

# **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)
• скорость нарастания напряжения:	0.15 В/мкс
• время установления напряжения до 0.1%:	<650 мкс
• время восстановления при скачке тока нагрузки:	<75 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

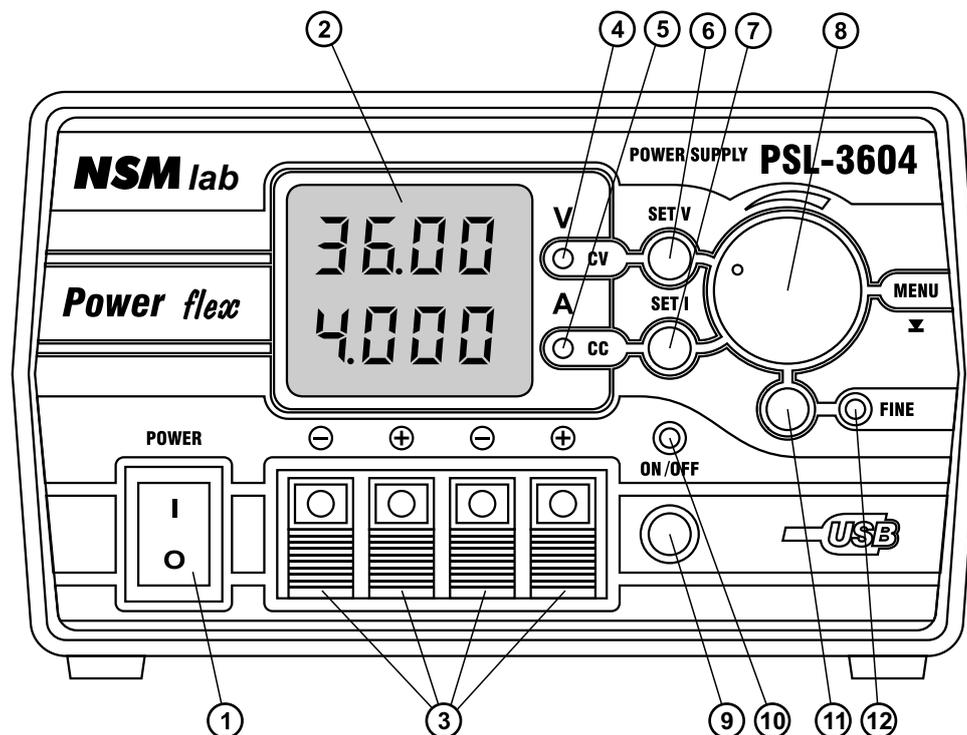
### 1.2. Назначение устройства

Лабораторный 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 при разработке, 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. Это позволяет использовать его для питания чувствительной аппаратуры. Для уменьшения рассеиваемой мощности применен многоступенчатый выходной каскад, что позволяет работать с пассивным охлаждением и исключить шум вентилятора. 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, разъем порта USB и клемма заземления.



**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 стабилизации 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. Ни одна из выходных клемм не соединяется с клеммой заземления. При необходимости можно заземлить любую клемму с помощью дополнительного проводника.

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 подключения через интерфейс USB. Разъем USB типа «B» расположен на задней панели. Интерфейс гальванически изолирован.

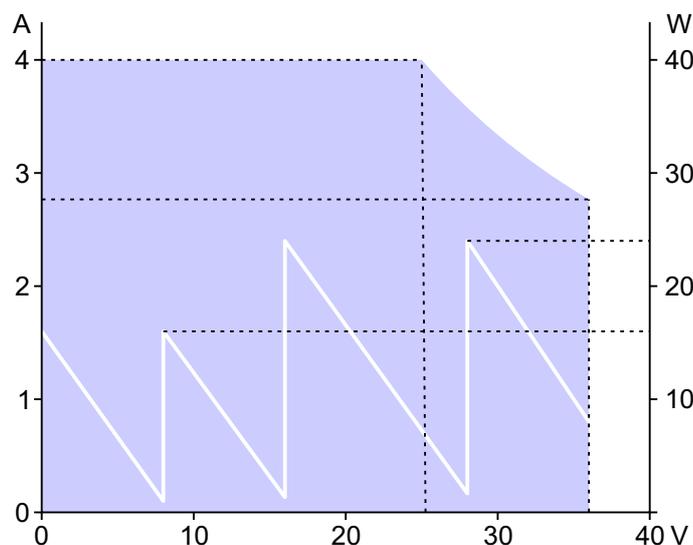
## 2. Режимы работы

### 2.1. Стабилизация напряжения и тока

Источник питания может находиться в двух режимах: стабилизации напряжения (Constant Voltage, CV) и стабилизации 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 высокого тона, при обратном переходе – более низкого тона. Звуковые сигналы могут быть отключены из меню управления.

### 2.2. Система Power Flex

Максимальный ток нагрузки лабораторного источника питания определяется максимальным выходным напряжением и мощностью источника. Обычно он не зависит от напряжения на нагрузке. Для лабораторного источника PSL-3604, который имеет мощность 100 Вт и максимальное выходное напряжение 36 В, максимальный выходной ток составляет около 2.8 А. Но благодаря системе Power Flex источник PSL-3604 на низких выходных напряжениях способен отдавать больший ток – до 4 А. При увеличении выходного напряжения максимальный ток снижается таким образом, чтобы выходная



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

мощность не превышала 100 Вт. Поэтому на больших выходных напряжениях БП может переходить в режим стабилизации тока раньше, чем будет достигнут установленный на дисплее ток ограничения. График зависимости максимального выходного тока от выходного напряжения показан на рис. 2.

Для уменьшения рассеиваемой мощности источник питания PSL-3604 имеет четырехступенчатый выходной каскад. Поэтому мощность рассеяния будет зависеть от установленного выходного напряжения, причем зависимость будет иметь несколько

максимумов. График зависимости мощности рассеяния от выходного напряжения при постоянном выходном токе 2 А показан на рис. 2 светлой 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 используется специальная схема Down Programmer (DP). Если в процессе регулировки установленное напряжение оказывается ниже текущего выходного напряжения, эта схема включается, и источник начинает потреблять от нагрузки постоянный ток величиной примерно 320 мА. Этот ток будет разряжать фильтрующие емкости. При этом индицируется режим СС и значение тока DP. Как только выходное напряжение достигает установленного значения, схема DP отключается, а источник переходит в режим CV. Благодаря схеме DP даже при наличии в нагрузке больших фильтрующих емкостей обеспечивается быстрая перестройка выходного напряжения источника.

Из меню может быть включен режим работы источника, когда при выключении выхода источника 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, и фильтрующие емкости могут долго разряжаться, что не всегда допустимо.

### 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 во время переходных процессов, связанных с включением и выключением источника, а также в случае падения сетевого напряжения, БП имеет специальную схему супервизора. Она производит мониторинг вспомогательных питающих напряжений, и в случае их падения ниже

установленного порога отключает выход БП. При этом DP тоже отключается. При восстановлении значения питающего напряжения источник самостоятельно восстанавливает нормальное функционирование.

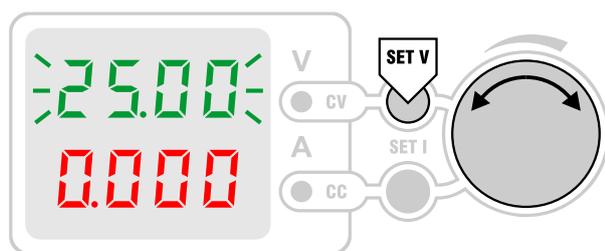
## 2.6. Контроль температуры

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 отключения источника. Для вентилятора предусмотрено управления скоростью вращения, чтобы минимизировать создаваемый им шум. Если температура радиатора достигает аварийного значения, включается звуковая сигнализация перегрева. В такой ситуации пользователь должен принять меры: выключить БП или уменьшить ток нагрузки. Если температура продолжит расти и превысит аварийное значение более чем на 3°C, выход источника питания автоматически выключится. Вентилятор при этом останется включенным. Повторное включение выхода источника возможно только вручную после его остывания ниже порога аварийной температуры.

## 3. Функции управления

### 3.1. Установка выходного напряжения

Для установки выходного напряжения необходимо нажать кнопку SET V. При этом на дисплее начнет мигать установленное значение напряжения. Вращением ручки энкодера это значение можно менять. Шаг перестройки напряжения составляет 0.1 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. В процессе регулировки выходное напряжение источника меняется вслед за изменением установленного значения.



Чтобы выйти из режима установки выходного напряжения, нужно нажать кнопку SET V еще раз. При этом значение напряжения на дисплее перестает мигать и начинает гореть непрерывно. Если в

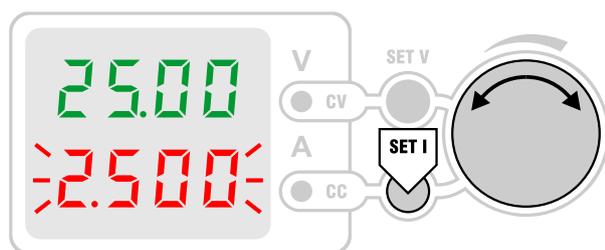
режиме установки выходного напряжения регулировка не производится дольше 5 сек., то происходит автоматический выход из этого режима. При выходе из режима установки значение напряжения сохраняется в энергонезависимой памяти.

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, нажатия кнопки SET V не потребуется. Для перестройки выходного напряжения достаточно лишь повернуть ручку энкодера. Выход из режима установки осуществляется или по нажатию кнопки SET V, 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 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 значение возвращается к тому, что было до регулировки.

### 3.2. Установка тока ограничения

Для установки тока ограничения необходимо нажать кнопку SET I. При этом на дисплее начнет мигать установленное значение тока. Вращением ручки энкодера это



значение можно менять. Шаг перестройки тока составляет 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

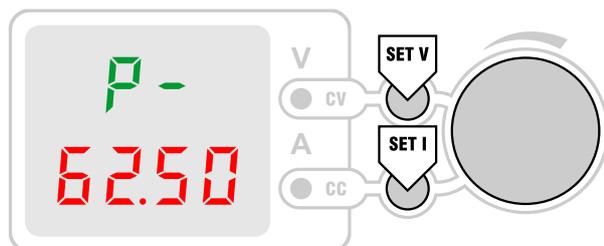
раз, при этом светодиод FINE погаснет. При дальнейшей регулировке тока с нормальным шагом значение выравнивается на сотни мА, т.е. десятки и единицы мА обнуляются. Если во время регулировки источник находится в режиме CC, то выходной ток меняется вслед за изменением установленного значения. Чтобы выйти из режима установки тока ограничения, нужно нажать кнопку SET I еще раз. При этом значение тока ограничения на дисплее мигать перестает и начинает гореть постоянно. Или оно сменится на показания измеренного тока, если источник находится в режиме CV. Если в режиме установки тока ограничения регулировка не производится дольше 5 сек., то происходит автоматический выход из этого режима. 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 (470 нФ), исключаются кратковременные выбросы выходного тока выше установленного уровня ограничения, которые свойственны многим моделям источников.

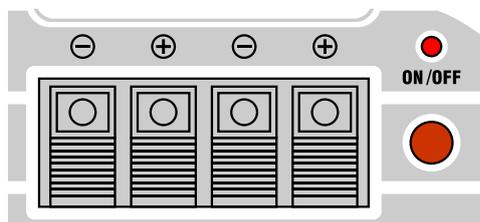
### 3.3. Индикация выходной мощности

Источник имеет возможность индикации выходной мощности. Для включения этого режима нужно одновременно нажать кнопки SET V и SET I. На дисплее при этом появится надпись «P-» и значение выходной мощности. Светодиоды CV и CC при этом продолжают индицировать текущий режим работы источника. Вычисление мощности производится путем перемножения среднего потребляемого тока и среднего напряжения на нагрузке. Дискретность отображения мощности – 0.01 Вт. Выйти из режима индикации выходной мощности можно нажатием кнопки SET V или SET I, а также поворотом ручки энкодера.



### 3.4. 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 (PrE-On). Тогда при выключенном выходе на дисплее будет индицироваться установленный ток ограничения.

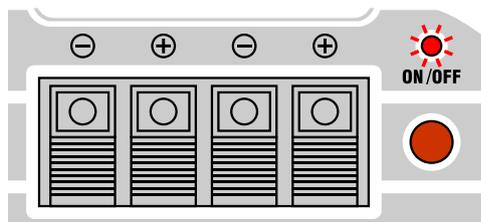


При включении источника в сеть значения всех величин считываются из энергонезависимой памяти и устанавливаются такими, какими они были на момент последней регулировки. Только выход источника остается выключенным. Включить его можно только вручную. Если такое поведение источника не устраивает, в меню можно выбрать режим восстановления состояния выхода (Out-On). Тогда при включении источника будет восстанавливаться то состояние выхода, которое было перед выключением источника.

Когда выбран режим работы с отключенной схемой Down Programmer (dP-OFF), при отключении выхода все выходные транзисторы источника питания закрываются. Если нагрузка содержит источники напряжения, источник питания будет потреблять от нее лишь небольшой ток. Значение 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 (не более 47 В). От обратной полярности источник защищен встроенным шунтирующим диодом.

Когда выбран режим работы с включенной схемой Down Programmer (dP-On), при отключении выхода эта схема продолжает работать. Если нагрузка содержит источники

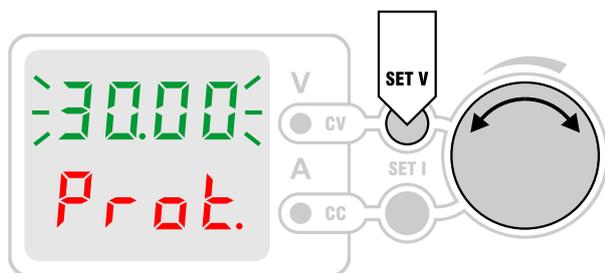


напряжения, источник питания будет потреблять от нее постоянный ток величиной примерно 320 мА. В этом режиме при отключенном выходе светодиод ON/OFF мигает, индицируя включенное состояние DP. При наличии тока в выходной цепи горит светодиод CC, а на дисплее индицируется измеренное выходное напряжение и значение тока

DP. Нужно учесть, что данный режим не подходит для зарядки аккумуляторов, так как при выключении выхода источника 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.

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

Источник питания имеет защиту от превышения напряжения (OVP) с регулируемым порогом. При достижении порога защиты выход источника отключается, а светодиод CV



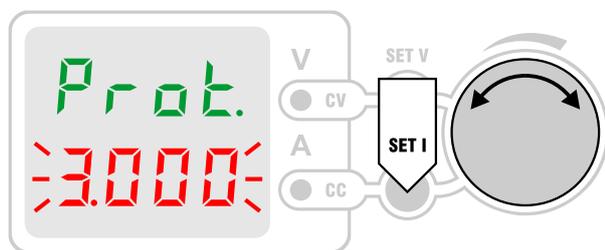
начинает быстро мигать. Сброс защиты выполняется при нажатии любой кнопки. Повторное включение выхода можно сделать только вручную, нажав кнопку ON/OFF. Защита от превышения напряжения реализована программно и препятствует заданию на выходе источника опасного значения напряжения как с помощью энкодера, так и по управляющему

интерфейсу. Защита также срабатывает при попадании на выходные клеммы источника внешнего напряжения выше установленного порога и при неисправности схемы самого источника. Для установки порога OVP необходимо нажать кнопку SET V и удерживать ее в течение 3 сек. до звукового сигнала. При этом на дисплее начнет мигать значение порога OVP, а вместо значения тока появится надпись «Prot.». 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. Чтобы выйти из режима установки порога OVP, нужно нажать кнопку SET V. При этом на дисплее появятся рабочие значения напряжения и тока. Если в режиме установки порога OVP регулировка не производится дольше 5 сек., то происходит автоматический выход из этого режима. При выходе новое значение порога сохраняется в

энергонезависимой памяти. Нужно отметить, что допускается установка порога OVP ниже установленного выходного напряжения. Это может быть использовано при работе источника в режиме стабилизации тока, когда напряжение на нагрузке меньше установленного выходного напряжения источника. Если сопротивление нагрузки увеличится, напряжение возрастет, и если оно достигнет порога OVP, выход источника отключится. Когда защита от превышения напряжения не используется, ее можно отключить, установив порог OVP выше максимального выходного напряжения (36 В). При этом на дисплее появится надпись «OFF Prot.».

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

Источник питания имеет защиту от превышения тока (OCP) с регулируемым порогом. При достижении порога защиты выход источника отключается, а светодиод CC



начинает быстро мигать. Сброс защиты выполняется при нажатии любой кнопки. Повторное включение выхода можно сделать только вручную, нажав кнопку ON/OFF. Защита от превышения тока реализована программно. Для установки порога OCP необходимо нажать кнопку SET I и удерживать ее в течение 3 сек. до звукового сигнала. При этом на дисплее

начнет мигать значение порога OCP, а вместо значения напряжения появится надпись «Prot.». Вращением ручки энкодера значение порога можно менять. Шаг перестройки порога составляет 0.1 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. Чтобы выйти из режима установки порога OCP, нужно нажать кнопку SET I. При этом на дисплее появятся рабочие значения напряжения и тока. Если в режиме установки порога OVP регулировка не производится дольше 5 сек., то происходит автоматический выход из этого режима. При выходе новое значение порога сохраняется в энергонезависимой памяти. 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. Когда защита от превышения тока не используется, ее можно отключить, установив порог OCP выше максимального выходного тока (4 А). При этом на дисплее появится надпись «Prot. OFF».

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). Отсчет задержки начинается от момента включения выхода источника или от момента перестройки выходного напряжения вверх.

### 3.7. Блокировка управления

Для защиты установленных параметров от несанкционированного изменения предусмотрена возможность блокировки органов управления. Для включения блокировки нужно нажать ручку энкодера и удерживать ее в нажатом состоянии в течение 3 сек. до звукового сигнала. После этого органы управления (кнопки, энкодер) окажутся отключенными. Управление источником через интерфейс при этом продолжает работать. Для включения управления нужно снова нажать ручку энкодера и удерживать ее до звукового сигнала. Органы управления при этом разблокируются. Блокировка не распространяется на кнопку выключения выхода ON/OFF, которая функционирует всегда.

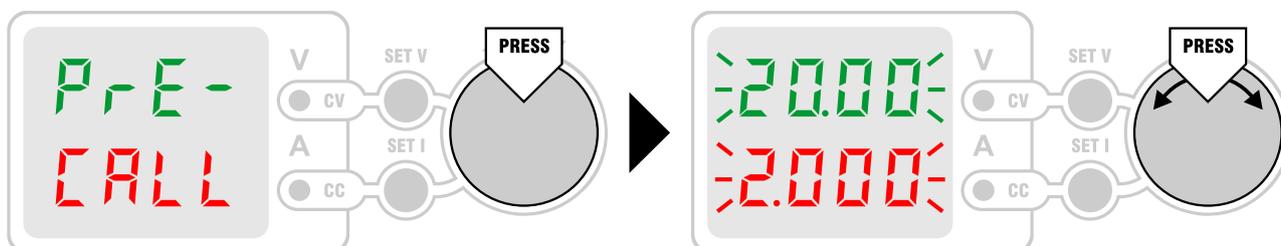
## 4. Меню управления

### 4.1. Вход в меню

Источник питания имеет управляющее меню, которое позволяет включать те или иные опции, а также изменять значения некоторых параметров. Вся эта информация сохраняется в энергонезависимой памяти. При следующем включении источника опции и параметры считываются автоматически. Вход в меню осуществляется по нажатию ручки энкодера. При этом на дисплее в верхней строчке появится 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 после редактирования нажатие ручки энкодера не производится в течение 10 сек., то происходит автоматический выход из редактирования без сохранения нового значения параметра.

### 4.2. Чтение предустановок

Первым пунктом меню является чтение предустановок. Источник имеет возможность запоминания до 10 предустановок тока и напряжения.

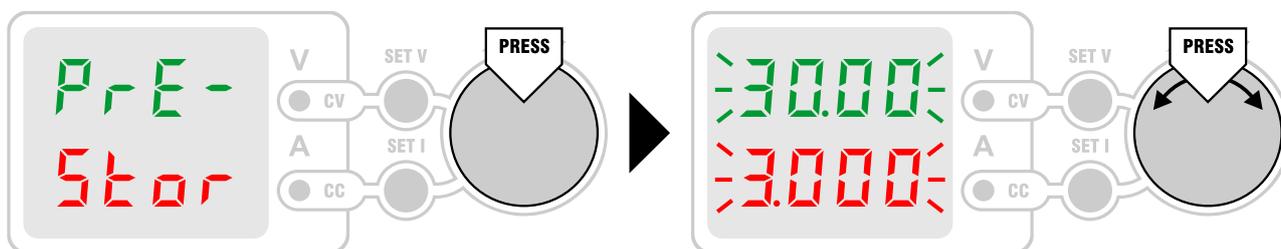


Для считывания предустановки необходимо выбрать пункт меню «PrE-CALL» и нажать ручку энкодера. При этом на дисплее появятся мигающие значения тока и напряжения, считанные из первой предустановки. Вращением энкодера можно выбрать нужную предустановку из 10 имеющихся. Чтобы применить выбранную предустановку,

нужно нажать ручку энкодера еще раз. Считанные из предустановки значения тока и напряжения будут установлены. Одновременно произойдет выход из меню управления. Если выход БП включен, то установленное напряжение сразу появится на нагрузке. Если нужно выйти из меню чтения предустановок без их считывания, то следует выбрать пункт «ESC», который следует за последней предустановкой. Нажатие ручки энкодера на этом пункте вызывает выход в меню управления без чтения предустановки.

### 4.3. Сохранение предустановок

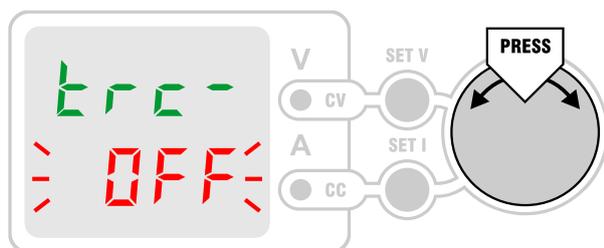
Текущее значение установленного выходного напряжения и тока ограничения можно сохранить в виде одной из 10 предустановок.



Для этого нужно выбрать пункт меню «PrE-Stor» и нажать ручку энкодера. При этом на дисплее появятся мигающие значения тока и напряжения, считанные из первой предустановки. Вращением энкодера можно выбрать желаемую предустановку из 10 имеющихся. Чтобы перезаписать выбранную предустановку текущими значениями напряжения и тока, нужно нажать ручку энкодера. Одновременно произойдет выход из меню управления. Если нужно отказаться от сохранения предустановок, то следует выбрать пункт «ESC», который следует за последней предустановкой. Нажатие ручки энкодера на этом пункте вызывает выход в меню управления без сохранения предустановки.

### 4.4. Включение режима Output Track

По умолчанию установлен режим, когда для регулировки выходного напряжения сначала нужно нажать кнопку SET V, а затем повернуть ручку энкодера. Для упрощения



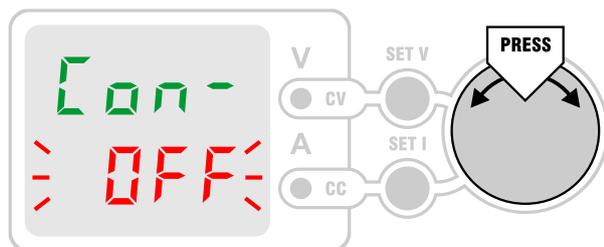
процесса регулировки напряжения можно включить режим Output Track. Для этого необходимо в меню установить «trc-On». В этом режиме нажатие кнопки SET V не требуется, вход в режим установки напряжения происходит автоматически при повороте ручки энкодера. Если выход источника включен, напряжение на нагрузке тоже будет меняться синхронно с

поворотом ручки 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. 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.

#### 4.5. Включение режима Confirm

По умолчанию установлен режим, когда напряжение на нагрузке меняется синхронно с регулировкой установленного напряжения. Иногда требуется не плавная

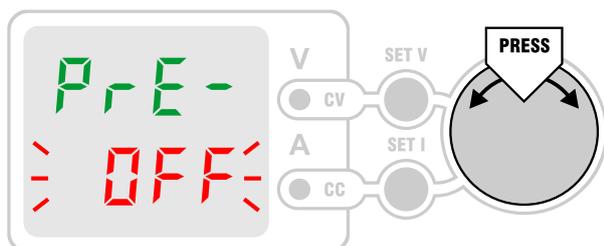


регулировка выходного напряжения, а его изменение скачком. В таких случаях может быть включен режим подтверждения установки напряжения (Confirm). Для этого необходимо в меню установить «Con-On». В этом режиме вход в режим установки производится обычным образом – нажатием кнопки SET V или поворотом ручки энкодера (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. Одновременно произойдет выход из режима установки напряжения и сохранение нового значения в энергонезависимой памяти. Если не нажать кнопку SET V, то спустя 5 сек. произойдет автоматический выход из режима установки напряжения с восстановлением старого значения напряжения, которое было до начала регулировки.

#### 4.6. Включение предпросмотра тока

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

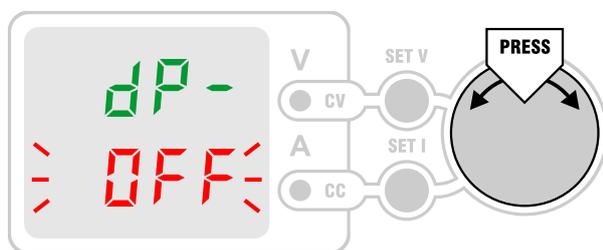


можно посмотреть, нажав кнопку SET I. Можно включить режим предпросмотра установленного тока ограничения, когда его значение будет индицироваться на дисплее всегда, когда выход отключен. Для этого необходимо в меню установить «PrE-On».

#### 4.7. Включение Down Programmer

Источник имеет специальную схему Down Programmer (DP), которая при перестройке выходного напряжения вниз служит для ускорения разряда фильтрующих емкостей. При выключении выхода источника кнопкой ON/OFF отключается и DP, поэтому при наличии в нагрузке фильтрующих емкостей напряжение может спадать довольно медленно.

Если требуется быстрый спад напряжения, то можно разрешить работу DP при отключении выхода. Для этого необходимо в меню установить «dP-On». Тогда при

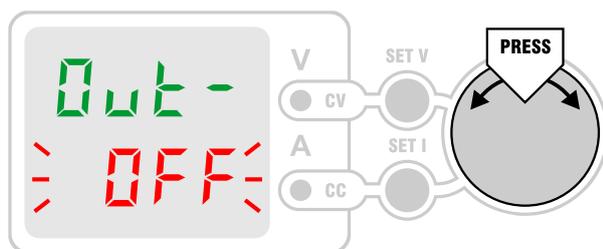


выключенном выходе и наличии напряжения на нагрузке источник будет потреблять от нее постоянный ток величиной примерно 320 мА, который будет разряжать емкости. В этом режиме при выключенном выходе светодиод ON/OFF будет мигать, индицируя включенное состояние DP. Если при этом ток DP не равен нулю, то одновременно

будет индицироваться режим CC, измеренное напряжение на нагрузке и значение тока DP.

#### 4.8. Изменение режима включения выхода

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

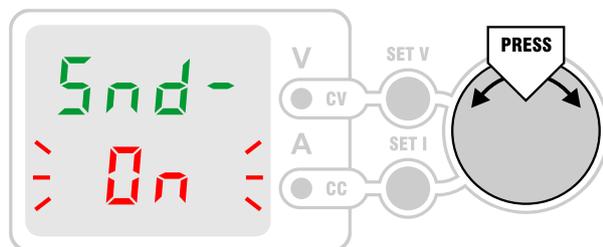


выключенным. Для включения выхода требуется нажатие кнопки ON/OFF. Это сделано в целях безопасности, чтобы исключить подачу на нагрузку напряжения без проверки его значения оператором. Однако в некоторых случаях вмешательство оператора нежелательно, например, при использовании источника в составе автоматизированных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

таких случаях возможно включение режима, когда состояние выхода будет восстанавливаться таким же, каким оно было перед последним выключением источника. Для этого необходимо в меню установить «Out-On».

#### 4.9. Включение звука

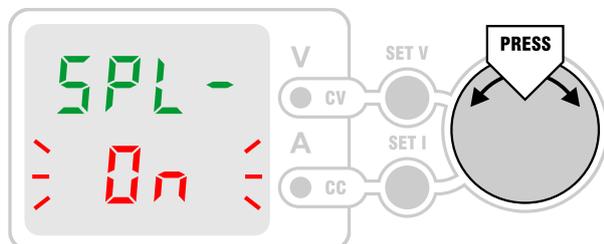
По умолчанию включена звуковая сигнализация перехода источника из режима CC в режим CV и обратно. Звук также генерируется при нажатии на любую кнопку и при



переходе из режима в режим. При вращении ручки энкодера в случае достижения предела регулируемой величины генерируется длинный звуковой сигнал ошибки. Если звуковые сигналы мешают, их можно отключить. Для этого необходимо в меню установить «Snd-OFF».

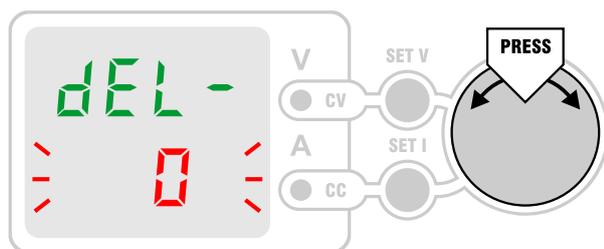
#### 4.10. Включение заставки

По умолчанию включен режим, когда по включению питания источника генерируется звуковой сигнал, а на дисплей выводится заставка. На заставке указано наименование модели источника (PSL-3604). Через 3 сек. раздается второй звуковой сигнал, заставка исчезает, а на дисплее появляются значения параметров, считанных из энергонезависимой памяти. После чего источник готов к работе. При желании индикацию заставки можно отключить, для этого в меню необходимо установить «SPL-OFF».



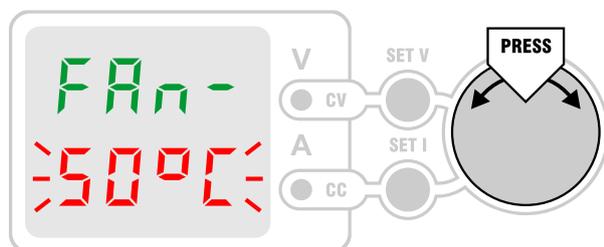
#### 4.11. Установка задержки ОСР

Чтобы защита от превышения тока (ОСР) не реагировала на начальные броски тока в момент включения, связанные с зарядкой фильтрующих емкостей в нагрузке, имеется возможность задать задержку срабатывания. Для этого необходимо в меню установить нужное значение задержки «dEL-xx», где xx – длительность задержки в миллисекундах. Длительность может лежать в диапазоне от 0 до 99 мс. Задержка отсчитывается от момента включения выхода источника, или от момента перестройки выходного напряжения вверх. Поскольку защита ОСР реализована программно, время срабатывания даже при установленной нулевой задержке может достигать 1 мс.



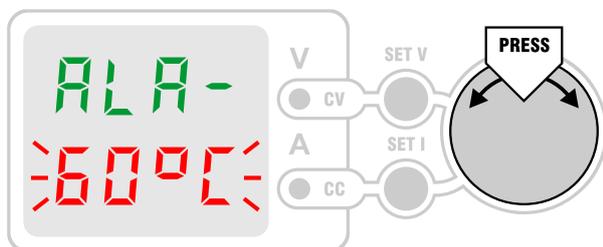
#### 4.12. Установка порога включения вентилятора

Источник питания может быть оборудован вентилятором. Для уменьшения создаваемого им 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 такой, чтобы удерживать температуру на заданном уровне. Если температура поднимается выше установленного порога, вентилятор будет вращаться с максимальной скоростью. Пороговую температуру можно задать в меню «FAn-xx°C», где xx – температурный порог в градусах. Значение порога может лежать в диапазоне от 0 до 99°C.



### 4.13. Установка аварийной температуры

Для предотвращения повреждения источника в результате перегрева, он имеет температурную защиту. В случае достижения заданной пороговой температуры источник

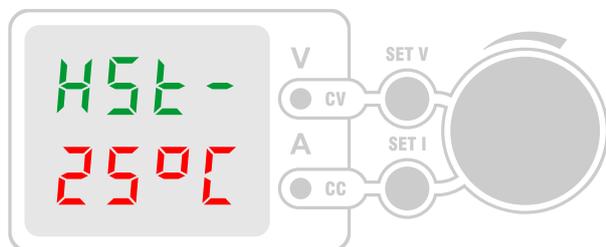


питания продолжает нормально работать, но включается звуковая сигнализация перегрева: раз в секунду раздается короткий звуковой сигнал. Этот сигнал служит предупреждением о перегреве источника, в такой ситуации пользователь должен выключить источник или уменьшить ток нагрузки. Если температура продолжит повышаться и превысит

пороговую на 3°C или более, сработает защита от перегрева (ОТР), и выход источника отключится. Повторное включение производится вручную, оно возможно лишь после остывания ниже пороговой температуры. Пороговую температуру можно задать из меню «ALA-xx°C», где xx – температурный порог в градусах. Значение порога может лежать в диапазоне от 0 до 99°C.

### 4.14. Просмотр температуры радиатора

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

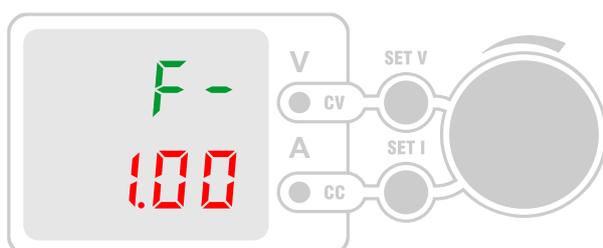


можно вывести на дисплей, если выбрать пункт меню «HSt-xx°C», где xx – измеренное значение температуры радиатора в градусах. Диапазон измеряемых температур – от 0 до 99°C. Вывод отрицательных значений температуры не предусмотрен, вместо этого выводится значение 0°C. В данном меню нажатие ручки энкодера никаких действий не

производит и сопровождается звуковым сигналом ошибки.

### 4.15. Просмотр версии прошивки

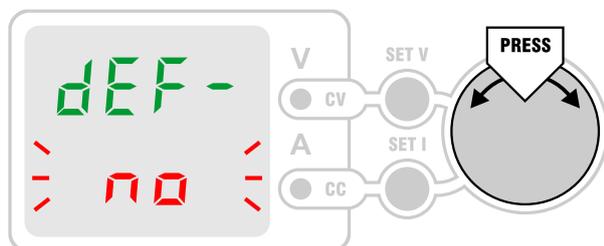
Версию прошивки встроенного в источник микроконтроллера можно вывести на дисплей, если выбрать пункт меню «F-x.xx», где x.xx – номер версии прошивки, например,



1.00. При наличии новых версий обновление прошивки может быть произведено через интерфейс USB. Описание процесса обновления приведено в соответствующем разделе. В данном меню нажатие ручки энкодера никаких действий не производит и сопровождается звуковым сигналом ошибки.

## 4.16. Загрузка параметров по умолчанию

Все параметры, которые можно изменять из меню, можно вернуть к начальным значениям (заводским установкам). Для этого нужно выбрать меню «dEF-no» и повернуть ручку энкодера по часовой стрелке. При этом текст меню сменится на «dEF-YES». Если теперь нажать ручку энкодера, все параметры примут свои начальные значения. Список начальных значений параметров приведен в таблице 1.



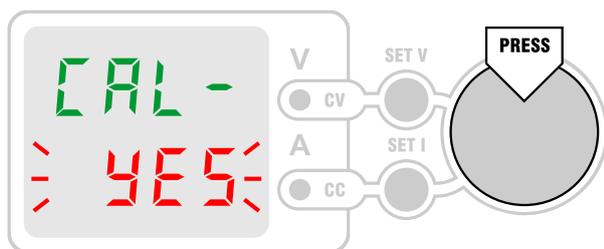
**Таблица 1. Значения параметров по умолчанию.**

Название параметра	Значение по умолчанию	Обозначение в меню
Track	выкл.	trc-OFF
Confirm	выкл.	Con-OFF
Предпросмотр тока (Preview)	выкл.	PrE-OFF
Down Programmer	выкл.	dP-OFF
Включение выхода (Out)	выкл.	Out-OFF
Включение звука (Sound)	вкл.	Snd-On
Включение заставки (Splash Screen)	вкл.	SPL-On
Задержка OVP (Delay)	0 мс	dEL-0
Порог вентилятора (Fan)	50°C	FAn-50
Порог аварии (Alarm)	60°C	ALA-60

## 5. Калибровка

### 5.1. Вход в режим 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 делать после прогрева источника в течение 30 мин. Для входа в режим калибровки нужно выбрать пункт меню «CAL-no» и повернуть ручку энкодера по часовой стрелке. При этом текст меню сменится на «CAL-YES». Если теперь нажать ручку энкодера, то будет запущен процесс калибровки. Если повернуть ручку энкодера дальше, текст меню сменится на «CAL-dEF». Если теперь нажать ручку энкодера, то все калибровочные коэффициенты будут инициализированы значениями по умолчанию.

Если повернуть ручку энкодера дальше, текст меню сменится на «CAL-dEF». Если теперь нажать ручку энкодера, то все калибровочные коэффициенты будут инициализированы значениями по умолчанию.

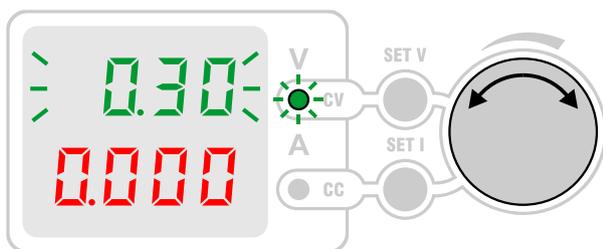
## 5.2. Этапы калибровки

Калибровка задания и измерения тока производится по двум точкам. Точки задаются вблизи начала и конца шкалы. По результатам измерения этих точек вычисляются калибровочные коэффициенты – аддитивный (для калибровки напряжения смещения) и мультипликативный (для калибровки коэффициента передачи). После завершения каждого этапа калибровки полученные калибровочные коэффициенты сохраняются в энергонезависимой памяти. Если в процессе вычисления коэффициентов получаются значения, выходящие за допустимые пределы, сохранение новых коэффициентов не производится и генерируется длинный звуковой сигнал ошибки. Процесс калибровки построен таким образом, что любую из калибровочных точек можно пропустить, при этом будет использовано ее старое значение, полученное при предыдущей калибровке. Для пропуска точки достаточно не производить регулировку значения ручкой энкодера, а просто перейти к следующему шагу. Можно также запустить процесс калибровки для проверки существующей калибровки без изменения калибровочных коэффициентов. Для этого нужно последовательно прошагать весь процесс калибровки, не делая регулировок. Выйти из калибровки можно в любой момент, для этого нужно нажать ручку энкодера.

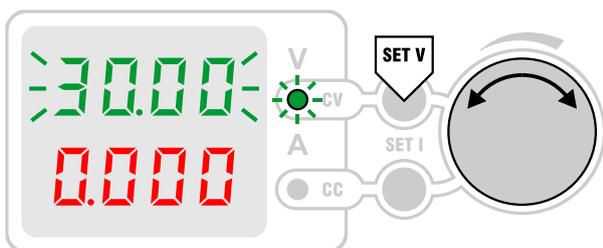
Выход источника в начале калибровки выключен, включить его нужно вручную. В процессе калибровки выход может быть выключен в любое время. Коэффициенты, полученные с выключенным выходом, в память не записываются.

## 5.3. Калибровка задания напряжения

Калибровка начинается с канала задания напряжения. К выходным клеммам источника нужно подключить образцовый вольтметр. На первом шаге устанавливается напряжение первой калибровочной точки, равное 0.30 В. Значение напряжения на дисплее мигает. Светодиод CV тоже мигает, символизируя то, что выполняется калибровка канала напряжения. С помощью ЦАП источник выставляет на выходе напряжение первой калибровочной точки, при этом пользуясь калибровочными коэффициентами по умолчанию, чтобы исключить влияние текущей калибровки. Задача оператора – вращая ручку энкодера добиться показаний внешнего образцового вольтметра как можно ближе к 0.30 В. Переход к следующему шагу калибровки осуществляется нажатием кнопки SET V,



при этом происходит сохранение результата для первой точки.

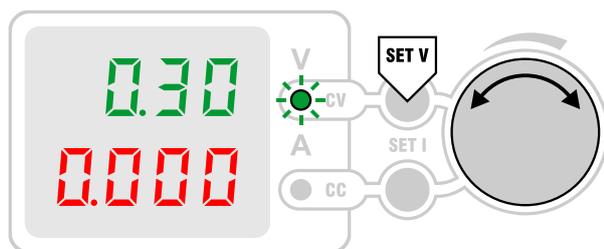


На втором шаге калибровки устанавливается напряжение второй калибровочной точки, равное 30.00 В. Значение напряжения на дисплее и светодиод CV мигают. Задача – добиться показаний внешнего вольтметра как можно

ближе к 30.00 В. Переход к следующему этапу калибровки осуществляется нажатием кнопки SET V, при этом происходит сохранение результата для второй точки. На этом калибровка задания напряжения завершена.

#### 5.4. Калибровка измерения напряжения

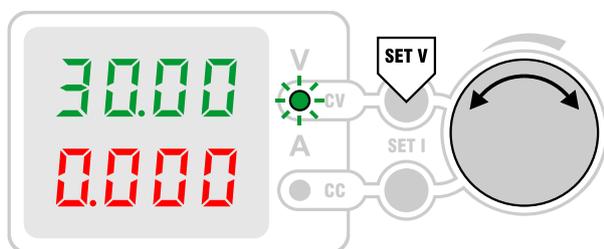
Следующий этап – калибровка канала измерения напряжения. На первом шаге устанавливается напряжение первой калибровочной точки, равное 0.30 В. Значение



напряжения на дисплее горит постоянно, светодиод CV мигает. С помощью ЦАП источник выставляет на выходе напряжение калибровочной точки, пользуясь текущими калибровочными коэффициентами. Задача оператора – вращая ручку энкодера добиться показаний на дисплее как можно ближе к 0.30 В. Напряжение на клеммах источника

можно контролировать внешним вольтметром, и если оно отличается от значения калибровочной точки, повторить калибровку канала задания напряжения. Переход к следующему шагу калибровки осуществляется нажатием кнопки SET V, при этом происходит сохранение результата для первой точки.

На втором шаге калибровки канала измерения напряжения устанавливается напряжение второй калибровочной точки, равное 30.00 В. Значение напряжения на дисплее горит постоянно, светодиод CV мигает. Задача – добиться показаний на дисплее как можно ближе к 30.00 В. Если

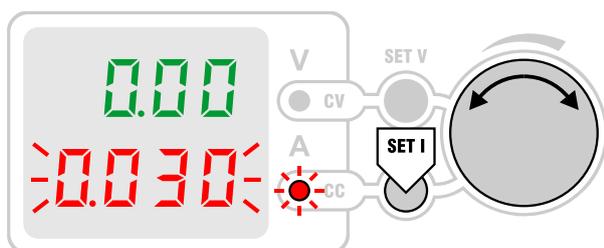


нажать кнопку SET V, будет осуществлен переход снова к первому этапу – калибровке задания напряжения. Чтобы перейти к следующему этапу калибровки, нужно нажать кнопку SET I. При нажатии любой из кнопок происходит сохранение

результата для второй точки. На этом калибровка канала напряжения завершена.

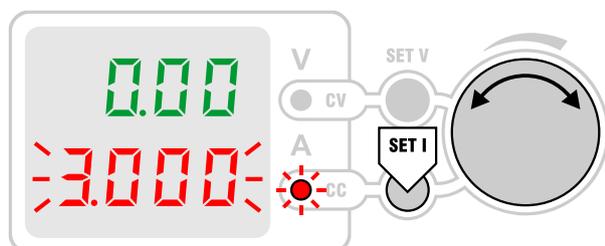
#### 5.5. Калибровка задания тока

Следующий этап – калибровка канала задания тока. К выходным клеммам источника



нужно подключить образцовый амперметр. На первом шаге устанавливается ток первой калибровочной точки, равный 0.030 А. Значение тока на дисплее мигает. Светодиод CC тоже мигает, символизируя то, что выполняется калибровка канала тока. С помощью ЦАП источник выставляет на выходе ток калибровочной точки, при этом пользуясь калибровочными

коэффициентами по умолчанию, чтобы исключить влияние текущей калибровки. Задача оператора – вращая ручку энкодера добиться показаний внешнего образцового амперметра как можно ближе к 0.030 А. Переход к следующему шагу калибровки осуществляется нажатием кнопки SET I, при этом происходит сохранение результата для первой точки.

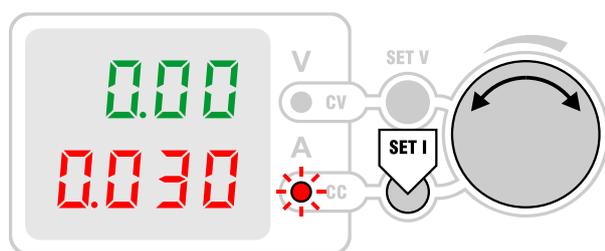


На втором шаге калибровки задания тока устанавливается ток второй калибровочной точки, равный 3.000 А. Значение тока на дисплее и светодиод СС мигают. Задача – добиться показаний внешнего амперметра как можно ближе к 3.000 А. Переход к следующему этапу калибровки осуществляется нажатием кнопки SET I, при этом происходит

сохранение результата для второй точки. На этом калибровка задания тока завершена.

## 5.6. Калибровка измерения тока

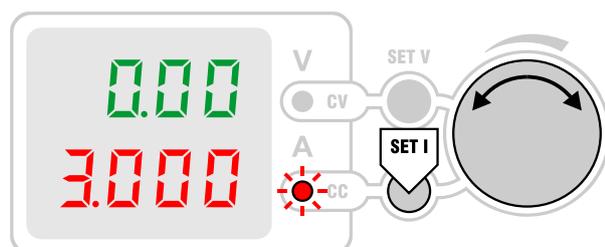
Следующий этап – калибровка канала измерения тока. На первом шаге устанавливается ток первой калибровочной точки, равный 0.030 А. Значение тока на дисплее горит постоянно, светодиод СС мигает. С помощью ЦАП источник



выставляет на выходе ток калибровочной точки, пользуясь текущими калибровочными коэффициентами. Задача оператора – вращая ручку энкодера добиться показаний на дисплее как можно ближе к 0.030 А. Выходной ток источника можно контролировать внешним

амперметром, и если он отличается от значения калибровочной точки, повторить калибровку канала задания тока. Переход к следующему шагу калибровки осуществляется нажатием кнопки SET I, при этом происходит сохранение результата для первой точки.

На втором шаге калибровки канала измерения тока устанавливается ток второй калибровочной точки, равный 3.000 А. Значение тока на дисплее горит постоянно, светодиод СС мигает. Задача – добиться



показаний на дисплее как можно ближе к 3.000 А. Если нажать кнопку SET I, будет осуществлен переход снова к первому шагу калибровки задания тока. Если нажать кнопку SET V, будет осуществлен переход к первому шагу калибровки задания напряжения. Чтобы выйти из калибровки, нужно нажать ручку энкодера. При нажатии

ручки энкодера или любой из кнопок происходит сохранение результата для второй точки. На этом калибровка завершена.

## 6. Управление по интерфейсу USB

### 6.1. Функции DLL

Для реализации управления источником питания используется динамическая библиотека `psl3604usb.dll`. В ней каждая из команд управления реализована в виде отдельной функции. Кроме того, библиотека содержит дополнительные функции, предназначенные для настройки порта. 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 `psl3604usb.dll` приведен ниже:

#### 6.2.1. Функция `PSL3604_OpenDevice`

Подключение USB-устройства с именем "PSL-3604".

```
bool PSL3604_OpenDevice(void)
```

#### 6.2.2. Функция `PSL3604_CloseDevice`

Отключение ранее подключенного USB-устройства.

```
bool PSL3604_CloseDevice(void)
```

#### 6.2.3. Функция `PSL3604_GetLastError`

Чтение строки с информацией о последней ошибке обмена с устройством.

```
void PSL3604_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.

#### 6.2.4. Функция `PSL3604_GetInfo`

Чтение информации об устройстве.

```
bool PSL3604_GetInfo(LPCSTR &lpcStr)
```

Возвращает указатель на строку, которая содержит информацию об устройстве. В данном случае строка выглядит следующим образом: "PSL-3604 V1.0", где "PSL-3604" – тип устройства, "V1.0" – версия firmware 1.0.

#### 6.2.5. Функция `PSL3604_SetVI`

Установка напряжения и тока, а также статуса устройства.

```
bool PSL3604_SetVI(int v, int i, int s)
```

Функция имеет следующие параметры:

*v* – значение напряжения [*x* 0.01 В]. Может принимать значения от 0 до 3600, что соответствует напряжению от 0 до 36.00 В.

*i* – значение тока [*x* 0.001 А]. Может принимать значения от 0 до 4000, что соответствует току от 0 до 4.000 А.

*s* – статус устройства, содержит битовые поля:

*s.0* = 1 – выход включен.

*s.1* = 1 – местное управление заблокировано.

Заданные функцией значения в EEPROM не сохраняются.

#### 6.2.6. Функция PSL3604\_GetVI

Чтение установленного напряжения и тока, статуса устройства.

*bool* PSL3604\_GetVI(*int* &*v*, *int* &*i*, *int* &*s*)

Формат и диапазоны параметров аналогичны функции PSL3604\_SetVI().

#### 6.2.7. Функция PSL3604\_GetVmlm

Чтение измеренного напряжения и тока, статуса устройства.

*bool* PSL3604\_GetVmlm(*int* &*vm*, *int* &*im*, *int* &*m*)

Функция имеет следующие параметры:

*vm* – значение измеренного напряжения [*x* 0.01 В]. Может принимать значения от 0 до 3600, что соответствует напряжению от 0 до 36.00 В.

*im* – значение измеренного тока [*x* 0.001 А]. Может принимать значения от 0 до 4000, что соответствует току от 0 до 4.000 А.

*m* – режим работы устройства, содержит битовые поля:

*m.0* = 1 – выход включен.

*m.1* = 1 – режим CC, 0 – режим CV.

*m.2* = 1 – сработала защита OVP.

*m.3* = 1 – сработала защита OCP.

*m.4* = 1 – сработала защита OTP.

#### 6.2.8. Функция PSL3604\_SetOVCP

Установка порогов защиты по напряжению и току с сохранением их в EEPROM.

*bool* PSL3604\_SetOVCP(*int* *ovp*, *int* *ocp*)

Функция имеет следующие параметры:

*ovp* – порог защиты по напряжению [*x* 0.01 В]. Может принимать значения от 0 до 3600, что соответствует напряжению от 0 до 36.00 В. При установке 0 В защита по напряжению отключена.

*ocp* – порог защиты по току [*x* 0.001 А]. Может принимать значения от 0 до 4000, что соответствует току от 0 до 4.000 А. При установке 0 А защита по току отключена.

#### 6.2.9. Функция PSL3604\_GetOVCP

Чтение установленных порогов защиты по напряжению и току.

*bool* PSL3604\_GetOVCP(*int* &*ovp*, *int* &*ocp*)

Формат и диапазоны параметров аналогичны функции *PSL3604\_SetOVCP()*.

#### 6.2.10. Функция **PSL3604\_SetFan**

Управление вентилятором.

*bool PSL3604\_SetFan(int f)*

Функция имеет следующие параметры:

*f* – скорость вентилятора [%]. Может принимать значения от 0 до 100.

#### 6.2.11. Функция **PSL3604\_GetFan**

Чтение режима вентилятора и температуры.

*bool PSL3604\_GetFan(int &f, int &t)*

Функция имеет следующие параметры:

*f* – скорость вентилятора [%]. Может принимать значения от 0 до 100.

*t* – температура радиатора [°C]. Может принимать значения от 0 до 99.

#### 6.2.12. Функция **PSL3604\_SetPre**

Запись пресета в EEPROM.

*bool PSL3604\_SetPre(int n, int pv, int pi)*

Функция имеет следующие параметры:

*n* – номер пресета. Может принимать значения от 0 до 9.

*pv* – значение напряжения пресета [ $\times 0.01$  В]. Может принимать значения от 0 до 3600, что соответствует напряжению от 0 до 36.00 В.

*pi* – значение тока пресета [ $\times 0.001$  А]. Может принимать значения от 0 до 4000, что соответствует току от 0 до 4.000 А.

#### 6.2.13. Функция **PSL3604\_GetPre**

Чтение пресета.

*bool PSL3604\_GetPre(int &n, int &pv, int &pi)*

Формат и диапазоны параметров аналогичны функции *PSL3604\_SetPre()*.

#### 6.2.14. Функция **PSL3604\_SetOpt**

Задание опций с сохранением их в EEPROM.

*bool PSL3604\_SetOpt(int op, int de, int fn, int al)*

Функция имеет следующие параметры:

*op* – набор опций, содержит битовые поля:

*op.0* = 1 – включен режим *Track*.

*op.1* = 1 – включен режим *Confirm*.

*op.2* = 1 – включен предпросмотр тока.

*op.3* = 1 – включен *Down Programmer* при выключенном выходе.

*op.4* = 1 – включено восстановление состояние выхода.

*op.5* = 1 – звук включен.

*op.b = 1* – заставка включена.

*de* – значение задержки срабатывания ОСР [мс]. Может принимать значения от 0 до 99.

*fn* – порог включения вентилятора [°C]. Может принимать значения от 0 до 99.

*al* – порог защиты от перегрева (ОТР) [°C]. Может принимать значения от 0 до 99.

### 6.2.15. Функция PSL3604\_GetOpt

Чтение опций.

*bool PSL3604\_GetOpt(int &op, int &de, int &fn, int &al)*

Формат и диапазоны параметров аналогичны функции *PSL3604\_SetOpt()*.

### 6.2.16. Функция PSL3604\_SetDAC

Запись кода ЦАП (используется при калибровке).

*bool PSL3604\_SetDAC(int dacv, int daci)*

Функция имеет следующие параметры:

*dacv* – значение кода ЦАП напряжения. Может принимать значения от 0 до 65535, что соответствует полной шкале. Младшие 4 бита не используются.

*daci* – значение кода ЦАП тока. Может принимать значения от 0 до 65535, что соответствует полной шкале. Младшие 4 бита не используются.

### 6.2.17. Функция PSL3604\_GetADC

Чтение кода АЦП (используется при калибровке).

*bool PSL3604\_GetADC(int &adcV, int &adcI)*

Функция имеет следующие параметры:

*adcV* – значение кода АЦП напряжения. Может принимать значения от 0 до 65535, что соответствует полной шкале. Код получается суммированием 16-ти отсчетов.

*adcI* – значение кода АЦП тока. Может принимать значения от 0 до 65535, что соответствует полной шкале. Код получается суммированием 16-ти отсчетов.

### 6.2.18. Функция PSL3604\_SetCal

Запись калибровки с сохранением в EEPROM.

*bool PSL3604\_SetCal(int kv, int sv, int ki, int si, int kvm, int svm, int kim, int sim)*

Функция имеет следующие параметры:

*kv* – мультипликативный калибровочный коэффициент задания напряжения. Может принимать значения от 0 до 30000. Код 15000 соответствует единичному коэффициенту передачи.

*sv* – аддитивный калибровочный коэффициент задания напряжения. Может принимать значения  $\pm 30000$ . Код 0 соответствует нулевому смещению.

*ki* – мультипликативный калибровочный коэффициент задания тока. Может принимать значения от 0 до 30000. Код 15000 соответствует единичному коэффициенту передачи.

*si* – аддитивный калибровочный коэффициент задания тока. Может принимать значения  $\pm 30000$ . Код 0 соответствует нулевому смещению.

*kvm* – мультипликативный калибровочный коэффициент измерения напряжения. Может принимать значения от 0 до 30000. Код 15000 соответствует единичному коэффициенту передачи.

*svm* – аддитивный калибровочный коэффициент измерения напряжения. Может принимать значения  $\pm 30000$ . Код 0 соответствует нулевому смещению.

*kim* – мультипликативный калибровочный коэффициент измерения тока. Может принимать значения от 0 до 30000. Код 15000 соответствует единичному коэффициенту передачи.

*sim* – аддитивный калибровочный коэффициент измерения тока. Может принимать значения  $\pm 30000$ . Код 0 соответствует нулевому смещению.

### 6.2.19. Функция PSL3604\_GetCal

Чтение калибровки.

*bool PSL3604\_GetCal(int &kv, int &sv, int &ki, int &si, int &kvm, int &svm, int &kim, int &sim)*

Формат и диапазоны параметров аналогичны функции *PSL3604\_SetCal()*.

### 6.3. Команды протокола Wake

Команды управления передаются в виде пакетов согласно протоколу Wake, скорость обмена составляет 19200 бод, длина слова 8 бит, бит четности не используется. Инициатором обмена всегда выступает компьютер. В ответ на каждую команду устройство передает пакет, который содержит тот же номер команды, а в качестве первого байта данных передается код ошибки (за исключением команд CMD\_ECHO и CMD\_INFO). Код ошибки 00h означает успешное выполнение команды (см. описание кодов ошибок ниже). В поле данных каждой команды передаются параметры. Для разных команд число параметров может быть разным, есть команды, которые не имеют параметров вообще.

#### 6.3.1. 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					-			

#### 6.3.2. 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

#### 6.3.3. 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

#### 6.3.4. Команда Cmd\_Info

Команда представляет собой запрос информации о типе устройства и версии встроенного программного обеспечения (firmware). В ответ передается пакет, содержащий 14 байт данных, которые представляют собой строку в коде ASCII: "PSL-3604 V1.0", где "PSL-3604" – тип устройства, "V1.0" – версия firmware 1.0. В качестве разделителей используются пробелы (код 20h). 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	12								String: "PSL-3604 V1.0", 00h

### 6.3.5. Команда Cmd\_Set\_VI

Команда служит для установки выходного тока и напряжения источника, а также его статуса. Сохранение в EEPROM этих значений не производится. Команда имеет следующие параметры:

*v* – выходное напряжение 0...3600 [x0.01 V]

*i* – выходной ток 0...4000 [x0.001 A]

*oe* – включение выхода

*lc* – блокировка местного управления

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)																	
		-	-	-	-	-	-	lc	oe										

### 6.3.6. Команда Cmd\_Get\_VI

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

*v* – установленное выходное напряжение 0...3600 [x0.01 V]

*i* – установленный выходной ток 0...4000 [x0.001 A]

*oe* – состояние выхода

*lc* – состояние блокировки местного управления

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	6	Error Code							
												v (low byte)							
												v (high byte)							
												i (low byte)							
												i (high byte)							
		-	-	-	-	-	-	lc	oe										

### 6.3.7. Команда Cmd\_Get\_VmIm

Команда возвращает измеренное значение напряжения и тока, а также текущий режим источника. Команда имеет следующие параметры:

*vm* – установленное выходное напряжение 0...3600 [x0.01 V]

*im* – установленный выходной ток 0...4000 [x0.001 A]

*oe* – состояние выхода

*ss* – режим стабилизации CC/CV

*vp* – защита OVP

*cp* – защита OCP

*tp* – 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	6	Error Code							
													vm (low byte)							
													vm (high byte)							
													im (low byte)							
													im (high byte)							
													-	-	-	tp	cp	vp	cc	oe

### 6.3.8. Команда Cmd\_Set\_OVCP

Команда служит для установки порогов защиты по напряжению и току, которые сохраняются в EEPROM. Команда имеет следующие параметры:

*ovp* – порог защиты по напряжению 0...3600 [x0.01 В], 0 – защита выключена

*ocp* – порог защиты по току 0...4000 [x0.001 А], 0 – защита выключена

TX										RX										
CMD	N	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	CMD	N	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	
9	4	ovp (low byte)									9	1	Error Code							
		ovp (high byte)																		
		ocp (low byte)																		
		ocp (high byte)																		

### 6.3.9. Команда Cmd\_Get\_OVCP

Команда возвращает значения установленных порогов защиты по напряжению и току. Команда имеет следующие параметры:

*ovp* – порог защиты по напряжению 0...3600 [x0.01 В], 0 – защита выключена

*ocp* – порог защиты по току 0...4000 [x0.001 А], 0 – защита выключена

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	6	Error Code							
													ovp (low byte)							
													ovp (high byte)							
													ocp (low byte)							
													ocp (high byte)							
													-	-	-	tp	cp	vp	cc	oe

### Команда Cmd\_Set\_Fan

Команда служит для управления вентилятором. Команда имеет следующие параметры:

*f* – скорость вентилятора 0...100 [%]

TX										RX										
CMD	N	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	CMD	N	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	
11	1	f									11	1	Error Code							



*dp* – включение *Down Programmer* при выключенном выходе  
*or* – включение восстановления состояния выхода  
*sn* – включение звука  
*sp* – включение заставки  
*de* – задержка срабатывания токовой защиты (ОСР) 0...99 [мс]  
*fn* – порог включения вентилятора 0...99 [°C]  
*al* – порог защиты о перегрева (ОТР) 0...99 [°C]

TX										RX											
CMD	N	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	CMD	N	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0		
15	4	-	sp	sn	or	dp	pv	cn	tr	15	1	Error Code									
				de																	
				fn																	
				al																	

### 6.3.14. Команда Cmd\_Get\_Opt

Команда возвращает значение опций. Команда имеет следующие параметры:

*tr* – включение режима *Track*  
*sn* – включение режима *Confirm*  
*pv* – включение предпросмотра тока  
*dp* – включение *Down Programmer* при выключенном выходе  
*or* – включение восстановления состояния выхода  
*sn* – включение звука  
*sp* – включение заставки  
*de* – задержка срабатывания токовой защиты (ОСР) 0...99 [мс]  
*fn* – порог включения вентилятора 0...99 [°C]  
*al* – порог защиты о перегрева (ОТР) 0...99 [°C]

TX										RX												
CMD	N	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	CMD	N	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0			
16	0	-									16	5	Error Code									
												-	sp	sn	or	dp	pv	cn	tr			
				de																		
				fn																		
				al																		

### 6.3.15. Команда Cmd\_Set\_DAC

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

*dacv* – код ЦАП напряжения 0...65535 (4 младших бита не используются)  
*daci* – код ЦАП тока 0...65535 (4 младших бита не используются)

TX										RX												
CMD	N	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	CMD	N	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0			
17	4	dacv (low byte)									17	1	Error Code									
		dacv (high byte)																				
		daci (low byte)																				
		daci (high byte)																				



### 6.3.17. Команда Cmd\_Get\_Cal

Команда возвращает значения калибровочных коэффициентов. Команда имеет следующие параметры:

*kv* – коэффициент *K* задания напряжения 0...30000  
*sv* – коэффициент *S* задания напряжения ±30000  
*ki* – коэффициент *K* задания тока 0...30000  
*si* – коэффициент *S* задания тока ±30000  
*kvt* – коэффициент *K* измерения напряжения 0...30000  
*svt* – коэффициент *S* измерения напряжения ±30000  
*kit* – коэффициент *K* измерения тока 0...30000  
*sit* – коэффициент *S* измерения тока ±30000

TX										RX										
CMD	N	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	CMD	N	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	
20	0	-								20	17	Error Code								
											kv (low byte)									
											kv (high byte)									
											sv (low byte)									
											sv (high byte)									
											ki (low byte)									
											ki (high byte)									
											si (low byte)									
											si (high byte)									
											kvm (low byte)									
											kvm (high byte)									
											svm (low byte)									
											svm (high byte)									
											kim (low byte)									
											kim (high byte)									
											sim (low byte)									
											sim (high byte)									

### 6.3.18. 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 2.

**Таблица 2. 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

## **7. Описание управляющей программы**

### **7.1. Главное окно программы**

Внешний вид главного окна управляющей программы будет приведен на рис. 3.

### **7.2. Связь с устройством**

Текущий статус связи с устройством отображается в строке состояния главного окна программы.

### **7.3. Управление устройством**

Система команд, которую поддерживает источник питания, позволяет в полном объеме осуществлять управление от компьютера, а также считывать текущие значения. Местное управление с передней панели источника при этом может оставаться включенным, или оно может быть заблокировано.

### **7.4. Задание опций**

Окно задания опций источника будет показано на рис. 4.

## **8. Обновление прошивки**

### **8.1. Подключение устройства**

Для обновления прошивки необходимо подключение источника питания к компьютеру через интерфейс USB.

## 9. Информация о разработчике

### 9.1. Разработчик

***NSM lab***

**e-mail: [wubblick@yahoo.com](mailto:wubblick@yahoo.com)**