

Инструкция по эксплуатации прибора SBL-LOAD-150

версия микропрограммного обеспечения 3.XX

(с) UB3TAF
г.Нижний Новгород 2020 год
www.asobol.ru

1. Назначение прибора.

SBL- LOAD - 150 – это много функциональная электронная нагрузка поглощающей мощностью 150вт.

2. Технические характеристики и описание прибора.

2.1 Описание.

Конструкция любительская, многие вещи реализовывались в качестве эксперимента, прошу отнестись с пониманием.

2.2 Условные обозначения и сокращения.

1. Если для ввода команды требуется последовательное нажатие нескольких кнопок прибора, то в данной инструкции они обозначаются в фигурных кавычках. Каждая кнопка записывается через пробел. Например «F1»«OK», обозначает последовательное нажатие кнопок «F1», «OK».
2. Если для ввода команды требуется переход по меню то каждый уровень меню обозначается через обратный слеш. Например: SETTINGS / USART OUTPUT обозначает переход в меню USART OUTPUT из меню SETTINGS.
3. Сокращения:
 - DUT – тестируемое устройство (device under test)
 - OCP защита по току (over current protection).
 - OVP защита по напряжению (over voltage protection).
 - OTP защита от перегрева (over temperature protection).
 - OPP защита от перегрузки по мощности (over power protection).
 - PID – пропорционально интегрально дифференциальный регулятор.

2.3 Технические характеристики.

Приведенные ниже характеристики прибора в целом, являются характеристиками определенными приборами имеющимися в наличии и не претендуют на метрологическую точность. Точность не указывал намерено, т.к. приборов точнее мультиметра в достпе нет.

Для оценки точности ниже будут указаны данные по расхождению показаний с мультиметром Unit89XD. Точность и стабильность очень высокая для такого рода устройства, получилось много лучше чем то что я хотел сделать когда приступал к проекту.

Наименование	Значение	Описание
Аппаратные режимы работы	CC, CV, TRC, BAT, TRV	CC – Constant current CV – Constant voltage TRC – Transient current BAT – Battery TRV – Transient voltage (не реализован)
Режимы работы реализованные	CRC, CRV, CPC, LED	CRC - Constant resistance managed by current

через PID регулятор		CRV - Constant resistance managed by voltage LED - Mode for test LED driver CPC - Constant power managed by current
Поглощаемая Мощность	150W	
Измерение напряжения	Диапазон LOW: 0 - 30V Диапазон HIGH: 0 - 150V	Разрешение 0,1mV, 1mV, 10mV (4 цифры) Разрешение 1mV, 10mV, 100mV (4 цифры)
Установка напряжения	Диапазон LOW: 0 - 30V Диапазон HIGH: 0 - 150V	Шаг установки 1mV ⁽¹⁾ Шаг установки 1mV
Измерение тока	Диапазон LOW: 0 - 5A Диапазон HIGH: 0 - 15A	Разрешение 0.1mA, 1mA (4 цифры) Разрешение 0.1mA, 1mA, 10mA (4 цифры)
Установка тока	Диапазон LOW: 0 - 5A Диапазон HIGH: 0 - 15A	Шаг установки 1mA ⁽¹⁾ Шаг установки 1mA
Защита	OCP, OVP, OPP, OTP	OCP – Over current protection OVP – Over voltage protection OPP – Over Power protection OTP – Over temperature protection
Значения R	0.1 – 500 Ohm	Для режимов CRC, CRV
Скорость нарастания тока CC		см. образцы диаграмм на сайте
Скорость нарастания напряжения CV		см. образцы диаграмм на сайте
Регулировка скорости нарастания	1mA/ms - 50A/ms	Реализована только для режима TRC
Установка периода в режима TRC	2 ms — 60 s	
Период дискретизации PID	35 us (28.5 kHz)	Для каждого шага PID и защиты используется 5 отсчетов АЦП для тока и 5 отсчетов АЦП для напряжения.
Скорость отклика событий	35 us	Von, Voff, Vunreg
Скорость отклика защиты	35 us	OCP, OVP
Скорость отклика защиты	1 s	OTP, OPP
Минимальное	100 mV (ток до 500 mA)	

управляемое напряжение	500mV (ток до 2.5 A) 900mV (ток до 5.0 A)	
Скорость измерений	4 измерения в секунду ток + напряжение	Каждый отсчет тока и напряжения - 71300 замеров АЦП 12 bit
Вход SENSV	Аппаратный (Внутренний / Внешний)	Для измерения напряжения DUT по 4х проводной схеме.
Монитор тока	Аппаратный, не калиброванный 0-12V	Приведен к уровню земли разъема SENS, служит для оценки характера тока.
Программный монитор тока и напряжения	Буфер 70ms, шаг отсчетов 35us, 2048 отсчетов.	Режим работы: OFF, Single, Normal Старт триггера: Current Raise, Current Fall, Voltage Raise, Voltage Fall Уровни: Current, Voltage.
Установка события Von	0 - 150V	Уровень для включения нагрузки Режимы: CC, TRC, BAT, CRC, CRV
Установка события Voff	0 - 150V	Уровень для выключения нагрузки Режимы: CC, TRC, BAT, CRC, CRV Режим работы: Stop, Restart.
PID MODE	SLOW, FINE, FAST	Программная регулировка скорости работы PID регулятора.
Уровень PID Vunreg	0 — 150V	Установка минимального уровня напряжения, ниже которого PID не управляет нагрузкой для исключения перерегулирования в динамических режимах.
USART	Скорость 230400 baud	Гальваническая развязка. Реализован интерфейс CLI для управления устройством.

1* - Шаг установки продиктован особенностями интерфейса по работе с устанавливаемыми значениями float, а не реальной необходимостью и точностью.

Отклонение измеренных параметров устройства от мультиметра Unit89XD

Ток	1-5mA	5-50mA	50-500mA	0.5-5A	5-10A	10A-15A
Измерение 0-5A	+/- 0.8mA	+/- 0.5mA	+/- 0.8mA	+/- 10mA ⁽¹⁾	Нет БП	Нет БП
Измерение 0-15A	+/- 3.0mA	+/- 0.8mA	+/- 1mA	+/- 10mA ⁽¹⁾	Нет БП	Нет БП

1* - Отклонение 10 mA это наименьший шаг измеряемого значения мультиметра, на самом деле точность гораздо выше на уровне +/-2mA.

Напряжение	0-1B	1-5B	5-10B	10-50B	50B-100B	100B-150B
Измерение 0-30V	+/- 4mV	+/- 2mV	+/-10mV ⁽²⁾	+/-10mV ⁽²⁾	Нет БП	Нет БП
Измерение 0-150V	+/-10mV	+/- 4mV	+/-10mV ⁽³⁾	+/-10mV ⁽³⁾	Нет БП	Нет БП

2* - Отклонение 10 mV это наименьший шаг измеряемого значения мультиметра, на самом

деле точность гораздо выше на уровне $\pm 2\text{mV}$.

3* - Отклонение 10 mV это наименьший шаг измеряемого значения мультиметра, на самом деле точность гораздо выше на уровне $\pm 4\text{mV}$

Отклонение между установленным выходным значением и измеренным.

Ток	1-10mA	10-100mA	0.1-1.0A	1.0-5.0A	5.0-10A	10A-15A
Диапазон 0-5.0A	$\pm 0.7\text{mA}$	$\pm 0.7\text{mA}$	$\pm 1.5\text{mA}$	$\pm 4.0\text{mA}$	Нет БП	Нет БП
Диапазон 0-15A	$\pm 2.5\text{mA}$	$\pm 2.0\text{mA}$	$\pm 3.0\text{mA}$	$\pm 6.0\text{mA}$	Нет БП	Нет БП

Напряжение	0-1В	1-5В	5-10В	10-50В	50В-100В	100В-150В
Диапазон 0-30.0в	$\pm 4.0\text{mV}$	$\pm 3.0\text{mV}$	$\pm 3.0\text{mV}^{(2)}$	$\pm 8.0\text{mV}^{(2)}$	Нет БП	Нет БП
Диапазон 0-150в	$\pm 20\text{mV}$	$\pm 20\text{mV}$	$\pm 10\text{mV}^{(3)}$	$\pm 10\text{mV}^{(3)}$	Нет БП	Нет БП

2.4 Конструкция прибора

Прибор собран в корпусе Z2AW фирмы KRADEX, размером 150х90х180мм (ШхВхД).

3. Органы управления и интерфейс.

3.1 Внешний вид и органы управления.

На данный момент на передней панели прибора находится графический TFT дисплей 320 x 240 точек, органы управления прибором, выход монитора тока, клеммы подключения нагрузки и клеммы внешнего подключения порта измерения напряжения.

На задней панели прибора выведены разъемы: USB-B, разъем питания 220 вольт, аналоговый вход внешнего канала для управления прибором (не реализовано), блок предохранителей.

Внешний вид передней панели прибора изображен на [Ошибка: источник перекрёстной ссылки не найден](#). Внешний вид панелт прибора **SBL-LOAD-150**.

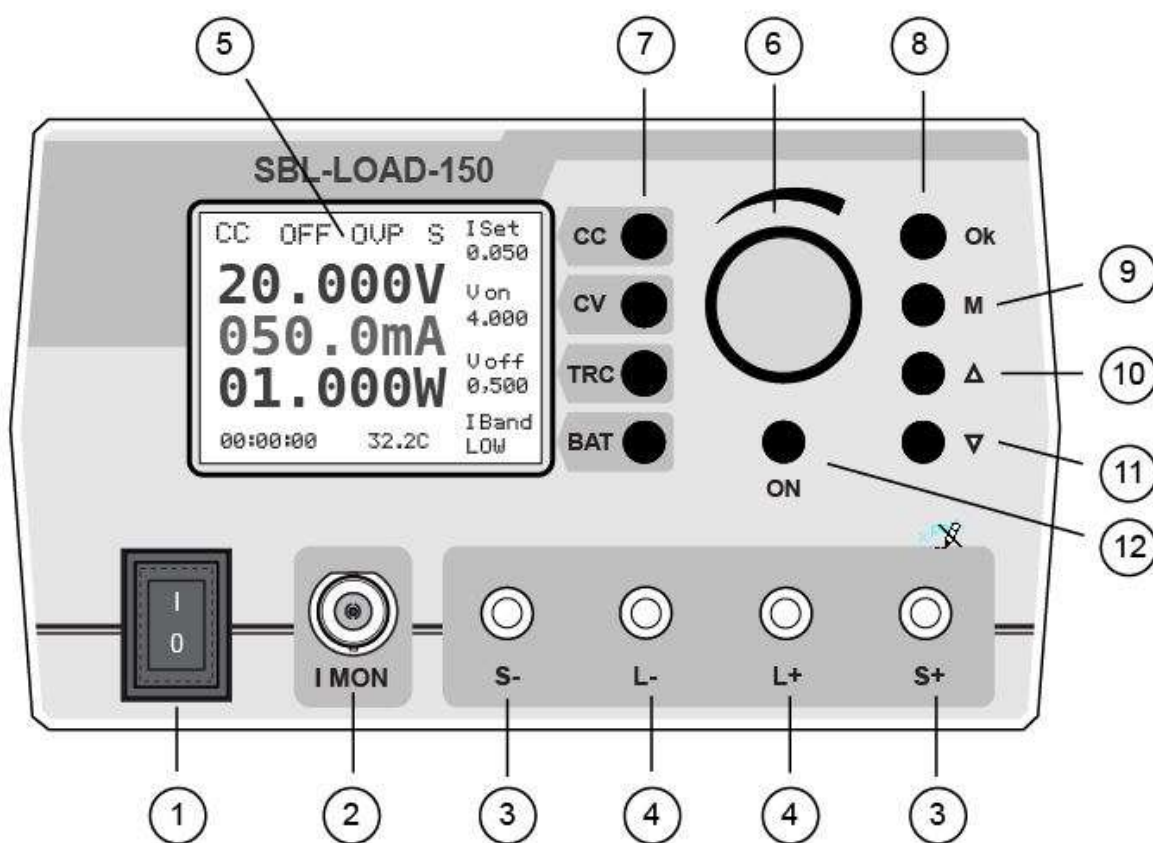


Рис. 1. 1 — Кнопка питания, 2 — Разъем монитора тока, 3 — Клеммы внешнего SENS V, 4 — Клеммы DUT, 5 — Дисплей, 6 — Энкодер, 7 — Функциональные кнопки F1 - F4, 8 — Кнопка (Ok), 9 — Кнопка Меню (M), 10, 11 — Кнопки увеличения/Уменьшения параметра (перемещение по меню). 12 — Кнопка включения / выключения нагрузки ON/OFF

3.2 Назначение кнопок управления прибором.

Кнопка	Основное назначение	Длинное удержание
CC / F1	Начало и окончание редактирования параметра 1.	Быстрый переход в режим CC. Устройство должно быть не активно.
CV / F2	Начало и окончание редактирования параметра 2.	Быстрый переход в режим CV. Устройство должно быть не активно.
TRC / F3	Начало и окончание редактирования параметра 3.	Быстрый переход в режим TRC. Устройство должно быть не активно.
BAT / F4	Начало и окончание редактирования параметра 4.	Быстрый переход в режим BAT Устройство должно быть не активно.
Ok	Начало/ Окончание редактирования параметра системного меню. Переход на новый уровень меню.	Запись в EEPROM значений текущих параметров.
M	Вход в системное меню. Устройство должно быть не активно. Возврат на предыдущий уровень меню.	Вход в системное меню текущего режима. Устройство должно быть не активно.
UP	Перемещение по меню вверх. Увеличение разряда редактируемого параметра.	Активизация триггера программного монитора в режиме SINGLE.
DOWN	Перемещение по меню вниз. Уменьшение разряда редактируемого параметра.	Вход в меню DEBUG.
ON/OFF	Смена состояния устройства ON/OFF	Переключение SENS V Внутренний / Внешний.
ENCODER	Уменьшение/Увеличение значения активного параметра	Удержание при включении активизирует BOOTLOADER на USART1 для программирования.

Таблица 1

4. Работа с прибором.

4.1 Техника безопасности.

1. Подключение тестируемого устройства необходимо производить только при выключенном состоянии нагрузки.
2. Радиатор охлаждения и решетка радиатора находятся под потенциалом клеммы DUT+., будьте осторожны.

4.2 Базовые правила управления прибором.

1. По умолчанию все параметры можно изменять только при состоянии устройства OFF, см. параметр SIMPLE ON раздела SETTINGS.
2. Режим работы и диапазон можно изменять только в состоянии OFF .
3. Вход в системное меню и системное меню текущего режима работы разрешен только в состоянии OFF.
4. При запрете на операцию или при возникновении ошибки раздается два длинных гудка.
5. Успешная операция или событие дублируется одиночным звуковым сигналом или двойными короткими сигналами.
6. Настройки меню SETTINGS, PROTECT, DEBUG сохраняются в EEPROM автоматически в течение 5 секунд после редактирования. Остальные установки считаются текущими и подлежат явному сохранению длительным нажатием кнопки «OK».
7. Параметры ЭКРАННОГО МЕНЮ напротив кнопок «F1» - «F4» могут редактироваться при активном состоянии ON, см. параметр SIMPLE ON раздела SETTINGS. Все остальные параметры текущего режима редактируются только через системное меню при выключенном состоянии устройства.
8. При активизации режимов работы на основе управления током: CC, CRC, TRC, BAT, текущий ДИАПАЗОН тока устанавливается явно. Текущий ДИАПАЗОН напряжения вычисляется и устанавливается неявно на основе текущих измеренных значений или параметров защиты или уровней активных событий. Если один из параметров требует диапазон HIGH, то устанавливается диапазон HIGH.
9. При активизации режимов работы на основе управления напряжением: CV, CRV, LED, текущий ДИАПАЗОН напряжения устанавливается явно через параметры режима. Текущий ДИАПАЗОН тока вычисляется и устанавливается неявно на основе текуще измеренных значений, параметров защиты либо уровней событий. . Если один из параметров требует диапазон HIGH, то устанавливается диапазон HIGH.
10. Все значения системного меню переходят в состояние редактирования кнопкой ОК, окончание редактирования происходит так же по нажатию кнопки ОК.
11. Текущий редактируемый разряд значения FOLAT устанавливается кнопками UP, DOWN.
12. Многие параметры в разных режимах являются смежными, т.е. они общие для разных режимов. Например параметры защиты и пороговых уровней. Но есть и параметры которые привязаны только к конкретному режиму или группе режимов. В дальнейшем планирую создать таблицу для более конкретного описания взаимосвязи. В основном если параметры имеют одинаковое название, то они являются смежными, если названия разные то и параметры будут иметь свою ячейку хранения.
13. Иногда указатель десятичного разряда может выходить за пределы области видимости значения параметра из за большого диапазона регулирования параметра. Даже если курсор не видим в текущий момент он все равно будет определять изменяемый разряд и его всегда можно вывести на экран стандартным способом

способом, нажатием кнопок «UP», «DOWN».

14. Многие параметры имеют отдельную ячейку хранения для разных диапазонов, т.е. Изменяя диапазон не забудьте проверить все установленные параметры и параметры защиты.

4.3 Выбор режима работы

1. Текущий режим работы может быть выбран двумя способами:
 1. Необходимо перейти в системное меню по кнопке «М» и выбрать первый пункт WORK MODE, далее по нажатию кнопки «ОК» перейти в редактирование, выбрать энкодером режим и закончить редактирование нажатием кнопки «ОК».
 2. Для 4-х режимов привязанных к кнопкам F1-F4 есть возможность быстрого выбора. Необходимо в выключенном состоянии нажать и удерживать до сигнала кнопку F1 – F4, соответствующего режима.

4.4 Установка параметров режима

1. Установка параметров режима вы можете сделать тремя способами:
 - Из экранного меню, для активного режима — нажав кнопку F1-F4 напротив необходимого параметра. Данная опция доступна только для 4-х параметров в каждом из режимов.
 - Для любого режима, через системное меню, нажав кнопку «М» и далее перейти по списку в настройки необходимого режима.
 - Воспользоваться быстрым доступом в меню текущего режима — Для быстрого доступа в меню текущего режима необходимо в выключенном состоянии длительно удерживать кнопку «М».

4.5 Включение и выключения нагрузки.

1. Перед началом работы подключите DUT (device under test) к клеммам DUT, Установите требуемые параметры, затем параметры уровней защиты и событий и только после этого включайте электронную нагрузку в работу.
2. Перевод нагрузки во включенное и выключенной состояние производится нажатием кнопки «ON».
3. При активизации любого режима работы кнопкой ON, раздается звуковой сигнал в случае включения устройства в работу, если для включения в работу не наступило необходимое событие, то на экране в поле статуса ON или OFF будет отображаться слово WAIT.
4. После активизации нагрузки начинается отсчет времени на дисплее и неявно стартует отсчет потребляемой мощности. Отобразить значение потребляемой мощности можно в любой из строк дисплея, см описание режима CC.

5. Режимы работы

5.1 Режим работы CC (Constant Current)

Информация на дисплее

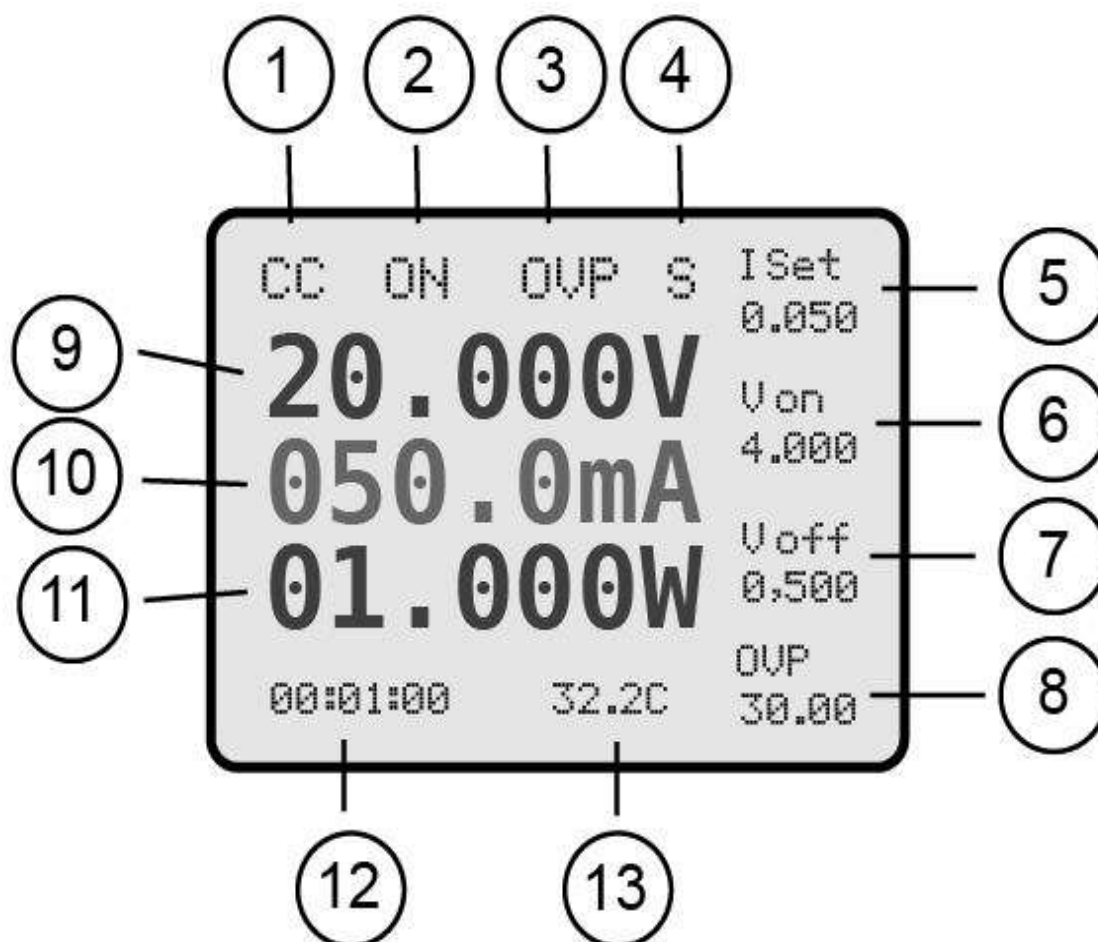


Рис. 1. Информация на дисплее в режиме CC.

- 1 — Режим работы, 2 — Состояние устройства OFF/WAIT/ON
 3 — Сработавшая защита, 4 — Символ включенного внешнего разъема SENS V,
 5 — Текущее значение тока, 6 — Порог Von, 7 — Порог Voff. 8 — Текущий диапазон, 9 — Текущее измеренное значение Напряжения (BIG LINE 1), 10 - Текущее измеренное значение тока (BIG LINE 2), 11 — Текущее измеренное значение мощности (BIG LINE 3), 12 — Время нахождения в активном режиме, 13 — Температура радиатора.

Описание режима.

Данный режим является базовым режимом и предназначен для создания нагрузки на испытуемом устройстве (DUT) в виде постоянного тока. Обычно тестируемым устройством является блок питания (БП). Значение тока устанавливается либо на экранном меню, либо посредством установки параметра CURRENT SINK — в настройках режима.

Включение нагрузки происходит по событию Von, после превышения установленного порога. Выключение нагрузки будет произведено по событию Voff, см настройки режима.

При первом старте устройства усилитель ошибки должен выйти из режима насыщения, что бы не было броска тока. Для этого существует два параметра настройки работы:

- 1 CC SOFT START– При активизации данного параметра в настройках, ток первоначально при старте устанавливается как процент от номинального тока и после того как появится ток в цепи будет установлено номинальное значение тока. Подробнее смори описание параметра CC SOFT START.
- 2 CFULL OFF – При отключении данного параметра усилитель ошибки ни переводится в насыщенное состояние и устройство может мгновенно реагировать на изменение условий. Подробнее смотрите описание настройки CFULL OFF.

Т.к. в режиме CC управление происходит током, то диапазон тока указывается явно. В тоже время напряжение является подчиненным и выбранный диапазон напряжения зависит от входного напряжения, настроек защиты и уровней используемых для событий. Другими словами если уровень защиты находится во втором диапазоне напряжения (HIGH), то что бы его измерить надо находится во втором диапазоне вне зависимости от текущего входного напряжения. Поэтому внимательно относитесь к установке уровней защиты, т.к. она неявно приводит к смене диапазона, а значит и к точности измерений.

Настройки режима CC.

5. BAND CURRENT - Текущий диапазон для управления током (LOW / HIGH).
6. CURRENT SINK - Текущее значение тока (A). Значение тока имеет две ячейки хранения, для каждого диапазона она своя.
7. VON VALUE - Пороговое напряжение на клеммах DUT, при котором включается нагрузка.
8. VOFF MODE - Режим работы для параметра Voff (OFF / STOP / RSRT).
 - OFF - режим Voff выключен.
 - STOP - при достижении порогового напряжения Voff, нагрузка будет выключена.
 - RSRT - при достижении порогового значения Voff, нагрузка будет выключена, при повторном появлении напряжения Von, нагрузка опять будет включена.
9. VOFF VALUE - Пороговое напряжение, ниже которого нагрузка будет выключена.
 - Алгоритм работы зависит от установленного параметра VOFF MODE.
10. OVP MODE - Алгоритм работы при наступлении события OVP (OFF, OPEN, SHORT).
 - OFF - Режим OVP выключен.
 - OPEN - При превышении порога OVP. нагрузка перейдет в выключенное

состояние.

- SHORT - При превышении порога OVP, нагрузка перейдет в состояние короткого замыкания. Будьте осторожны с данным режимом!

11. OVP VALUE – Пороговое напряжение, при котором наступает событие OVP.

12. BIG LINE 1 - Отображаемое значение в первой строке главного экрана (поле 14 на рис.2.). Параметры BIG LINE могут отображать:

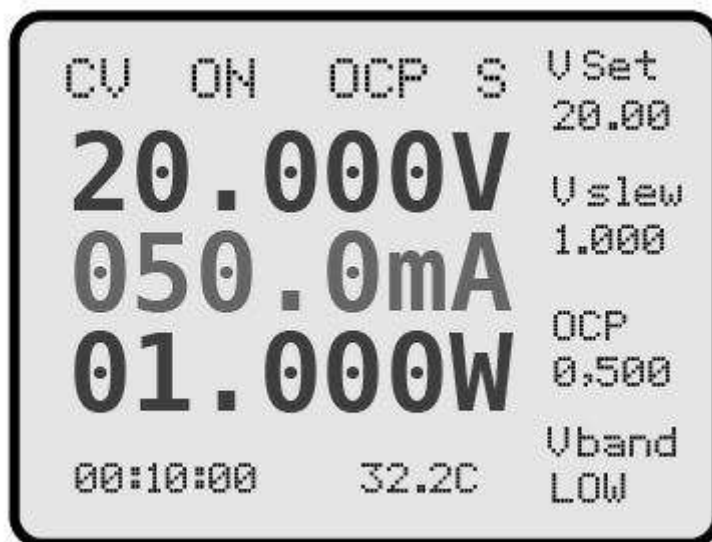
- "VOLT" — Напряжение в вольтах
- "AMPER" — Ток в амперах
- "WATT " - Мощность в ваттах
- "W/h " - Потребляемый ток в W/h
- "A/h " - Потребляемый ток в A/h

13. BIG LINE 2 - Отображаемое значение в первой строке главного экрана (поле 13 на рис.2.).

14. BIG LINE 2 - Отображаемое значение в первой строке главного экрана (поле 12 на рис.2.).

5.2 Режим работы CV (Constant Voltage)

Информация на дисплее



Описание режима.

Данный режим предназначен для тестирования источников тока. При включении

данного режима происходит управление напряжением на клеммах DUT, электронная нагрузка старается удерживать напряжение на постоянном уровне, вне зависимости от протекающего тока.

Т.к. в данном режиме управление происходит напряжением, то диапазон напряжения указывается явно. В тоже время ток является подчиненным параметром и выбранный диапазон для тока зависит от измеряемого тока, настроек защиты и уровней используемых для событий.

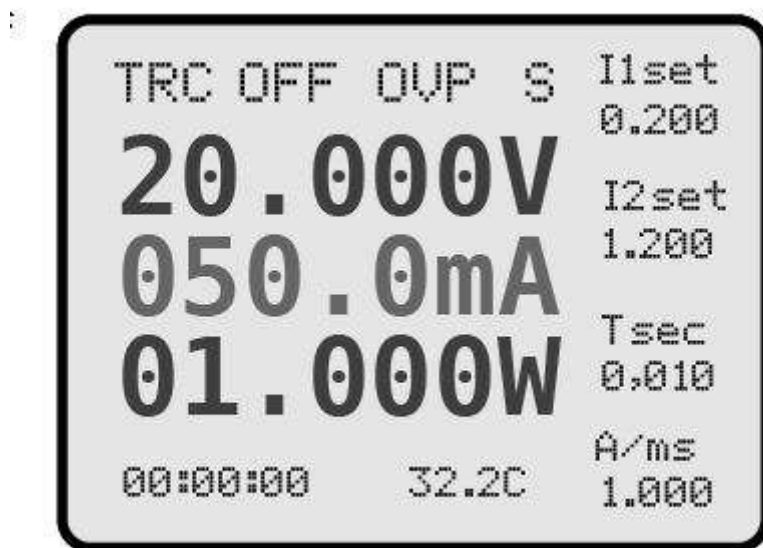
Данный режим, если смотреть на примеры осциллограмм, является довольно медленным режимом по сравнению с режимами, в которых управление происходит током.

Меню режима.

1. BAND VOLTAGE Текущий диапазон для управления напряжением (LOW / HIGH).
2. VOLTAGE - Текущее значение напряжения (V). Значение напряжения имеет две ячейки хранения, для каждого диапазона она своя.
3. SLEW V/MS — не реализовано.
4. OCP MODE — Режим работы при наступлении события OCP (OFF, OPEN).
 - OFF – Режим OCP выключен.
 - OPEN – При превышении порога OCP, нагрузка перейдет в выключенное состояние.
5. OCP VALUE — Пороговый ток, при котором срабатывает защита OCP.
6. BIG LINE 1 — см режим CC.
7. BIG LINE 2 — см режим CC.
8. BIG LINE 3 — см режим CC.

5.3 Режим работы TRC (Transient Current)

Информация на дисплее



Описание режима.

Данный режим предназначен для тестирования источников напряжения в динамическом режиме, при смене тока в нагрузке между двумя значениями I1 и I2. В данном режиме управление происходит током протекающим через клеммы DUT..

Время нахождения в состоянии тока I1 и в состоянии тока I2, определяется настройкой TIME (время указано в секундах). Время нахождения в каждом состоянии одинаковое, поэтому скважность всегда 50%, а период равен 2T.

Данный режим рекомендуется использовать вместе с монитором тока. Для наблюдения переходных процессов.

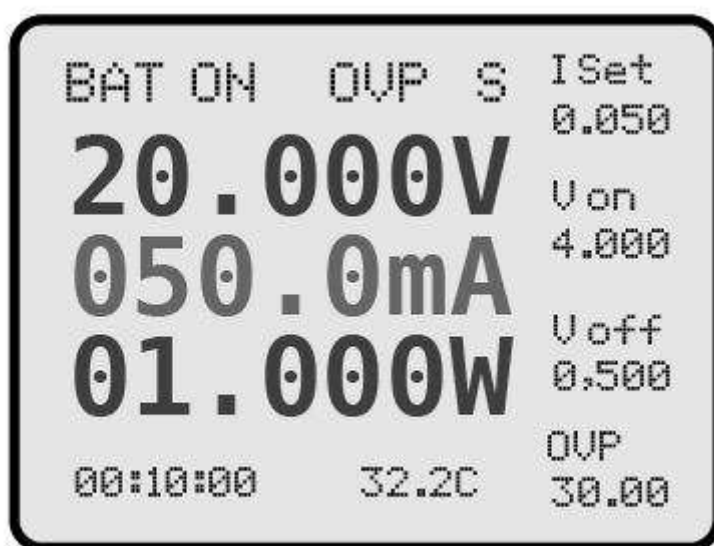
Меню режима.

1. BAND CURRENT
2. CURRENT I1
3. CURRENT I2
4. SLEW A/MS — Скорость нарастания тока в момент переходного процесса.
5. TIME SECONDS — Время нахождения в состоянии I1, I2 в секундах. (0 — 30) секунд.
 - Когда время установлено 0, то смену состояний можно производить вручную нажатием кнопки Ok
6. OFF VALUE
7. VON VALUE

8. VOFF MODE
9. VOFF VALUE
10. OVP MODE – OFF, OPEN, SHORT
11. OVP VALUE
12. BIG LINE 1
13. BIG LINE 2
14. BIG LINE 2

5.4 Режим работы BAT (Battery)

Информация на дисплее



Описание режима.

Данный режим полностью идентичен режиму CC, за исключением установленных настроек отображения потребляемой мощности в строке BIG LINE 3. По умолчанию отображается потребляемая мощность в А/ч. Отображаемые значения в основных строках BIG LINE для данного режима можно устанавливать индивидуально.

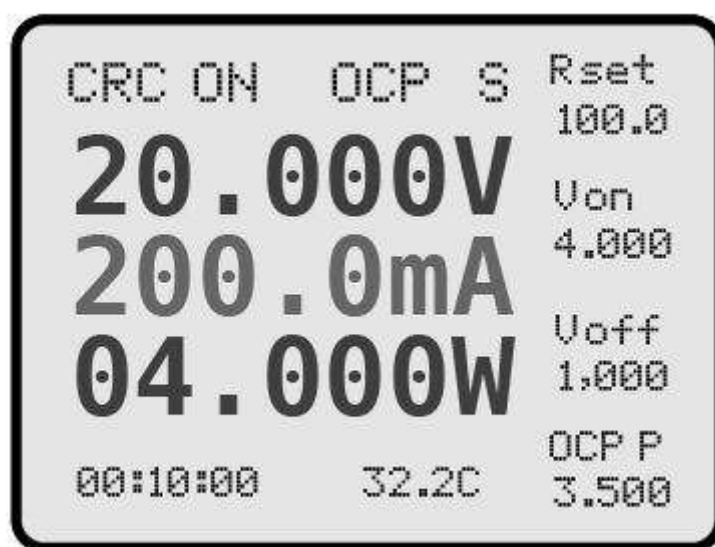
Меню режима.

1. BAND CURRENT — повтор.
2. CURRENT SINK — повтор.
3. VON VALUE — повтор.

4. VOFF MODE — повтор.
5. VOFF VALUE — повтор.
6. OVP MODE – OFF, OPEN, SHORT
7. OVP VALUE — повтор.
8. BIG LINE 1 — повтор.
9. BIG LINE 2 — повтор.
10. 10. BIG LINE 3 — Отображается потребленная мощность в А/х, Но данный параметр может отображать и любое другое значение.

5.5 Режим работы CRC (Constant R managed by Current)

Информация на дисплее



Описание режима.

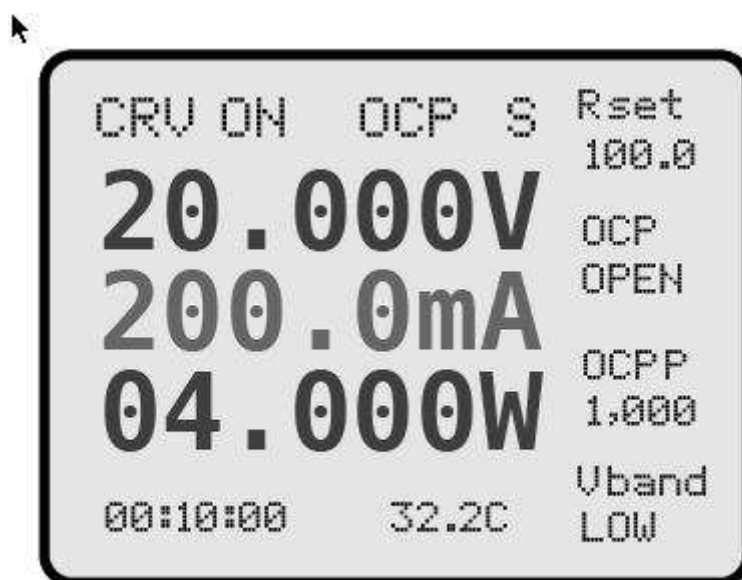
Данный режим относится к режиму реализованному программно, через управление током посредством PID регулятора, несмотря на то что он реализован программно, он имеет высокую точность вычислений и скорость работы.

В данном режиме электронная нагрузка пытается удерживать постоянным сопротивление нагрузки R.

Т.к. в данном режиме легко получить перегрузку по току, изменяя R, то здесь реализована защита OCP.

Меню режима.

- 1 BAND CURRENT — повтор.
- 2 R VALUE – Значение удерживаемого сопротивления (Ohm).
- 3 VON VALUE — повтор.
- 4 VOFF MODE — повтор.
- 5 VOFF VALUE — повтор.
- 6 OCP MODE — повтор.
- 7 OCP VALUE — повтор.
- 8 PID MODE – Параметр определяющий точность работы и динамические характеристики PID регулятора (SLOW, FINE, FAST).
- 9 PID V UNREG – Т.к. нагрузка не может регулировать напряжение на клеммах ниже порога , который зависит от текущего регулируемого тока, то введен порог по напряжению, ниже которого PID регулятор не будет регулировать ток, ток будет установлен равным 0, для избежания перерегулирования.

5.6 Режим работы CRV (Constant R managed by Voltage)**Информация на дисплее****Описание режима**

Данный режим относится к режиму реализованному программно, через управление НАПРЯЖЕНИЕМ посредством PID регулятора,.

В данном режиме электронная нагрузка пытается удерживать постоянным сопротивление нагрузки R.

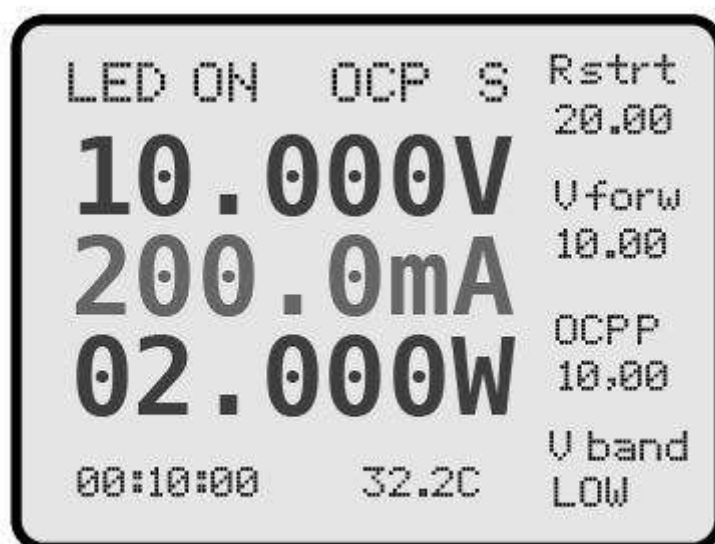
Т.к. в данном режиме легко получить перегрузку по току, изменяя R, то здесь реализована защита OCP.

Меню режима.

- 1 BAND CURRENT — повтор.
- 2 R VALUE – Значение удерживаемого сопротивления (Ohm).
- 3 VON VALUE— повтор.
- 4 VOFF MODE — повтор.
- 5 VOFF VALUE — повтор.
- 6 OCP MODE — повтор.
- 7 OCP VALUE — повтор.
- 8 PID MODE – Параметр определяющий точность работы и динамические характеристики PID регулятора (SLOW, FINE, FAST).
- 9 PID V UNREG – Т.к. нагрузка не может регулировать напряжение на клеммах ниже порога, который зависит от текущего регулируемого тока, то введен порог по напряжению, ниже которого PID регулятор не будет регулировать ток, ток будет установлен равным 0, для избежания перерегулирования.

5.7 Режим работы LED (LED driver)

Информация на дисплее



Описание режима.

Данный режим создан специально для тестирования и запуска LED драйверов. При старте нагрузка эмулирует нагрузку Constant R, далее после запуска переходит в режим CV на уровне FORWARD LED.

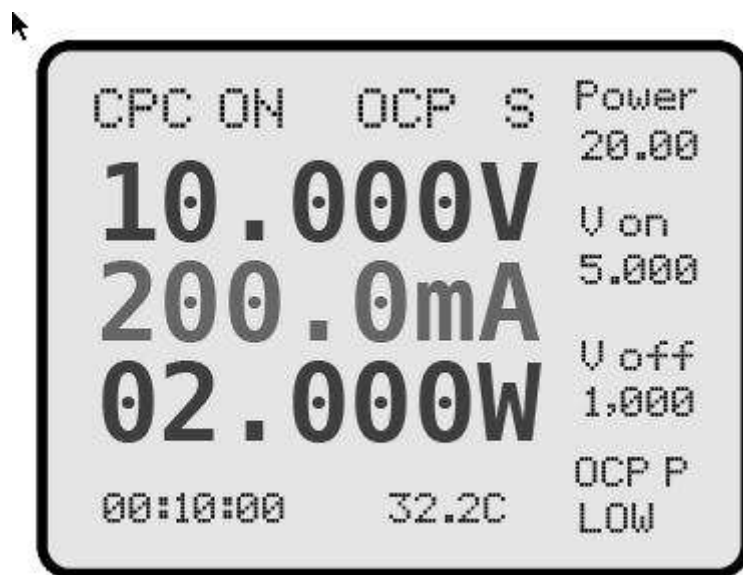
1. Старт осуществляется из двух состояний:
 - Драйвер выключен, нагрузка включена. Иницируется ожидание стартовых импульсов драйвера. После превышения V_{ureg} и до уровня LED forward посредством PID регулятора создается нагрузка постоянным R, после достижения $V_{forward}$, нагрузка переходит в режим $CV = V_{forward}$.
 - Драйвер включен, затем включается нагрузка. После попадания в промежуток между стартовыми импульсами нагрузка переходит в состояние start, далее по схеме 1.
2. Оптимальное сопротивление R для старта можно вычислить по формуле: $R = U_{max}/I_{out}/2$. U_{max} = максимальное напряжение драйвера, I_{out} - ток драйвера. Т.е. ток старта, примерно в два раза больше тока драйвера.

Меню режима.

- 1 BAND CURRENT — повтор.
- 2 R VALUE – Сопротивление нагрузки в момент старта.
- 3 LED FORWARD V – Прямое напряжение эмулируемых светодиодов.
- 4 OCP MODE – OFF, OPEN
- 5 OCP VALUE — повтор.
- 6 PID MODE — повтор.
- 7 PID V UNREG — повтор.

5.8 Режим работы CPC (Constant Power managed by Current)

Информация на дисплее



Описание режима.

Режим постоянной мощности. Реализован программно на основе PID регулятора.

Меню режима.

1. BAND CURRENT — повтор.
2. POWER VALUE – Значение постоянной мощности (Watt).
3. VON VALUE — повтор.
4. VOFF MODE — повтор.
5. VOFF VALUE — повтор.
6. OCP MODE — повтор.
7. OCP CPC — повтор.
8. PID MODE — повтор.
9. PID V UNREG — повтор.

6. Защита

6.1 Базовые правила

- 1 Управление параметрами защиты для выбранного режима находятся в системном

меню выбранного режима работы.

- 2 В системном меню PROTECTION все настройки защиты вне зависимости от диапазона находятся в одном списке и позволяют просмотреть и установить уровни защиты для каждого диапазона Voltage и Current.
- 3 Динамические защиты работающие на частоте PID имеют меньшую точность по сравнению с установкой уровней рабочих параметров, т.к. для своего расчета используют всего лишь несколько отсчетов АЦП, и данные имеют повышенный уровень шума. Поэтому для установки уровней защиты необходимо оставлять некоторый запас на шум.
- 4 Все защиты на данный момент работают только в триггерном режиме, т.е. Полностью выключают активный режим работы устройства и отображают тип события на дисплее.

6.2 OCP (Over current protection)

6.3 OVP (Over voltage protection)

6.4 OPP (Over power protection)

6.5 OTP (Over temperature protection)

7. Калибровка прибора.

7.1 Базовые правила

- 5 Для начала работы необходимо Выполнить калибровку прибора.
- 6 Калибровка каждого диапазона тока и напряжения состоит из двух этапов:
 - 6.1 Калибровка ADC (АЦП) измерителя
 - 6.2 Калибровка DAC (ЦАП) цепи установки значения.
- 7 Все калибровки необходимо выполнить в том порядке как они находятся в меню, в следующей последовательности:
 - 7.1 Калибровка АЦП Напряжения.
 - 7.2 Калибровка АЦП Тока.
 - 7.3 Калибровка ЦАП для установки тока.
 - 7.4 Калибровка ЦАП для установки напряжения.
- 8 Если установлена в настройках опция CALIBRATE CRG, то необходимо сразу в каждом пункте калибровки АЦП калибровать оба диапазона.

7.2 Калибровка АЦП канала напряжения:

- 1 Установите диапазон LOW|HIGH.
- 2 Установите в меню значения напряжений, при которых будет производится калибровка, V1 меньше V2. Я обычно калибрую по точкам 3в и 30в для первого диапазона. Для второго диапазона значения каждый выбирает в меру своих возможностей, даже если вы откалибруетесь на этих же значениях, то этого будет достаточно, АЦП имеет хорошую линейность.
- 3 Подключите БП установив напряжение V1 и нажмите кнопку «F4», после окончания первого этапа будет предложено установить напряжение на БП равное значению V2.
- 4 Установите на БП напряжение V2, нажмите кнопку «F4». После калибровки вы увидите на дисплее напряжение V2.
- 5 Если все прошло удачно и вас устраивает результат калибровки, то нажимаем кнопку «Ok», данные будут сохранены в EEPROM, а устройство будет перезагружено. При нажатии «M», будет выход без сохранения и перезагрузка.
- 6 Повторите данную процедуру для второго диапазона.

7.3 Калибровка АЦП канала тока:

- 1 Установите диапазон LOW/HIGH.
- 2 Установите в меню значения токов, при которых будет производится калибровка, I1 меньше I2. Я обычно калибрую по точкам 50mA и 600mA для первого диапазона, т. к. мой мультиметр имеет наилучшее разрешение и точность на данном участке. Для второго диапазона значения каждый выбирает в меру своих возможностей, только не советую использовать максимальные значения токов, т.к. разогрев шунтов ни повышает точность калибровки.
- 3 Подключите БП который может обеспечить установленные токи и установите напряжение от 5 до 10 в, что бы ни заставлять устройство поглощать большую мощность, т.к. управление вентилятором в режиме калибровки происходит редко. Последовательно с нагрузкой и БП необходимо включить эталонный амперметр.
- 4 Нажмите кнопку «F4», Вы увидите табло со значением ЦАП, вы будете напрямую устанавливать значение ЦАП, тем самым регулирую ток проходящий через нагрузку. Далее устанавливая код ЦАПа, необходимо получить на Амперметре значение тока I1. Необходимо подождать несколько секунд, что бы значение установилось, т. к. шаг ЦАПа для первого диапазона 0.1 mA, для второго диапазона 0.3mA. Далее нажимаем «F4» (на против кнопки будет надпись WORK), ждем окончания первого этапа, появится надпись SET
- 5 На втором этапе аналогично ставим ток I2. И нажимаем опять «F4» и ждем надпись DONE напротив кнопки F4.

- 6 Если все прошло удачно на экране будет отображено калибровочное значение I2, а на амперметре вы должны увидеть желаемый ток. Если вас устраивает результат калибровки, то нажимаем кнопку «Ok», данные будут сохранены в EEPROM, а устройство будет перезагружено. При нажатии кнопки «M», будет выход из режима калибровки без сохранения значений и перезагрузка.
- 7 Повторите данную процедуру для второго диапазона.

7.4 Калибровка ЦАП канала тока. (Calibrate DACC).

- 1 Для калибровки необходим блок питания как минимум на 1/3 шкалы диапазона тока.
- 2 Необходимо установить на экране калибруемый диапазон и максимальное значение тока I Max, которое будет использовано при калибровке. Установите значение напряжения так же не более 1/3 от первого диапазона по напряжению.
- 3 Значение V Max не используется при калибровке ЦАП тока.
- 4 Включите БП и нажмите кнопку «F4». Нагрузка начнет подбирать значения ЦАП для получения необходимых уровней тока. Надпись напротив кнопки F4 сменится на WORK.
- 5 Калибровка производится по двум точкам в диапазоне от 0 до I MAX. при каждом пересечении порогового значения будет раздаваться звуковой сигнал. Перед последними замерами нагрузка прогревает шунты в течении 8 секунд. После окончания калибровки раздастся двойной звуковой сигнал, надпись сменится на DONE.
- 6 Если установленное значение Вас устраивает, то нажимаем «Ok» и ждем процесса перезагрузки. Прервать процесс можно нажатием кнопки «M». Выход из режима калибровки так же происходит по нажатию кнопки «M».
- 7 Повторите данную процедуру для второго диапазона

7.5 Калибровка ЦАП канала напряжения. (Calibrate DACV).

- 1 Для калибровки необходим блок питания желательно на полную шкалу калибруемого диапазона напряжения, но при его отсутствии достаточно и 1/3. БП должен обеспечивать ограничение тока 200-500 mA. Для калибровки необходимо перевести БП в режим ограничения по току либо подключить последовательно с нагрузкой мощное сопротивление для эмуляции токового режима.
- 2 Необходимо установить на экране калибруемый диапазон и максимальное значение напряжения V Max, которое будет использовано при калибровке. Установить значение напряжения желательно на весь калибруемый диапазон.
- 3 Значение I Max не используется при калибровке ЦАП напряжения.
- 4 Включите БП установите V MAX и нажмите кнопку «F4». Нагрузка начнет подбирать значения ЦАП под необходимые уровни напряжения. Надпись напротив кнопки F4

сменится на WORK.

- 5 Калибровка производится по двум точкам в диапазоне V MAX. при каждом пересечении порогового значения будет раздаваться звуковой сигнал. Перед последними замерами нагрузка прогревает шунты в течении 8 секунд. После окончания калибровки раздастся двойной звуковой сигнал, надпись сменится на DONE.
- 6 Если установленное значение Вас устраивает, то нажимаем «Ok» и ждем завершения процесса перезагрузки. Прервать процесс можно нажатием кнопки «M». Выход из режима калибровки так же происходит по нажатию кнопки «M».
- 7 Повторите данную процедуру для второго диапазона

8. Другие настройки прибора.

8.1 Раздел меню SETTINGS

1. TEMPER & FAN (температура и вентилятор)
 - POWER FAN ON – Потребляемая мощность, при которой включается вентилятор независимо от температуры.
 - POWER FAN MAX — Мощность при которой вентилятор будет работать с отдачей 100%
 - TEMPER CONTROL – Включение датчика температуры.
 - DEGREE FAN ON – Температура при которой включается вентилятор, гистерезис 2 градуса.
 - DEGREE OTP – Температура при которой сработает тепловая защита и нагрузка будет выключена.
2. USART OUTPUT — Вывод на USART потока данных с измеренными значениями. Выводятся все измеренные значения. Скорость вывода 4 значения в секунду. Разделителем выводимых значений является табуляция. Перед каждым значением выводится буква обозначающая выводимый параметр. Все значения выводятся в одну строку для упрощения последующей обработки.
 - CURRENT – Выводить значение тока (I).
 - VOLTAGE = Выводить значение напряжения (V)
 - POWER - Выводить значение мощности (W)
 - CONSUMP (A/h) – Выводить значение потребленной мощности (A)
 - TEMP (DEG) - Выводить значение температуры (D)
 - TIME - Выводить значение времени (T)
3. SOUND KEYBOARD — Звук нажатия клавиш

4. SOUND SYSTEM — Звук системных событий.
5. LED SYS INFO = Звуковые события синхронно сопровождаются световыми с выводом на LED.
6. CURR AUTO ZERO — Автоустановка нуля при выключенном устройстве. Данная опция появилась когда плавали значения тока при плохих шунтах и ОУ. На данный момент в данной настройке нет необходимости, но если значения плавают, то можно использовать. При выключенном устройстве учитывается смещение нуля и вы всегда будете видеть ноль, измеренное значение будет дельтой от установленного нуля.
7. SIMPLE ON/OFF — Упрощенная процедура установки параметров на экранном меню, по умолчанию выключена. Все параметры экранного меню можно изменять только при выключенной нагрузке.
8. CC SOFT START - Мягкий старт. Данная настройка описывалась выше. Она меняет последовательность установки значения тока при включении. В момент первого и последующих стартов задается ток 10% от установленного и когда обнаруживается что ток стал выше порогового (порог 2%), то уже задается рабочий ток. Время первого старта без выбросов сократилось с 400мс до 20-40мс. Для режимов CPC, CRC ток накачки вычисляется из напряжения V_{on} и установленного сопротивления или мощности. Данная процедура позволяет быстрее вывести усилитель ошибки из насыщения и при этом не получить лишнего выброса тока.
9. CFULL OFF — Полное выключение тока при выключенном состоянии. Если данная опция включена, то при каждом переводе устройства в выключенное состояние устанавливается значение ЦАП равным 0, что переводит усилитель ошибки в насыщение и полностью прекращает ток через транзисторы. В противном случае при выключенном состоянии присутствует небольшое нулевой ток, порядка 0.1-0.5 mA, который удерживается усилителем ошибки и позволяет быстрее и точнее реагировать на события.
10. CALIBRATE CRG — Использование при калибровке тока кросс значений напряжения, т. к. присутствует проникновение между каналами АЦП тока и напряжения. Если данная опция включена, то необходимо выполнять калибровку в строго установленной последовательности и полным пакетом. Если опция выключена, то можно калибровать только один канал и работать. После обнаружения взаимного проникновения был сделан учет взаимного влияния между каналами, а позднее была выполнена процедура увеличения выборки АЦП и сменен план сбора значений. Данная опция по сути утратила свою актуальность, но каждый может попробовать откалиброваться и проверить результаты.
11. FACTORY RESET — сброс к настройкам по умолчанию.
12. VERSION – Отображение текущей версии прошивки.

9. Монитор тока и напряжения.

9.1 Аппаратный монитор тока

Разъем монитора тока предназначен для наблюдения переходных процессов в момент переключения нагрузки. Значение напряжения на данном разъеме прямо пропорционально току протекающему через нагрузку, но не является калиброванным.

Напряжение на данном разъеме приведено к потенциалу на клемме «S-». Т.к. в противном случае потечет ток по измерительной земле, которые вызовут искажения показаний и могут вывести прибор из строя. При использовании данного разъема, рекомендуется использовать 4-х проводное подключение нагрузки к DUT используя внешние клеммы монитора напряжения SENS V, Т.к. земля осциллографа заземлена и ее уровень будет другим относительно DUT после вычитания падения на проводах, и второй канал осциллографа может также иметь подключение к другому потенциалу, обращайтесь на это внимание.

9.2 Программный монитор тока и напряжения.

На данный момент в режиме тестирования. Снимается 2048 точек тока и напряжения с дискретизацией PID регулятора, и далее выводится посредством последовательного порта на компьютер для последующей обработки.

9.3 Раздел меню TRIGGER

Данный раздел относится к программному монитору тока и реализует настройки триггера по образу и подобию настроек осциллографа.

Триггер может заново сработать только после полной передачи буфера данных на сторону компьютера. Данные передаются 16 пакетами что бы не прерывать цикл обработки интерфейса, в течение 2-3 секунд.

Необходимо учитывать что уровни тока и напряжения установленные для триггера прямо или косвенно влияют на выбираемый диапазон, который выбирается неявно для параметров защиты, событий и триггера. Всегда берется наивысший из требуемых диапазонов, т.к. система без ошибок должна обрабатывать это событие.

1. TRIGGER MODE — Режим работы триггера
 - OFF — Триггер выключен
 - SINGL — Триггер обеспечивает одиночный старт
 - NORML — Триггер срабатывает при каждом наступлении стартового события.
2. TRIGGER START — Стартовое событие для для срабатывания триггера.
 - CRAIS — Восходящий фронт тока.
 - CFALL — Спадающий фронт тока
 - VRAIS - Восходящий фронт напряжения

- VFALL — Спадающий фронт напряжения.
- 3. TRIGGER C (A) — Пороговое значение тока.
- 4. TRIGGER V (V) — Пороговое значение напряжения.

10. CLI (Command line interface)

Реализован режим командной строки для управлению устройством посредством команд.

Набирайте help

Скорость USART 230400, настройки стандартные

Интерфейс внешнего управления не реализован.

11. Литература и ссылки

- 1 Схема Agilent 6060B 300w load
- 2 Схема Agilent_N3304A
- 3 [Форум - Разработка электронной нагрузки](#)
- 4 <https://radiokot.ru/circuit/digital/measure/144/>
- 5 <http://ctor-dev.ru/index.php/home/projects/65-e-load>
- 6 <https://www.kirich.blog/obzory/104-blok-pitaniya-naiznanku-ili-plata-upravleniya-elektronnoy-nagruzkoj.html>
- 7 <https://www.ixbt.com/live/kirich/para-elektronnyh-nagruzok-v-vide-otdelnyh-modulej.html>

(c) 2020, UB3TAF

Nizhny Novgorod, Russia,

<http://www.asobol.ru/moi-konstrukcii/sbl-load-150>

Andrey Sobol