OCP необходимо нажать кнопку SET I и удерживать ее до звукового сигнала. Как вариант, в этот режим можно войти из меню или из режима установки порога OVP нажатием кнопки SET I. На дисплее начнет мигать значение порога OCP, а вместо значения напряжения появится надпись «OCP-». Вращением ручки энкодера значение порога можно менять. Шаг перестройки порога составляет 0.01 А. При необходимости более точной установки порога можно перейти к тонкой регулировке, для чего нужно нажать кнопку FINE. При этом загорится светодиод FINE, и шаг перестройки станет равным 0.001 А. Для обратного перехода к нормальному шагу перестройки нужно

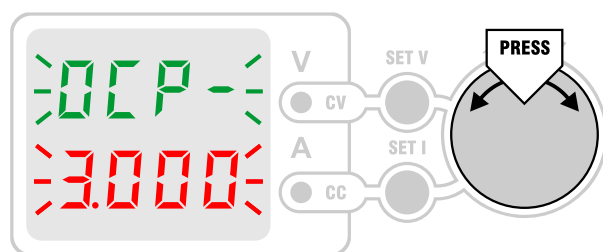
нажать кнопку FINE еще раз. Если установить значение порога, равное максимальному выходному току БП, то защита OCP отключается, а вместо значения порога индицируется



«OFF». Чтобы выйти из режима установки порога OCP, нужно нажать кнопку SET I или ручку энкодера. При этом новое значение порога будет сохранено в энергонезависимой памяти, а на дисплее появятся рабочие значения напряжения и тока. Если в режиме установки порога OCP регулировка не производится дольше 10 сек., то происходит автоматический выход

из этого режима без сохранения нового значения.

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 SET I или ON/OFF. При нажатии ручки энкодера осуществляется вход в редактирование порога защиты. Для завершения редактирования нужно нажать кнопку энкодера еще раз. Если редактирования не требуется, можно сразу повторно нажать кнопку энкодера, защита при этом будет сброшена. Повторное включение выхода



можно сделать только вручную, нажав кнопку 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

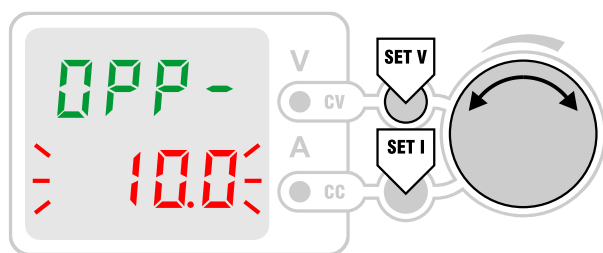
задержка. Величину задержки OCP можно установить из меню (dEL-xx) в пределах 0...999 мс. Отсчет задержки начинается с момента регистрации превышения порога защиты. Эта задержка используется для трех видов защиты: OVP, OCP, OPP. Поскольку анализируется пиковое значение измеренного тока, при наличии выбросов защита может сработать раньше, чем измеренное среднее значение тока достигнет установленного порога.

Нужно отметить, что 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. Войти в режим установки порога OPP можно из режима установки порога OVP или OCP с помощью одновременного нажатия кнопок SET V и SET I. Как вариант, в этот режим можно войти из меню. На дисплее начнет мигать значение порога OPP, а вместо значения напряжения появится надпись «OPP-». Вращением ручки энкодера значение порога можно менять. Шаг перестройки порога составляет 1 Вт. При необходимости более

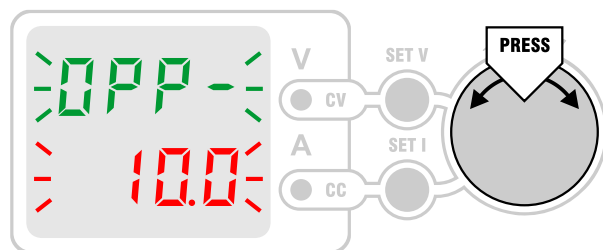
точной установки порога можно перейти к тонкой регулировке, для чего нужно нажать кнопку FINE. При этом загорится светодиод FINE, и шаг перестройки станет равным 0.1 Вт.



Для обратного перехода к нормальному шагу перестройки нужно нажать кнопку FINE еще раз. Если установить значение порога, равное максимальной выходной мощности БП, то защита OPP отключается, а вместо значения порога индицируется «OFF». Чтобы выйти из режима установки порога OPP, нужно нажать ручку энкодера.

При этом новое значение порога будет сохранено в энергонезависимой памяти, а на дисплее появятся рабочие значения напряжения и тока. Если в режиме установки порога OPP регулировка не производится дольше 10 сек., то происходит автоматический выход из этого режима без сохранения нового значения.

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 ON/OFF. При нажатии ручки энкодера осуществляется вход в редактирование порога защиты. Для завершения редактирования нужно нажать кнопку энкодера еще раз. Если редактирования не требуется, можно сразу повторно нажать ручку энкодера, защита при этом будет сброшена. Повторное

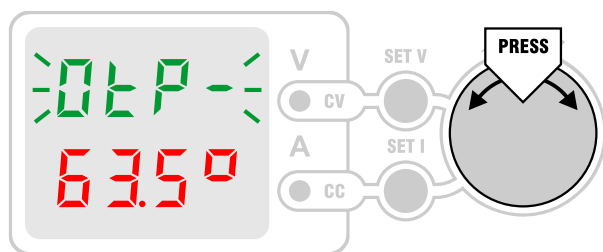
включение выхода можно сделать только вручную, нажав кнопку ON/OFF. Защита от превышения мощности реализована программно, время реакции составляет примерно 1 мс.

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 (если источник оборудован вентилятором) и порог аварийной сигнализации и защиты. Для вентилятора предусмотрено управления 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 включения звуковой сигнализации пользователь должен принять меры: выключить БП или уменьшить ток нагрузки. Если температура продолжит расти и достигнет порога ОТП, выход БП автоматически выключится, а на дисплей будет выведено мигающее сообщение о срабатывании температурной

защиты. В нижней строчке дисплея будет выводиться текущая температура радиатора. Вентилятор при этом останется включенным. В таком режиме функции управления источником заблокированы, можно только войти в режим редактирования порога ОТП нажатием ручки энкодера. Это может понадобиться, например, для изменения ошибочно установленного слишком низкого температурного порога. Когда температура опустится ниже порога ОТП на 3°C, сообщение об аварии на дисплее исчезнет. После этого станет возможным повторное включение выхода БП кнопкой ON/OFF.

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

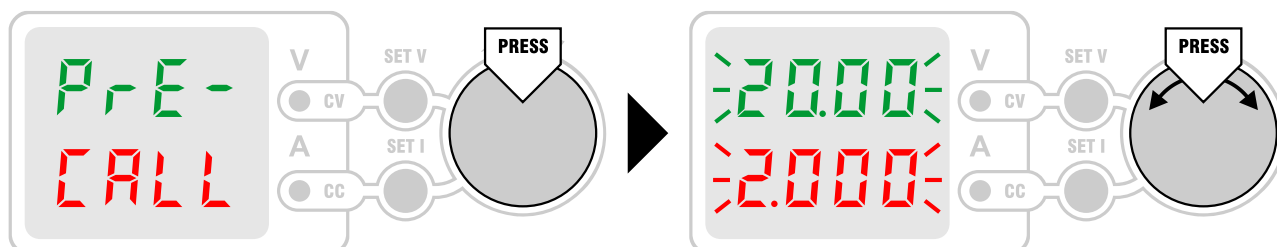
## 4. Меню настроек

### 4.1. Вход в меню

Источник питания имеет меню настроек, которое позволяет включать те или иные опции, а также изменять 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 значения параметра нужно нажать ручку энкодера. Значение начнет мигать, теперь его можно изменять поворотом ручки энкодера. Закончить редактирование можно еще одним нажатием ручки энкодера, новое значение параметра сохраняется в энергонезависимой памяти. Если закончить редактирование длинным нажатием ручки энкодера, то произойдет сохранение нового значения параметра и возврат в основное меню. Для выхода в основное меню можно также нажать кнопку SET V или SET I, или 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.



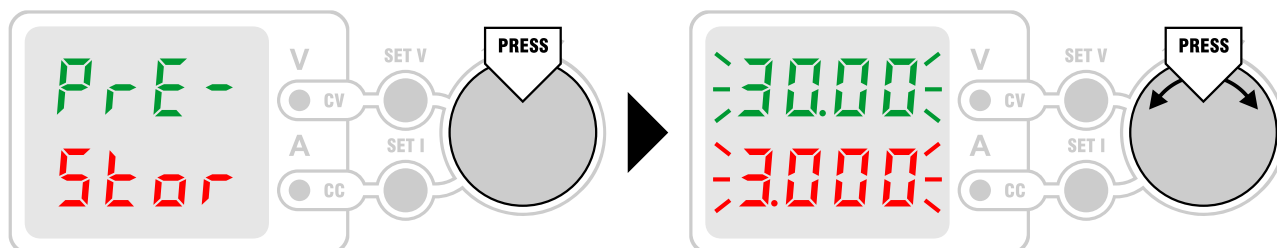
Для считывания предустановки необходимо выбрать пункт меню «PrE-CALL» и нажать ручку энкодера. При этом на дисплее появятся мигающие значения тока и напряжения первой предустановки. Вращением энкодера можно выбрать нужную предустановку из 10 имеющихся. Чтобы применить выбранную предустановку, нужно нажать ручку энкодера еще раз. Считанные из предустановки значения тока и напряжения будут установлены, произойдет выход из меню настроек, а вход БП автоматически отключится. Включить его можно вручную с помощью кнопки ON/OFF.

Если нужно выйти из меню чтения предустановок без их считывания, то следует выбрать пункт «ESC-YES», который следует за последней предустановкой. Нажатие ручки энкодера на этом пункте вызывает выход из меню настроек без чтения предустановки. 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.

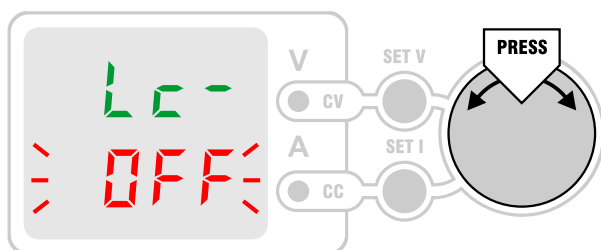


Для этого нужно выбрать пункт меню «PrE-Stor» и нажать ручку энкодера. На дисплее появятся мигающие значения тока и напряжения первой предустановки. Вращением энкодера можно выбрать желаемую предустановку из 10 имеющихся. Чтобы перезаписать выбранную предустановку текущими значениями напряжения и тока, 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 управления

Для защиты установленных параметров БП от несанкционированного изменения предусмотрена возможность блокировки органов управления. Для включения блокировки



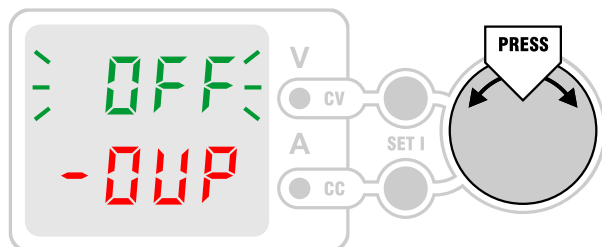
нужно установить параметр «Lc-On». После этого органы управления (кнопки, энкодер) окажутся отключенными. При нажатии любой кнопки на дисплей будет выведено сообщение «Lc-On», никакие другие действия при этом выполняться не будут. Управление источником через интерфейс при включенной блокировке продолжает работать. Блокировка не распространяется

на кнопку выключения выхода ON/OFF. Для отключения блокировки нужно нажать и удерживать ручку энкодера до звукового сигнала. Поворотом ручки энкодера нужно установить параметр «Lc-OFF», что разблокирует органы управления.



#### 4.5. Установка порога OVP

Порог защиты от превышения напряжения (OVP) может быть установлен не только по удержанию кнопки SET V в основном меню, как было сказано выше (пункт 3.6), но и с

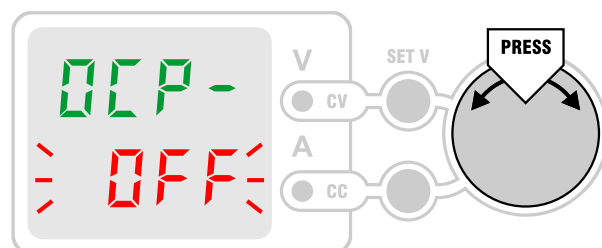


помощью меню «xx.xx-OVP», где xx.xx – порог срабатывания защиты в вольтах. Если установить значение порога, равное максимальному напряжению БП, то защита OVP отключается, а вместо значения порога индицируется «OFF». Вращением ручки энкодера значение порога можно менять с шагом 0.1 В. При необходимости более точной установки порога можно перейти к

тонкой регулировке, для чего нужно нажать кнопку FINE. При этом загорится светодиод FINE, и шаг перестройки станет равным 0.01 В. Для обратного перехода к нормальному шагу перестройки нужно нажать кнопку FINE еще раз.

#### 4.6. Установка порога OCP

Порог защиты от превышения тока (OCP) может быть установлен не только по удержанию кнопки SET I в основном меню, как было сказано выше (пункт 3.7), но и с

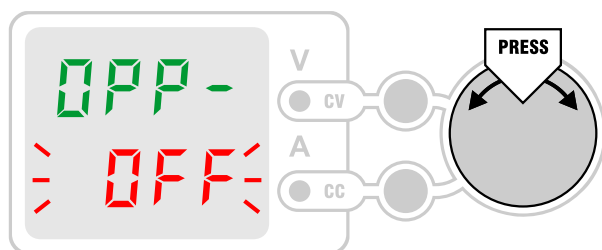


помощью меню «OCP-x.xxx», где x.xxx – порог срабатывания защиты в амперах. Если установить значение порога, равное максимальному выходному току БП, то защита OCP отключается, а вместо значения порога индицируется «OFF». Вращением ручки энкодера значение порога можно менять с шагом 0.01 А. При необходимости более точной установки порога можно

перейти к тонкой регулировке, для чего нужно нажать кнопку FINE. При этом загорится светодиод FINE, и шаг перестройки станет равным 0.001 А. Для обратного перехода к нормальному шагу перестройки нужно нажать кнопку FINE еще раз.

#### 4.7. Установка порога OPP

Порог защиты от превышения мощности (OPP) может быть установлен не только по одновременному нажатию кнопок SET V и SET I в режиме установки порога OVP или OCP, как было сказано выше (пункт 3.8), но и с

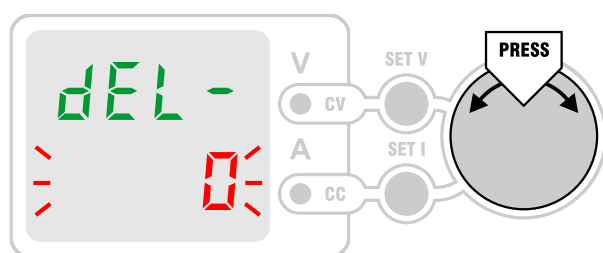


помощью меню «OPP-xxx.x», где xxx.x – порог срабатывания защиты в ваттах. Если установить значение порога, равное максимальной выходной мощности БП, то защита OPP отключается, а вместо значения порога индицируется «OFF». Вращением ручки энкодера значение порога можно менять с шагом 1 Вт. При необходимости

более точной установки порога можно перейти к тонкой регулировке, для чего нужно нажать кнопку FINE. При этом загорится светодиод FINE, и шаг перестройки станет равным 0.1 Вт. Для обратного перехода к нормальному шагу перестройки нужно нажать кнопку FINE еще раз.

#### 4.8. Установка задержки OVP/OCР/OPP

Задержка срабатывания защиты используется для всех видов защиты OVP/OCР/OPP. Но больше всего задержка актуальна для защиты по току (OCР), чтобы она не реагировала

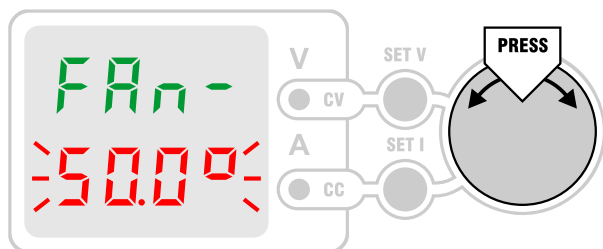


на начальные броски тока, связанные с зарядкой фильтрующих емкостей в нагрузке. Для задания величины задержки необходимо в меню установить нужное значение «dEL-xxx», где xxx – длительность задержки в миллисекундах. Длительность может лежать в диапазоне от 0 до 999 мс. Задержка отсчитывается от момента превышения порога защиты. Поскольку

защита реализована программно, время срабатывания даже при установленной нулевой задержке составляет около 1 мс.

#### 4.9. Установка порога включения вентилятора

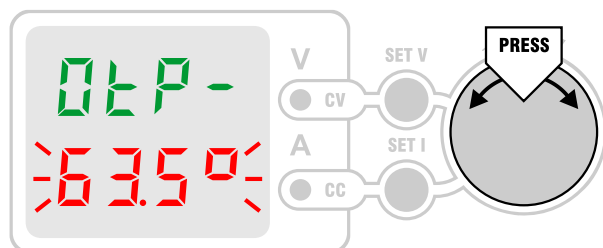
Источник питания может быть оборудован вентилятором. Для уменьшения создаваемого шума предусмотрено пропорциональное управление скоростью вращения. Для вентилятора задается порог температуры, ниже которой он не вращается. При достижении пороговой температуры вентилятор начинает вращаться, причем его скорость будет зависеть от текущей температуры. Пороговую температуру можно задать в



меню «FAn-xx.x°», где xx.x – температурный порог в градусах. Значение порога может лежать в диапазоне от 0 до 99.9°C.

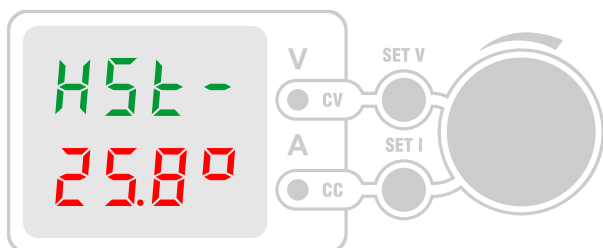
#### 4.10. Установка порога ОТП

Для предотвращения повреждения источника в результате перегрева, он имеет температурную защиту. Для этого на радиаторе установлен датчик температуры. При приближении температуры радиатора к порогу ОТП 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 достигнет установленного порога, сработает защита от перегрева (ОТП), и выход источника отключится. Повторное включение возможно лишь после остывания на 3°C ниже пороговой температуры. Пороговую температуру можно задать из меню «ОТП-xx.x°», где xx.x – температурный порог в градусах. Значение порога может лежать в диапазоне от 0 до 99.9°C.



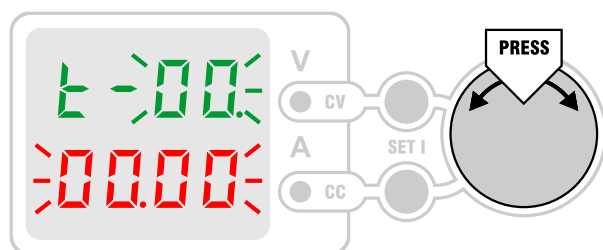
#### 4.11. Просмотр температуры радиатора

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.x°», где xx.x – измеренное значение температуры радиатора в градусах. Диапазон измеряемых температур – от 0 до 99.9°C. В данном меню нажатие ручки энкодера никаких действий не производит и сопровождается звуковым сигналом ошибки. Автоматический выход по таймауту из этого меню не производится, что позволяет неограниченно долго наблюдать за температурой радиатора при работе БП.



#### 4.12. Установка таймера

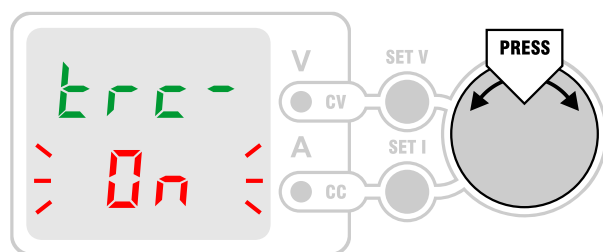
Источник питания имеет таймер, который позволяет автоматически отключать выход спустя установленный интервал времени. Для установки интервала таймера служит меню «t-xx.xx.xx», где xx.xx.xx – интервал таймера в часах, минутах и секундах. Вращением ручки энкодера значение интервала можно менять с шагом 1 мин. При быстром вращении энкодера шаг увеличивается до 1 ч. Если включить режим FINE, то шаг уменьшается до 1 сек. Для запуска таймера необходимо при выключенном выходе источника



установить желаемый интервал, затем включить выход кнопкой ON/OFF. При этом начинается обратный отсчет времени, а светодиод ON/OFF начинает мигать. Если выход БП отключить, работа таймера приостанавливается, а при следующем включении выхода – продолжается. Автоматический выход по таймауту из этого меню не производится, что позволяет неограниченно долго наблюдать за работой таймера. Интервал таймера может быть установлен в пределах от 1 секунды (00.00.01) до 18 часов (18.00.00). Допустимо редактирование интервала во время обратного отсчета времени. Нулевое значение интервала соответствует отключенной функции таймера, при этом выход БП может быть включен сколь угодно долго. В энергонезависимой памяти значение интервала таймера не сохраняется, перед каждым использованием таймера нужно устанавливать его интервал вновь. При включении питания БП интервал таймера всегда равен нулю (таймер отключен).

#### 4.13. Включение режима Output Track

Для упрощения процесса регулировки напряжения служит режим Output Track, который включен по умолчанию. В этом режиме для регулировки выходного напряжения

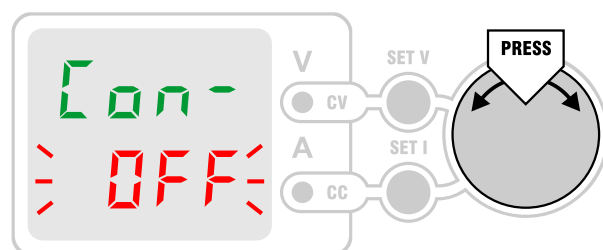


достаточно просто повернуть ручку энкодера. Первый шаг энкодера лишь включает режим установки напряжения (цифры напряжения на дисплее начнут мигать), не меняя его. Начиная со следующего шага, напряжение начнет меняться. Если выход источника включен, напряжение на нагрузке тоже будет меняться синхронно с поворотом ручки

энкодера. Выйти из режима установки напряжения можно нажатием кнопки SET V. Если регулировка не производится дольше 5 сек., то происходит автоматический выход из режима установки. При выходе из режима установки значение напряжения сохраняется в энергонезависимой памяти. Если в меню установить «trc-OFF», то режим Output Track будет выключен. Тогда для входа в режим установки напряжения нужно нажать кнопку SET V или ручку энкодера, поворот ручки без нажатия никаких действий не производит.

#### 4.14. Включение режима Confirm

По умолчанию установлен режим, когда напряжение на нагрузке меняется синхронно с поворотом ручки энкодера. Иногда требуется не плавная регулировка



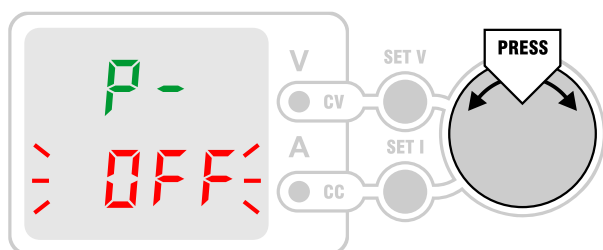
выходного напряжения, а его изменение скачком. В таких случаях может быть включен режим подтверждения установки напряжения (Confirm). Для этого необходимо в меню установить «Con-On». В этом режиме вход в режим установки производится обычным образом – нажатием кнопки SET V, нажатием ручки энкодера или поворотом ручки (если

включен режим Output Track). Во время регулировки значение напряжения на дисплее будет меняться, но напряжение на нагрузке будет оставаться неизменным. Чтобы обновить

выходное напряжение, нужно нажать кнопку SET V или ручку энкодера. Одновременно произойдет выход из режима установки напряжения и сохранение нового значения в энергонезависимой памяти. Если ничего не нажимать, то спустя 5 сек. произойдет автоматический выход из режима установки напряжения с восстановлением старого значения напряжения, которое было до начала регулировки.

#### 4.15. Включение режима индикации мощности

Режим индикации мощности может быть включен не только одновременным нажатием кнопок SET V и SET I в основном меню, как было сказано выше (пункт 3.4), но и

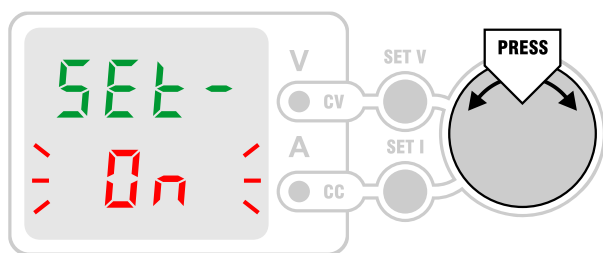


путем установки в меню значения «P-On». При этом вместо значения напряжения на дисплее будет выводиться надпись «P-», а вместо значения тока – мощность в ваттах. Отменить режим индикации мощности можно еще одним одновременным нажатием кнопок SET V и SET I в основном меню, или установкой в меню значения «P-OFF». Признак индикации мощности

сохраняется в EEPROM и восстанавливается при включении питания БП.

#### 4.16. Включение режима Display Setpoint

По умолчанию установлен режим «SEt-On», когда при работе источника в режиме CV индицируется установленное напряжение и измеренный ток. При работе в режиме CC – измеренное напряжение и установленный ток. Если этот режим выключить («SEt-OFF»), то

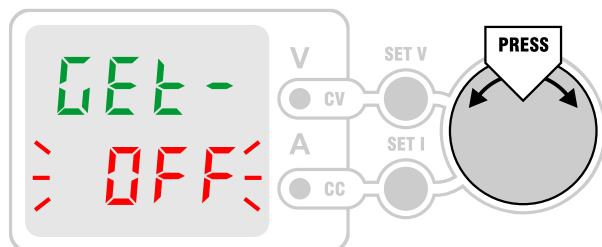


при работе источника (если выход включен) всегда будут отображаться измеренные напряжение и ток. Хотя такой подход является самым распространенным для лабораторных БП, нужно заметить, что индицировать измеренное значение стабилизируемой величины не имеет смысла. Когда источник находится в режиме стабилизации, 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 измерителей. При этом младший разряд измеренного значения в результате шумов может дрожать, что не несет никакой полезной информации, но затрудняет считывание показаний. Поэтому рекомендуется всегда использовать режим «SEt-On».

#### 4.17. Включение режима Display Getpoint

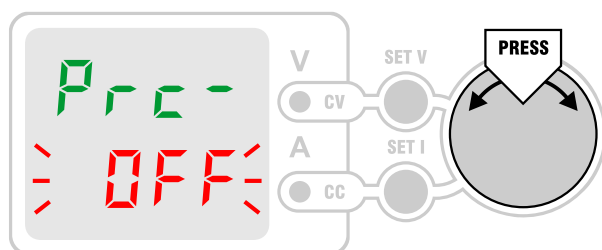
Имеется возможность включить постоянную индикацию измеренного напряжения и тока, даже когда выход источника выключен. Для этого нужно установить режим «GEt-On».



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»).

#### 4.18. Включение режима Preview Current

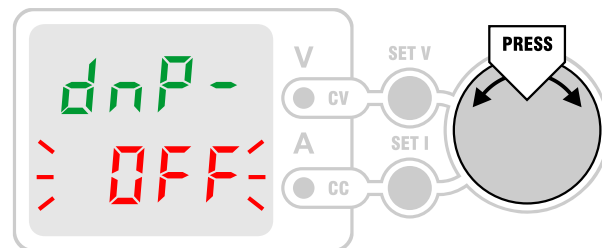
По умолчанию при отключенном выходе источника на дисплее индицируется установленное напряжение и нулевой ток. Значение установленного тока ограничения



можно посмотреть, нажав кнопку SET I. Но можно включить режим предпросмотра установленного тока ограничения, когда его значение будет индицироваться на дисплее при отключенном выходе. Для этого необходимо в меню установить «Prc-On». Такой подход является самым распространенным для лабораторных БП с цифровым управлением.

#### 4.19. 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



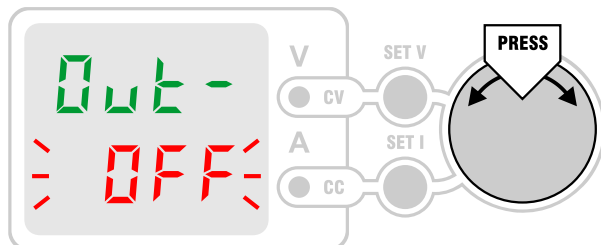
выхода источника кнопкой ON/OFF отключается и DP, поэтому при наличии фильтрующих емкостей напряжение может падать довольно медленно. Если требуется быстрый спад напряжения, то можно разрешить работу DP при отключении выхода. Для этого необходимо в меню установить «dnP-On». Тогда при

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».



## 4.20. Включение режима Out Restore

По умолчанию при включении источника в сеть автоматически устанавливаются последние использованные значения напряжения и тока, но выход источника остается

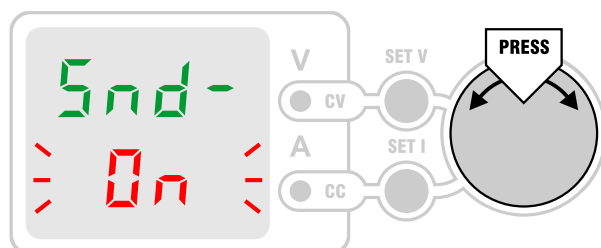


выключенным. Для включения выхода требуется нажатие кнопки ON/OFF. Это сделано в целях безопасности, чтобы исключить подачу на нагрузку напряжения без проверки его значения оператором. Однако в некоторых случаях вмешательство оператора нежелательно, например, при использовании источника в составе автоматизированных 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».

## 4.21. Выбор режима звука

По умолчанию включена звуковая сигнализация перехода источника из режима CC

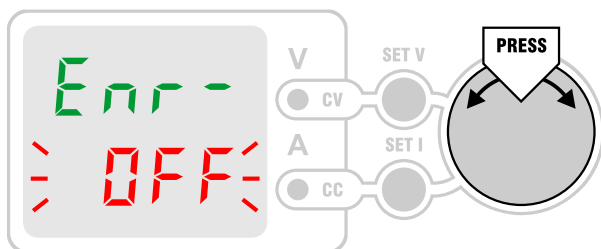


в режим CV и обратно. Звук также генерируется при нажатии на любую кнопку и при переходе из режима в режим. При вращении ручки энкодера в случае достижения предела регулируемой величины генерируется короткий звуковой сигнал ошибки. Если звуковые сигналы мешают, их можно отключить. Есть возможность выбрать 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.

## 4.22. Реверс энкодера

Конструкцией источника предусмотрена возможность установки энкодеров разных типов. Некоторые из них имеют обратное расположение выводов выходных сигналов. Для

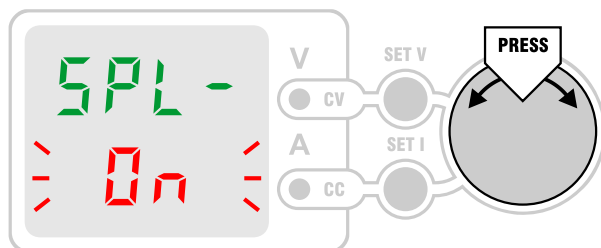


правильной работы таких энкодеров необходимо произвести реверсирование направления счета. Для этого нужно выбрать режим «Enr-On». По умолчанию выбран режим «Enr-OFF», который подходит для работы с базовой моделью энкодера PEC-16 фирмы Bourns.



### 4.23. Включение заставки

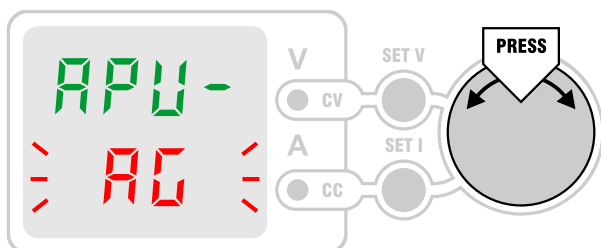
По умолчанию включен режим, когда по включению сети генерируется звуковой сигнал, и на дисплей выводится заставка. На заставке указано наименование модели источника (PSL-3604). Через 2 сек. раздается второй звуковой сигнал, заставка исчезает, а на дисплее появляются значения параметров, считанные из энергонезависимой памяти. После чего источник готов к работе. Если используется режим восстановления состояния выхода, то выходное напряжение источника включается после исчезновения заставки.



При желании индикацию заставки можно отключить, для этого в меню необходимо установить «SPL-OFF».

### 4.24. 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) и «APU-PL» (индикация минимальных пиковых значений). При индикации пиковых значений зарегистрированный экстремум показаний удерживается на индикаторе 1 сек., после чего снова происходит переход к индикации текущего значения.



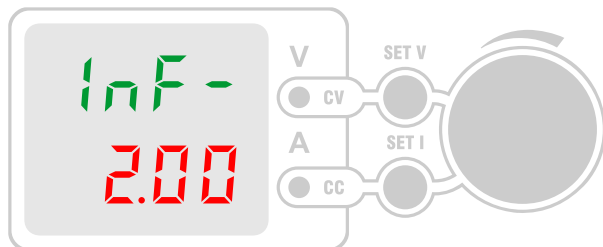
### 4.25. Выбор режима измерения тока

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) и «APC-PL» (индикация минимальных пиковых значений). При индикации пиковых значений зарегистрированный экстремум показаний удерживается на индикаторе 1 сек., после чего снова происходит переход к индикации текущего значения. Режим индикации пиковых значений тока может

быть полезен при измерении максимального потребляемого нагрузкой тока при импульсном характере потребления. Регистрируются импульсы тока длительностью 1 мс и более.

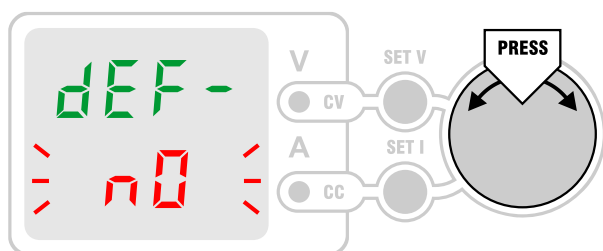
#### 4.26. Просмотр версии прошивки

Версию прошивки встроенного в источник микроконтроллера можно вывести на дисплей, если выбрать пункт меню «InF-x.xx», где x.xx – номер версии прошивки (например, 2.00). 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.



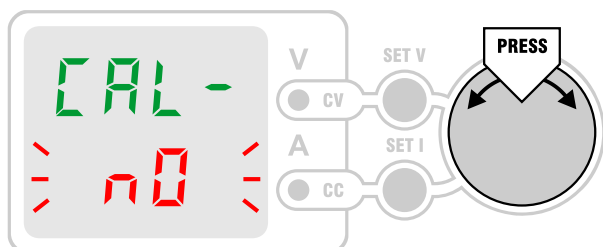
#### 4.27. Загрузка параметров по умолчанию

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.».



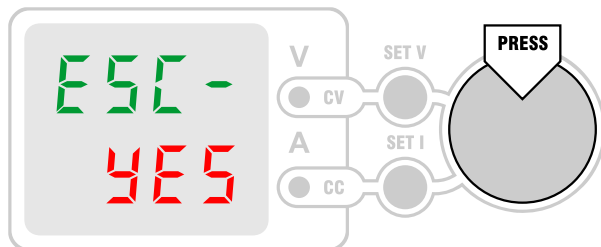
#### 4.28. Вход в режим калибровки

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.



## 4.29. 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 и пункт установки интервала таймера. Из этих пунктов меню автоматический выход по таймауту не осуществляется. Кроме того, 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	3600 <sup>1</sup>	3600 <sup>1</sup>	xx.xx-OUT
4	Over Current Protection, x0.001 A	0	4000 <sup>1</sup>	4000 <sup>1</sup>	OCP-x.xxx
5	Over Power Protection x0.1 W	0	1000 <sup>1</sup>	1000 <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°
10	Timer, sec	0	0	64800	t-00.00.00
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
23	Splash Screen	0	1	1	SPL-On
24	Version Info	0	200	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 = 36.00 В, IMAX = 4.000 А, PMAX = 100 Вт.

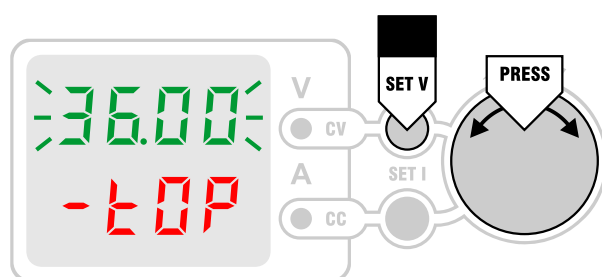
## 5. Установка пределов

### 5.1. Пределы напряжения, тока, 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 кнопку SET V. Отпустить кнопку нужно в тот момент,

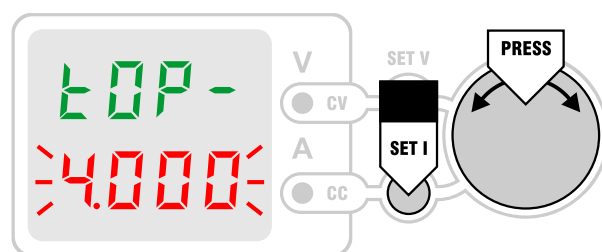


когда на дисплее появится надпись «xx.xx-tOP», где мигающие цифры xx.xx обозначают установленное значение предела для напряжения. Если кнопку удерживать дольше, то произойдет переход в основное меню. Вращением ручки энкодера значение предела можно менять. Шаг перестройки составляет 0.1 В.

При быстром вращении ручки энкодера шаг автоматически увеличивается до 1 В. Для более точной установки можно перейти к тонкой регулировке, для чего нужно нажать кнопку FINE. При этом загорится светодиод FINE, и шаг перестройки станет равным 0.01 В. Хотя для установки пределов обычно нет потребности в установке некруглых значений. Когда требуемое значение установлено, нужно нажать кнопку SET I или 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 производится в течение 10 сек., то происходит автоматический переход в основное меню без сохранения нового значения предела.

### 5.3. Установка максимального тока

Для входа в режим установки максимального выходного тока источника нужно включить питание, удерживая кнопку SET I. Отпустить кнопку нужно в тот момент, когда на дисплее появится надпись «tOP-x.xxx», где мигающие цифры x.xxx обозначают

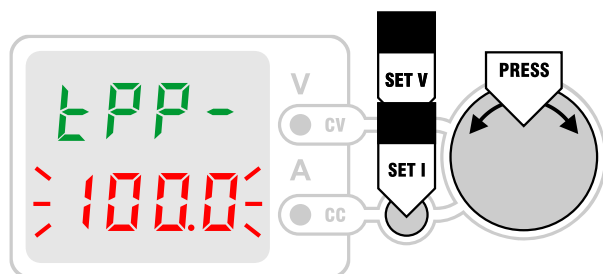


установленное значение предела для тока. Если кнопку удерживать дольше, то произойдет переход в основное меню. Также в режим установки максимального тока можно перейти из режима установки максимального напряжения нажатием кнопки SET I. Вращением ручки энкодера

значение предела можно менять. Шаг перестройки составляет 0.01 А. При быстром вращении ручки энкодера шаг автоматически увеличивается до 0.1 А. Для более точной установки можно перейти к тонкой регулировке, для чего нужно нажать кнопку FINE. При этом загорится светодиод FINE, и шаг перестройки станет равным 0.001 А. 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 производится в течение 10 сек., то происходит автоматический переход в основное меню без сохранения нового значения предела.

#### 5.4. Установка максимальной мощности

Для входа в режим установки максимальной выходной мощности источника нужно включить питание, удерживая кнопки SET V и SET I. Отпустить кнопки нужно в тот момент,



когда на дисплее появится надпись «tPP-xxx.x», где мигающие цифры xxx.x обозначают установленное значение предела для мощности. Если кнопки удерживать дольше, то произойдет переход в основное меню. Также в режим установки максимальной выходной мощности можно перейти из режима установки максимального напряжения или

тока одновременным нажатием кнопок SET V и SET I или нажатием ручки энкодера. Вращением ручки энкодера значение предела можно менять. Шаг перестройки составляет 1 Вт. При быстром вращении ручки энкодера шаг автоматически увеличивается до 10 Вт. Для более точной установки можно перейти к тонкой регулировке, для чего нужно нажать кнопку FINE. При этом загорится светодиод FINE, и шаг перестройки станет равным 0.1 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 производится в течение 10 сек., то происходит 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.

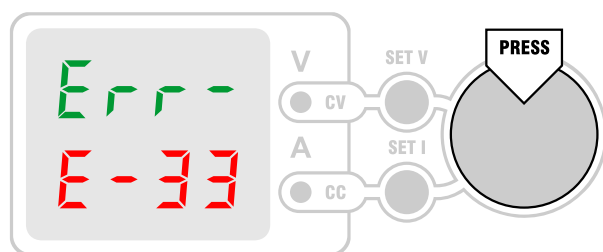
**Таблица 2. Возможные значения пределов.**

Номер	Название	Мин.	Ном.	Макс.	Текст меню
0	Top Voltage, x0.01 V	1000	3600	9999	xx.xx-tOP
1	Top Current, x0.001 A	1000	4000	9999	tOP-x.xxx
2	Top Power, x0.1 W	10	1000	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-E-xx», 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.

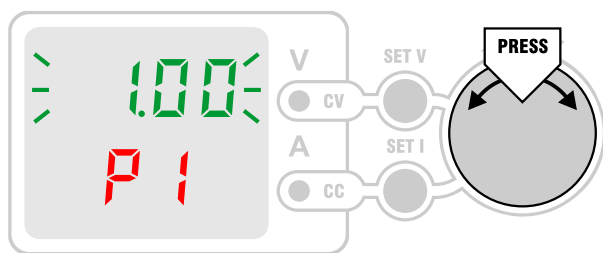
## 7. Калибровка

### 7.1. Процесс калибровки

Источник питания PSL-3604 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 осуществляется нажатием кнопки SET I или ручки энкодера. В любой момент возможен возврат к предыдущему пункту калибровки нажатием кнопки SET V. При калибровке рекомендуется пользоваться кнопками SET I и SET V вместо нажатия ручки энкодера, чтобы случайно ее не повернуть и не нарушить установленное значение.

### 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 ON/OFF заблокировано. По умолчанию точка 1 задана на 1 В выше начала шкалы, т.е. равна 1.000 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

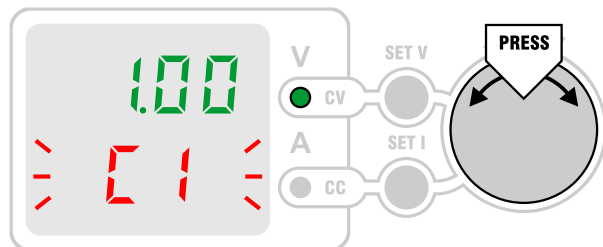


подключить образцовый вольтметр и выбрать на нем такой диапазон, чтобы точка 1 могла быть измерена с максимально возможной точностью. Когда значение точки будет выбрано, нужно нажать кнопку SET I или ручку энкодера для перехода к следующему шагу калибровки.



### 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

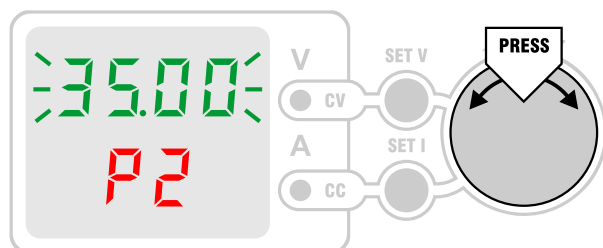


точки P1. На этом шаге на дисплее индицируется значение калибровочной точки 1 в вольтах и надпись «C1», а выход источника автоматически включается. Выход может быть в любой момент выключен кнопкой ON/OFF, что может потребоваться в аварийной ситуации. Регулировка кода C1 производится поворотом ручки энкодера. Если режим

FINE выключен, код меняется с шагом 10 единиц. Если включить режим FINE, шаг уменьшается до 1 единицы. 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 кнопку SET I или 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».



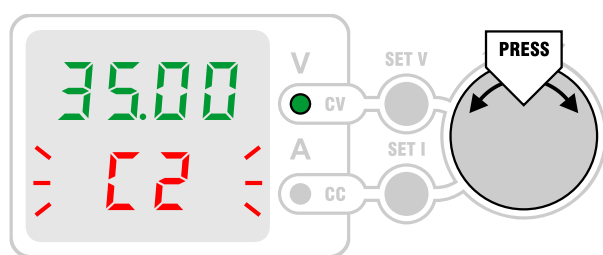
При этом выход источника выключен, его включение кнопкой ON/OFF заблокировано. По умолчанию точка 2 задана на 1 В ниже верхнего предела шкалы. Например, для источника с максимальным напряжением 36 В значение калибровочной точки 2 по умолчанию

равно 35 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 19.00 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 кнопку SET I или 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

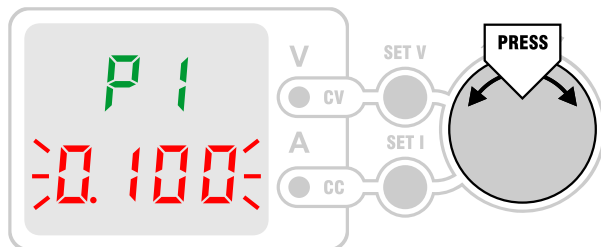


точки P2. На этом шаге на дисплее индицируется значение калибровочной точки 2 в вольтах и надпись «C2», а выход источника автоматически включается. Выход может быть в любой момент выключен кнопкой ON/OFF, что может потребоваться в аварийной ситуации. Регулировка кода C2 производится поворотом ручки энкодера. Если режим

FINE выключен, код меняется с шагом 10 единиц. Если включить режим FINE, шаг уменьшается до 1 единицы. 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 кнопку SET I или 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.

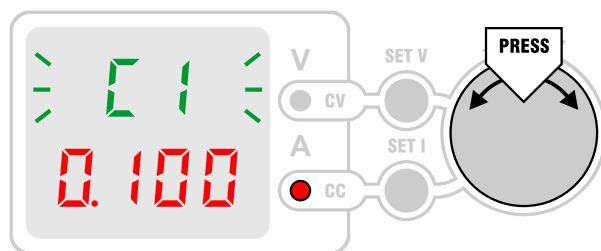
## 7.6. Калибровка тока – задание точки P1

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 ON/OFF заблокировано. По умолчанию точка 1 задана на 0.1 А выше начала шкалы, т.е. равна 0.100 А. Значение точки 1 можно установить в диапазоне 0.001...0.899 А поворотом ручки энкодера. К выходу источника нужно подключить образцовый амперметр и выбрать на нем такой диапазон, чтобы точка 1 могла быть измерена с максимально возможной точностью. Когда значение точки будет выбрано, нужно нажать кнопку SET I или ручку энкодера для перехода к следующему шагу калибровки.



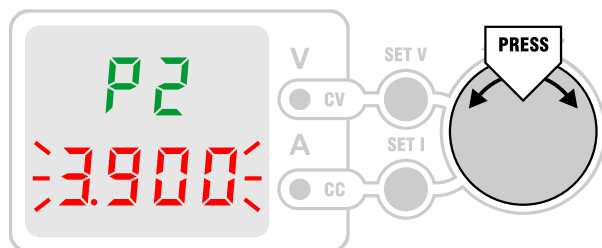
## 7.7. Калибровка тока – установка кода C1

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 ON/OFF, что может потребоваться в аварийной ситуации. Регулировка кода C1 производится поворотом ручки энкодера. Если режим FINE выключен, код меняется с шагом 10 единиц. Если включить режим FINE, шаг уменьшается до 1 единицы. 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 максимально возможной точностью, данный шаг калибровки можно завершить. Для перехода к следующему шагу нужно нажать кнопку SET I или 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 (CC), 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».

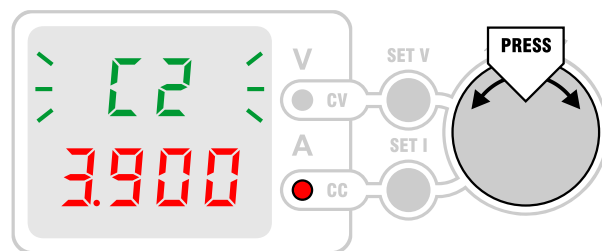


При этом выход источника выключен, его включение кнопкой ON/OFF заблокировано. По умолчанию точка 2 задана на 0.1 А ниже верхнего предела шкалы. Например, для источника с максимальным током 4 А значение калибровочной точки 2 по умолчанию равно 3.900 А. Значение точки можно менять поворотом ручки энкодера. Оно

может лежать в диапазоне от 0.900 А 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 максимально возможной точностью. При калибровке тока рекомендуется несколько уменьшить значение точки 2, чтобы избежать нагрева шунта и связанной с его ТКС погрешности калибровки. Например, в качестве точки 2 можно взять половину шкалы тока БП или значение 1.900 А, как наиболее удобное для измерения 3½-разрядным амперметром. Новое значение калибровочной точки сохраняется в энергонезависимой памяти, при следующей калибровке будет установлено это же значение. Когда значение точки будет выбрано, нужно нажать кнопку SET I или 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



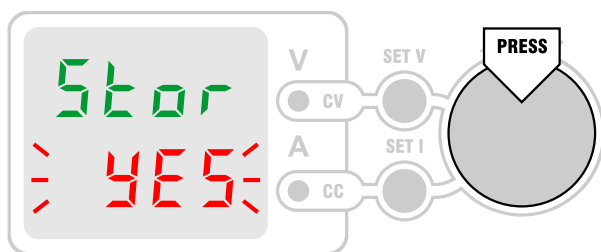
этом шаге на дисплее индицируется значение калибровочной точки 2 в амперах и надпись «C2», а выход источника автоматически включается. Выход может быть в любой момент выключен кнопкой ON/OFF, что может потребоваться в аварийной ситуации. Регулировка кода C2 производится поворотом ручки энкодера. Если режим FINE выключен, код меняется с

шагом 10 единиц. Если включить режим FINE, шаг уменьшается до 1 единицы. 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 максимально возможной точностью, данный шаг калибровки можно завершить. Для этого нужно нажать кнопку SET I или 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 С2. 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 завершены, на дисплей выводится запрос сохранения коэффициентов «Stor 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 прежние

значения коэффициентов, которые были сохранены при проведении предыдущей калибровки. Если выбрать «dEF», то будут загружены и сохранены в памяти коэффициенты по умолчанию. Они рассчитываются исходя из параметров аналогового тракта БП, которые внесены в программу микроконтроллера. При условии нулевого отклонения номиналов резисторов и напряжения опорного источника, эти коэффициенты будут соответствовать номинальной шкале прибора. На практике ошибка калибровки с коэффициентами по умолчанию может составлять до нескольких процентов. Калибровочные коэффициенты по умолчанию загружаются при первом включении источника, когда его калибровка еще не производилась. Загрузка коэффициентов по умолчанию может понадобиться после неудачной калибровки, в процессе которой были допущены грубые ошибки. Значения калибровочных коэффициентов по умолчанию приведены в таблице 3 (колонка «Ном.»).

**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	3764 <sup>1</sup>	65520	C1
2	Точка 2 (ЦАП напряжения), $\times 0.01$ В	900	3500 <sup>1</sup>	3600 <sup>1</sup>	P2
3	Код 2 (ЦАП напряжения)	1	60019	65520	C2
4	Точка 1 (ЦАП тока), $\times 0.001$ А	1	100	899	P1
5	Код 1 (ЦАП тока)	1	3599 <sup>1</sup>	65520	C1
6	Точка 2 (ЦАП тока), $\times 0.001$ А	900	1900 <sup>1</sup>	4000 <sup>1</sup>	P2
7	Код 2 (ЦАП тока)	1	30402 <sup>1</sup>	65520	C2
9 <sup>2</sup>	Код 1 (АЦП напряжения)	1	3764 <sup>1</sup>	65520	-
10	Код 2 (АЦП напряжения)	1	60019 <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  $V_{MAX} = 36.00$  В,  $I_{MAX} = 4.000$  А.

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

## 8. Управление по интерфейсу USB

### 8.1. Команды протокола Wake

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).

#### 8.1.1. Команда Cmd\_Nop

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

TX										RX									
CMD	N	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	CMD	N	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
0	0	-								0	0	-							

#### 8.1.2. Команда Cmd\_Err

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.

TX										RX									
CMD	N	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	CMD	N	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
1	0	-								1	1	Error Code							

#### 8.1.3. Команда Cmd\_Echo

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.

TX										RX									
CMD	N	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	CMD	N	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
2	X	Byte1								2	X	Byte1							
		...										...							
		ByteN										ByteN							

#### 8.1.4. Команда Cmd\_Info

Команда представляет собой запрос информации о типе устройства. В ответ передается пакет, содержащий 9 байт данных, которые представляют собой строку в коде ASCII: "PSL-3604". Строка заканчивается байтом 00h.

TX										RX									
CMD	N	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	CMD	N	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
3	0	-								3	9	String: "PSL-3604", 00h							



### 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 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
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

$t = 0...999 [x0.1^{\circ}\text{C}]$  – 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_SPL	Splash Screen
20	PAR_INF	Version Info
21	PAR_TIM	Timer

**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-3604".

### 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 В*].

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

**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.

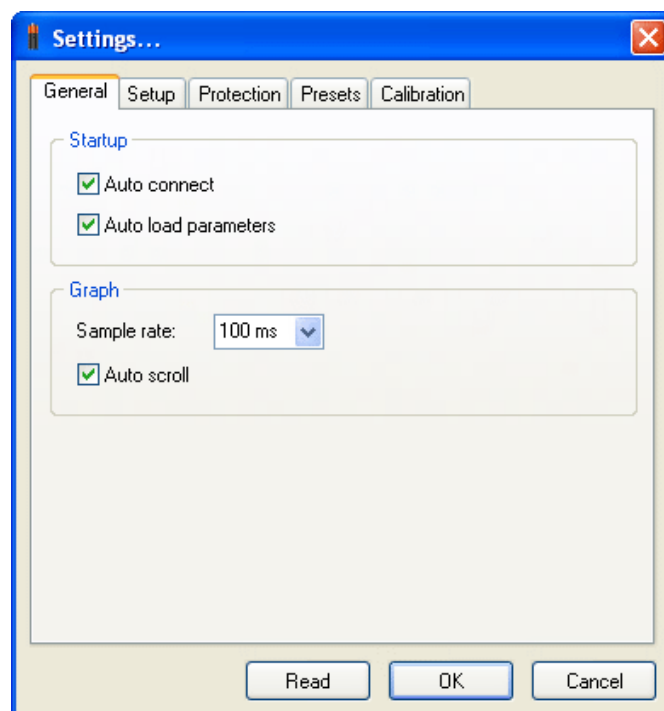
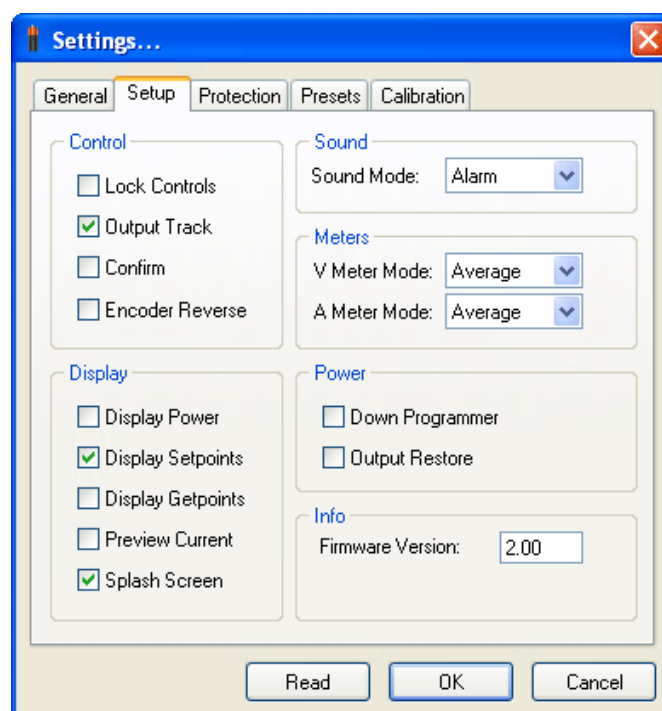


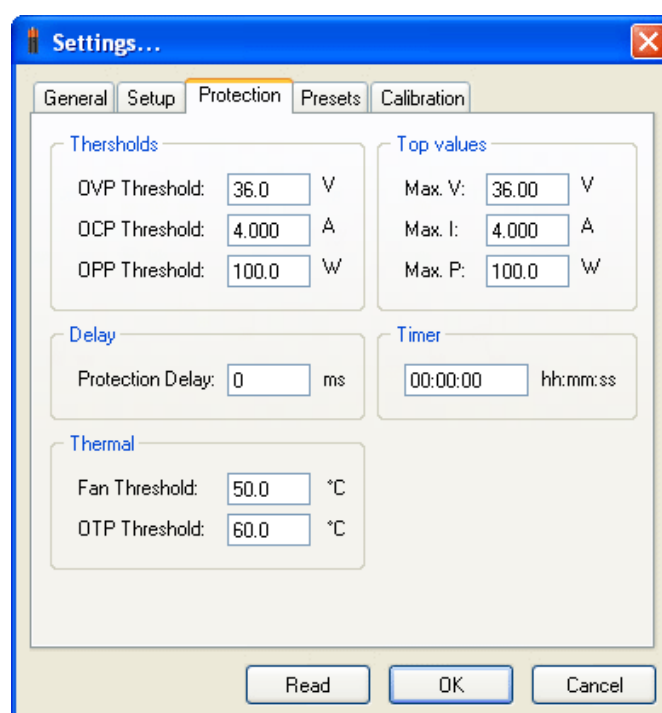
Рис. 4. Окно задания опций, закладка General.

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.

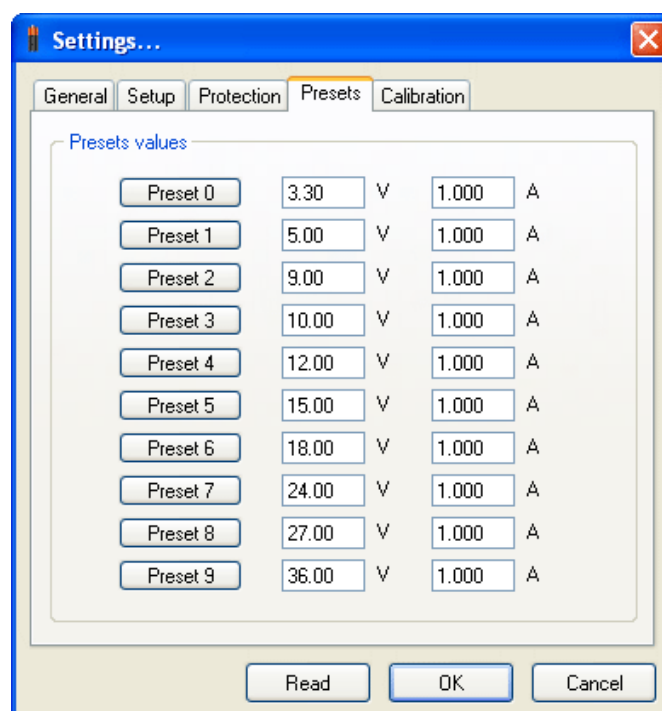


Рис. 7. Окно задания опций, закладка Presets.

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

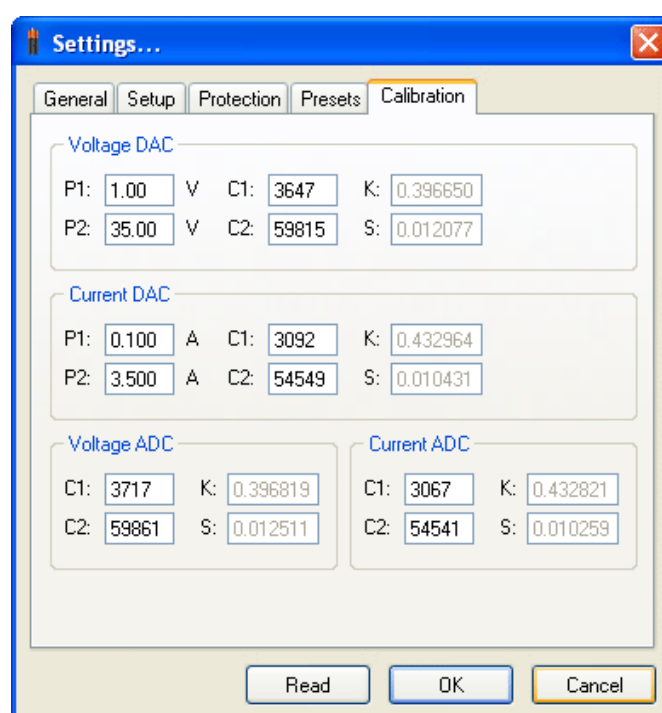


Рис. 8. Окно задания опций, закладка Calibration.

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. Делается это кратковременным нажатием кнопки BOOT на процессорной плате источника. После этого нужно запустить Flash Loader Demonstrator и, следуя инструкциям, загрузить в микроконтроллер источника обновленный файл прошивки psl-3604.hex. Затем следует сбросить микроконтроллер, что можно сделать нажатием кнопки RESET на процессорной плате или кратковременным выключением питания источника. После этого запустится обновленная прошивка.

## 11. Информация о разработчике

### 11.1. Разработчик

**NSM lab**

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