

# Системы тестирования на базе программируемых источников питания и электронных нагрузок от APM Technologies

А. Федоров<sup>1</sup>

УДК 621.311.6 | ВАК 2.2.2

Компания APM Technologies ведет свою деятельность с 1989 года. Это высокотехнологичное предприятие, основной продукцией которого являются программируемые источники питания, электронные нагрузки, а также системы тестирования на их основе. Китайская компания сотрудничает с научно-исследовательскими группами по всему миру, внедряя передовые технологии и инновационные решения в свои изделия. Источники питания APM Technologies находят применение в аэрокосмической и автомобильной отраслях, оборудовании силовой электроники, научных исследованиях, сфере образовании и во многих других областях. Продукция сертифицирована на соответствие требованиям международных организаций, таких как CE, RoHS, UL, CSA, FCC. В статье представлен обзор ключевых линеек APM Technologies.

**А**PM Technologies предлагает широкий модельный ряд источников питания и электронных нагрузок, которые полностью совместимы с контрольно-измерительным оборудованием (анализаторами, осциллографами, мультиметрами и т. д.) различных брендов. На базе этих устройств можно создавать различные системы тестирования.

Отличительными особенностями продукции APM Technologies являются:

- высокая точность установки параметров;
- высокая точность измерений;
- высокие показатели быстродействия (время выхода источника питания на рабочий режим и его реакция на изменение нагрузки);
- полный комплекс защит;
- широкие возможности программирования выходного сигнала, наличие стандартных программ для тестирования автомобильной электроники;
- возможность регулировки выходных параметров от нуля до номинального значения;
- работа в режиме постоянного тока, постоянного напряжения и мощности;

- наличие интерфейсов, позволяющих дистанционно управлять источниками питания и нагрузками, производить мониторинг и контроль основных параметров;
  - возможность последовательного и параллельного подключения;
  - минимальные сроки производства;
  - оптимальное соотношение стоимости и качества.
- Несмотря на то, что данный тип продукции является довольно специфическим и сложным, ее применяют в различных областях, например:

- в составе экспериментальных установок – в научно-исследовательских организациях, специализирующиеся в таких областях, как химия, физика, ядерные исследования и др.;
  - для тестирования контрольно-измерительного оборудования – тестеров, анализаторов спектра, осциллографов и т. д.; лабораторные источники питания и нагрузки могут предоставлять интерес как для компаний, осуществляющих производство данного типа оборудования, так и компаний, которые производят их поверку, таких как испытательные лаборатории;
  - в составе испытательных стендов, например, в автомобильной или авиационной промышленности.
- Помимо перечисленных выше, можно отметить такие области применения, как химическая и нефтегазовая

<sup>1</sup> Компания «ИНЕЛСО», руководитель направления «Источники питания», sales@inelso.ru.

промышленность, медицинские исследования, лазеры, тестирование электронных компонентов.

Рассмотрим подробнее особенности ключевых серий источников питания и электронных нагрузок APM Technologies.

### ПРОГРАММИРУЕМЫЕ АС/DC-ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ

Компания выпускает три основные серии лабораторных программируемых АС/DC-источников питания: SP-1U/2U, SP-3U/6U и Momentum S.

**Источники питания серии SP-1U/2U** – профессиональные лабораторные источники питания мощностью от 600 до 4 000 Вт (один модуль). Внешний вид источников питания представлен на рис. 1, а модельный ряд серии SP-1U/2U (сочетание выходных токов и напряжений) – в табл. 1. В серии предлагаются модели высотой 1U или 2U.

Устройства данной серии являются однофазными источниками питания с диапазоном входных напряжений 90–265 В переменного напряжения. Как видно из табл. 1, диапазон выходных напряжений моделей составляет от 0 до 800 В, а диапазон выходного тока – от 0 до 200 А. Источники питания предназначены для работы в режиме постоянного тока (CC) и постоянного напряжения (CV).

Серия SP-1U/2U обеспечивает следующие возможности:

- программирование выходного сигнала, наличие стандартных программ для тестирования автомобильной электроники;
- компенсация падения напряжения на нагрузке (до 5 В);



Рис. 1. Источники питания серии SP-1U/2U

- регулировка скорости нарастания/спада тока/напряжения;
- управление выходными параметрами с помощью аналогового сигнала;
- управление источником питания по последовательным интерфейсам: USB, RS485, RS232 – стандартные, GPIB и LAN – опциональные;
- последовательное и параллельное подключение источников питания до 10 модулей (количество последовательно подключенных модулей зависит от выходного напряжения конкретной модели);
- наличие собственного гибкого программного обеспечения, позволяющего смоделировать произвольный сигнал на выходе источника питания;
- возможность управления источниками питания через веб-интерфейс;
- поддержка команд SCPI.

**Программирование выходного сигнала.** Возможности программирования позволяют гибко смоделировать произвольный сигнал на выходе источника питания.

Таблица 1. Модельный ряд источников питания серии SP-1U/2U

| Выходное напряжение, В DC | 1U     |          |          |          |          | 2U       |          |          |          |
|---------------------------|--------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|                           | 600 Вт | 1 000 Вт | 1 200 Вт | 1 500 Вт | 1 600 Вт | 1 000 Вт | 2 000 Вт | 3 000 Вт | 4 000 Вт |
| 20                        | 60 А   | 60 А     | 60 А     | *        | *        | *        | *        | *        | *        |
| 32                        | 50 А   | 50 А     | 50 А     | *        | 50 А     | 200 А    | 200 А    | 200 А    | 200 А    |
| 40                        | 40 А   | 40 А     | 40 А     | *        | 40 А     | 120 А    | 120 А    | 120 А    | 120 А    |
| 75                        | 25 А   | 25 А     | 25 А     | 25 А     | *        | *        | *        | *        | 60 А     |
| 80                        | *      | *        | *        | *        | *        | 60 А     | 60 А     | 60 А     | *        |
| 120                       | *      | *        | *        | *        | *        | 40 А     | 40 А     | 40 А     | 40 А     |
| 150                       | 10 А   | 10 А     | 10 А     | 10 А     | *        | 30 А     | 30 А     | 30 А     | 30 А     |
| 200                       | 8 А    | 8 А      | 8 А      | 8 А      | *        | 24 А     | 24 А     | 24 А     | 24 А     |
| 600                       | *      | *        | *        | *        | *        | 10 А     | 10 А     | 10 А     | 10 А     |
| 800                       | *      | *        | *        | *        | *        | 7,5 А    | 7,5 А    | 7,5 А    | 7,5 А    |

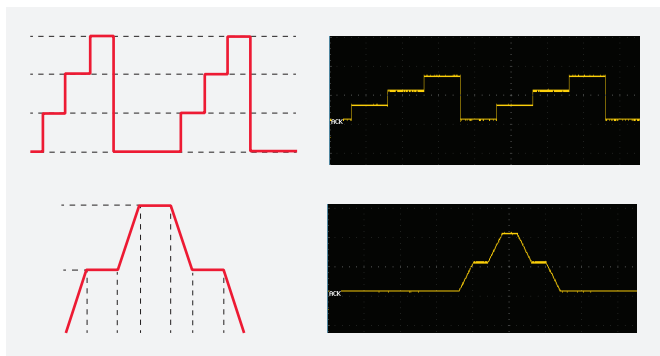


Рис. 2. Формирование выходного сигнала

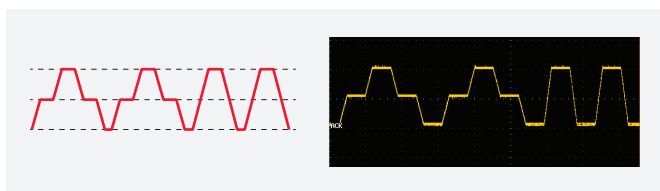


Рис. 3. Объединение сигналов в последовательность

Формирование выходного сигнала осуществляется путем задания параметров в рамках каждого шага. Максимальное количество параметров, которое может быть задано для каждого шага, достигает пяти:  $V_{star}$  – начальное напряжение, В;  $V_{end}$  – конечное напряжение, В;  $V_{rate}$  – скорость изменения напряжения, В/с;  $I_{set}$  – лимит по току, А;  $T_{con}$  – продолжительность шага, с. В зависимости от количества задаваемых параметров, число шагов в одной программе может варьироваться от 25 до 150. Продолжительность шага – от 1 мс. В свою очередь программы могут объединяться в последовательности. Максимальное количество программ в последовательности – пять. Как в рамках отдельной программы, так и в рамках последовательности могут быть заданы повторы, циклы. Примеры формирования выходного сигнала и объединение сигналов в последовательности приведены на рис. 2 и 3.

Помимо возможности формирования произвольного выходного сигнала, источники питания серии SP-1U/2U имеют ряд предустановленных программ, предназначенных для проведения тестирования автомобильной электроники, в том числе эмуляция помех во время переходных процессов и выполнение тестов в соответствии со стандартами DIN40839, ISO16750-2.

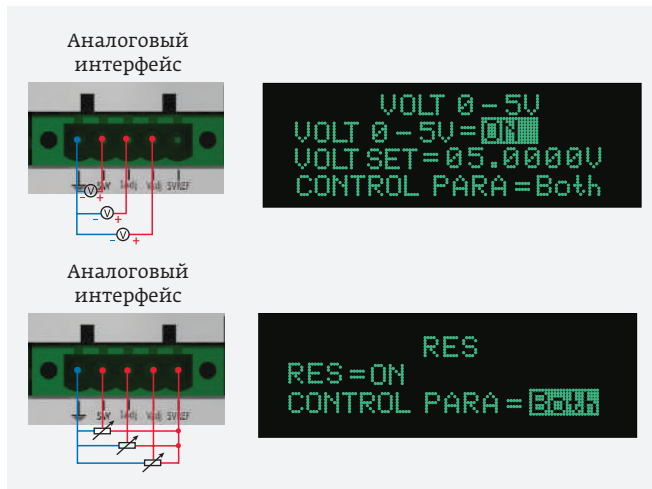


Рис. 4. Аналоговое управление источников питания серии SP-1U/2U

**Аналоговое управление.** Аналоговое управление источников питания серии SP-1U/2U позволяет задавать выходные параметры по току и напряжению с помощью внешнего управляющего сигнала 0–5 В или сопротивления 5–10 кОм (рис. 4).

**Источники питания серии SP-3U/6U** – профессиональные лабораторные источники питания мощностью от 6000 до 36000 Вт (один модуль). Внешний вид источников питания представлен на рис. 5, а модельный ряд – в табл. 2. Высота одного модуля составляет 3U или 6U в зависимости от модели.

Устройства данной серии являются трехфазными источниками питания с диапазоном входных напряжений 187–305 В переменного напряжения (опционально 340–480 В переменного напряжения). Выходные напряжения – в диапазоне от 0 до 2250 В, а выходной ток – от 0 до 1200 А. Источники питания предназначены для работы в режиме постоянного тока (CC), постоянного напряжения (CV) и постоянной мощности (CP). В дополнение к функционалу, реализованному в серии SP-1U/2U,



Рис. 5. Источники питания серии SP-3U/6U

Таблица 2. Модельный ряд источников питания серии SP-3U/6U

| Выходное напряжение, В DC | 3U       |           |           | 6U        |           |           |
|---------------------------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|                           | 6 000 Вт | 12 000 Вт | 18 000 Вт | 24 000 Вт | 30 000 Вт | 36 000 Вт |
| 80                        | 200 A    | 400 A     | 600 A     | 800 A     | 1 000 A   | 1 200 A   |
| 165                       | *        | 180 A     | *         | 360 A     | *         | 540 A     |
| 250                       | *        | *         | 180 A     | *         | *         | *         |
| 360                       | 42,5 A   | 85 A      | 127,5 A   | 170 A     | 212,5 A   | 255 A     |
| 500                       | 32 A     | 64 A      | 96 A      | 128 A     | 160 A     | 192 A     |
| 750                       | 21 A     | 42 A      | 63 A      | 84 A      | 105 A     | 126 A     |
| 1 000                     | *        | 32 A      | *         | 64 A      | *         | 96 A      |
| 1 500                     | *        | 21 A      | 32 A      | 42 A      | *         | 63 A      |
| 2 250                     | *        | *         | 21 A      | *         | *         | *         |

в источниках питания SP-3U/6U предусмотрены следующие возможности:

- цветной сенсорный LCD-дисплей;
- установка приоритета CC или CV (источник питания принудительно работает в заданном режиме независимо от характера нагрузки);
- функция заряда аккумуляторной батареи (трехступенчатая зарядка);
- функция поглощения мощности (Power sink);
- последовательное и параллельное подключение источников питания до 16 модулей (количество последовательно подключенных модулей зависит от выходного напряжения конкретной модели);

- управление выходными параметрами с помощью аналогового сигнала (опция);
- функция симуляции солнечной батареи (в разработке);
- функция симуляции батареи (в разработке).

**Функция заряда аккумуляторной батареи.** Источники питания серии SP-3U/6U имеют встроенный функционал, позволяющий осуществлять зарядку аккумуляторных батарей различного типа (свинцово-кислотных, литиевых, никель-кадмиевых и др.). Источники питания обеспечивают трехступенчатый процесс заряда батареи (рис. 6). Программное обеспечение позволяет осуществлять управление ходом зарядки, производить корректировки параметров кривой заряда батареи в реальном времени.

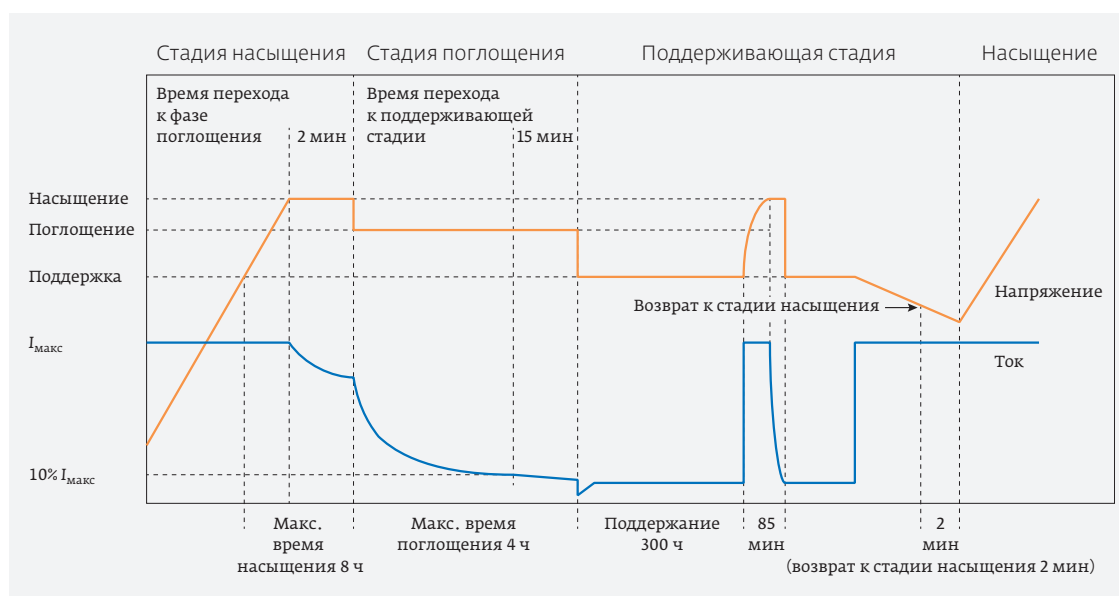


Рис. 6. Зарядка АКБ

**Таблица 3.** Назначение выводов аналогового интерфейса для серии SP-3U/6U

| №         | Тип | Обозначение        | Функция   |
|-----------|-----|--------------------|---|
| 1         | DI  | EXT-ON             | Дистанционное отключение  |
| 2         | AI  | Vset               | Установка напряжения  |
| 3         | DI  | AI-EN              | Вкл./откл. аналогового входа  |
| 4         | AI  | Iset               | Установка тока  |
| 5         | DI  | EXT-EN             | Вкл./откл. режима внешнего управления   |
| 6         | AI  | Rset               | Установка внутреннего сопротивления   |
| 7         | DI  | Inhibit            | Отключение выхода   |
| 8         | AI  | Pset               | Установка мощности  |
| 9         |     | DGRN               | Заземление для всех цифровых каналов  |
| 10        |     | AGRN               | Заземление для всех аналоговых каналов  |
| 11        | DI  | Power              | Переключение внешнего управления между режимами питания (Power mode) и поглощения (Sink mode) |
| 12        | AO  | VREF               | Опорное напряжение  |
| 13,<br>15 | DI  | LMODE1<br>и LMODE2 | Установка режима работы при поглощении (Sink mode)  |
| 14        | AO  | Vmon               | Контроль напряжения   |
| 16        | AO  | Imon               | Контроль тока   |
| 17        | DO  | OVP                | Перенапряжение  |
| 18        | DO  | OTP                | Перегрев  |
| 19        | DO  | OCP                | Перегрузка  |
| 20        | DO  | OPmode             | Индикация режима работы   |

Примечания: AI – аналоговый вход, AO – аналоговый выход, DI – цифровой вход, DO – цифровой выход.

**Функция поглощения мощности (Power sink).** В некоторых приложениях в числе потребителей, подключаемых к источникам питания, могут быть электродвигатели. Двигатель может работать в генераторном режиме, при этом энергия возвращается в цепь питания. Стандартные источники питания не имеют возможности потреблять энергию. Напряжение на выходе источника питания бесконтрольно повышается. Повышение напряжения происходит вследствие дополнительного заряда выходных сглаживающих конденсаторов источника питания, что приводит к срабатыванию защиты от перенапряжения (при ее наличии) или к выходу из строя источника питания. Сброс состояния сработавшей защиты от перенапряжения обычно производится снятием сетевого питания, что крайне неудобно и приводит к отсутствию питания системы в этот период времени. Для источников питания серии SP-3U/6U имеется специальное исполнение (опция Power sink), в котором в источник питания устанавливается цепь рассеивания энергии. Она позволяет рассеивать 5–6% от номинальной мощности источника питания. В случае необходимости поглощения большей мощности оптимальным вариантом является использование источника питания в сочетании с электронными нагрузками постоянного тока компании APM.

**Аналоговое управление.** Устройства серии SP-3U/6U имеют более широкие возможности по управлению источником питания через аналоговый интерфейс по сравнению с серией SP-1U/2U. Интерфейс аналогового управления включает в себя как аналоговые, так и логические сигналы и позволяет управлять источником питания и получать информацию о его состоянии (табл. 3).

Значения тока и напряжения источника питания задаются двумя аналоговыми сигналами 0–5 В или 0–10 В, либо сопротивлением 0–5 кОм или 0–10 кОм. Информация о реальных значениях тока и напряжения выдается в виде двух аналоговых сигналов 0–5 В или 0–10 В. Информация о состоянии источника питания выдается в виде логических сигналов. Каждый из сигналов соответствует определенному состоянию: перегрев источника питания, перенапряжение, перегрузка. При помощи логического входа можно дистанционно включать и выключать источник питания.

**Источники питания серии Momentum S** – профессиональные лабораторные источники питания мощностью от 3400 до 10 000 Вт (один модуль). Внешний вид источников питания представлен на рис. 7, а модельный ряд – в табл. 4. В линейке представлены модели, как для установки в 19"-стойку, так и настольного исполнения.

По своим функциональным возможностям источники питания серии Momentum S соответствуют серии SP-3U/6U. Отличительные особенности данной серии источников питания:

- поворотный цветной сенсорный LCD-дисплей;



Рис. 7. Источники питания серии Momentum S

- универсальное входное напряжение – источники питания серии Momentum S могут работать от одно-, двух- или трехфазной сети, диапазоны входных напряжений: 187–305 В или 340–480 В переменного напряжения;
- высокая удельная мощность – источники мощностью 10 000 Вт имеют высоту корпуса всего 2U;
- возможность параллельного подключения до 100 модулей, что позволяет создать систему питания мощностью до 1000 кВт.

### ПРОГРАММИРУЕМЫЕ АС/АС-ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ

Еще одна линейка лабораторных программируемых источников питания – **АС/АС-преобразователи серии SP-300**. Это профессиональные лабораторные АС/АС-источники питания мощностью от 600 до 5000 ВА (один модуль). Данные источники питания предназначены для решения таких задач, как эмуляция переменного напряжения для проведения тестирования электрооборудования. Внешний вид источников питания представлен на рис. 8, а модельный ряд – в табл. 5.

Устройства данной серии – однофазные источники питания с диапазоном входных напряжений 90–265 В переменного напряжения. Диапазон выходных напряжений –



Рис. 8. Источники питания серии SP-300

от 0 до 300 В переменного напряжения, диапазон выходного тока – от 0 до 46 А. Источники питания данной серии имеют режим работы с постоянным напряжением на выходе. В данном случае диапазон выходных напряжений будет составлять 0–424 В постоянного напряжения. В режиме переменного напряжения частота выходного сигнала составляет 15–1000 Гц (15–1200 Гц – опционально). При этом коэффициент гармонических искажений (THD) не превышает 0,5% при частоте от 15 до 70 Гц, 1% – от 70 до 1000 Гц,

Таблица 4. Модельный ряд источников питания серии Momentum S

| Выходное напряжение, В DC | 1/2 2U   |          | 2U       |           |
|---------------------------|----------|----------|----------|-----------|
|                           | 3 400 Вт | 3 400 Вт | 6 800 Вт | 10 000 Вт |
| 40                        | 210 А    | 210 А    | 420 А    | 630 А     |
| 60                        | *        | *        | *        | *         |
| 80                        | 130 А    | 130 А    | 260 А    | 390 А     |
| 250                       | 55 А     | 55 А     | 110 А    | 165 А     |
| 500                       | 27 А     | 27 А     | 54 А     | 80 А      |
| 750                       | *        | *        | *        | 55 А      |
| 1 000                     | *        | *        | 27 А     | *         |
| 1 500                     | *        | *        | *        | 27 А      |

Таблица 5. Модельный ряд источников питания серии SP-300

| Выходное напряжение, В AC | 2U          |             |              | 3U       |               | 4U        |           |
|---------------------------|-------------|-------------|--------------|----------|---------------|-----------|-----------|
|                           | 600 Вт      | 1 000 Вт    | 1 500 Вт     | 2 000 Вт | 3 000 Вт      | 4 000 Вт  | 5 000 Вт  |
| 150/300                   | 5,6 А/2,8 А | 9,2 А/4,6 А | 13,8 А/6,9 А | 16 А/8 А | 27,6 А/13,8 А | 32 А/16 А | 46 А/23 А |

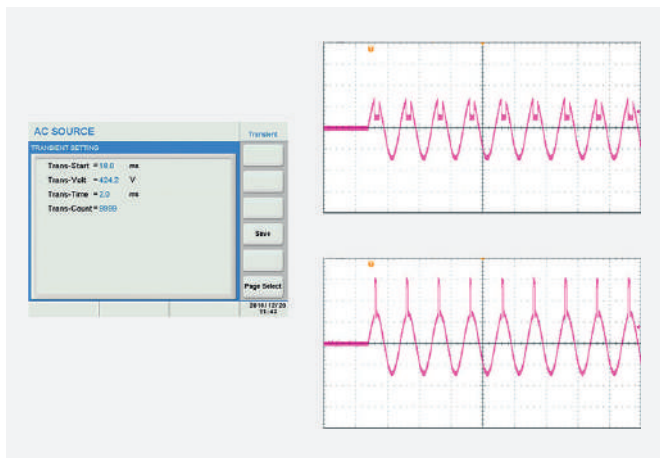


Рис. 9. Имитация провалов и выбросов

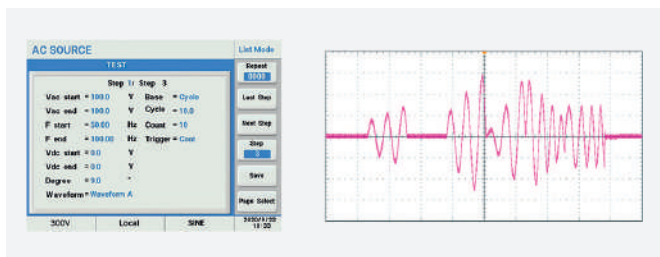


Рис. 10. Задание произвольных последовательностей

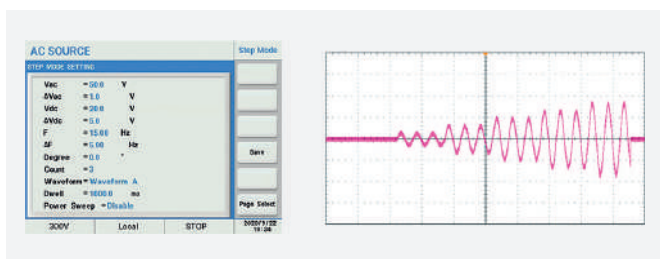


Рис. 11. Задание пошагового изменения выходного сигнала

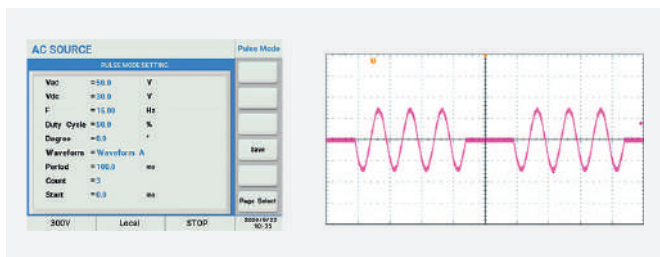


Рис. 12. Сигнал в виде импульса

2% – от 1000 до 1200 Гц. Основные особенности источников питания серии SP-300:

- цветной сенсорный LCD-дисплей;
- возможность задания угла фазы от 0 до 359,9°;
- возможность задания скорости изменения напряжения и частоты;
- контроль в реальном времени 15 параметров, таких как выходное напряжение, ток, частота, крест-фактор и др.;
- возможность программирования выходного сигнала, наличие стандартных программ для тестирования;
- возможность симуляции Triac-димминга;
- возможность симуляции гармоник / интергармоник;
- симуляция выходного сопротивления: от 0,01 до 1 Ом;
- симуляция индуктивности: от 0,01 до 1 мГн;
- поддержка трехфазного выхода;
- возможность параллельного (до четырех источников) и последовательного (до двух источников) подключения;
- управление по интерфейсам: USB, RS485, RS323 – стандартные; GPIB, LAN, аналоговый – опциональные;
- поддержка веб-интерфейса.

**Программирование выходного сигнала.** Источники питания серии SP-300 имеют широкие возможности по программированию выходного сигнала. Рассмотрим их более подробно.

**Имитация провалов и выбросов.** Программное обеспечение позволяет задать время первого провала / выброса, напряжение во время провала / выброса, продолжительность, а также число повторов (рис. 9).

**Задание произвольных последовательностей выходного сигнала (List mode).** Пользователь имеет возможность создать до 50 программ, каждая программа может содержать до девяти шагов (рис. 10). В рамках каждого шага задаются такие параметры, как напряжение, частота на старте и в конце шага, угол фазы, тип сигнала, число повторений и продолжительность. Также задается количество повторов программы.

**Задание пошагового изменения выходного сигнала (Step mode).** Данный режим позволяет задать и определить для выходного сигнала такие параметры, как напряжение, частота на старте, шаг изменения напряжения и частоты, угол фазы, число повторений шагов, задержка между шагами (рис. 11).

**Сигнал в виде пульсаций (Pulse mode).** Данный режим формирует выходной сигнал в виде пульсации. Программное обеспечение позволяет задать такие параметры, как напряжение, частота импульса, продолжительность импульса, число повторений шагов (рис. 12).

**Симулятор гармоник/интергармоник.** Программное обеспечение источников питания серии SP-300 позволяет осуществлять симуляцию гармоник/интергармоник. Задаваемые параметры при симуляции гармоник: основные напряжение, частота тока и угол фазы, число гармоник (до 40 гармоник с частотой от 50 до 60 Гц), напряжение и угол фазы по гармоникам. Задаваемые параметры при симуляции интергармоник: начальная, конечная частота, промежуток времени, амплитуда гармоник, основные напряжение, частота.

Помимо приведенных выше возможностей по программированию выходного сигнала, источники питания серии SP-300 оснащены целым рядом стандартных программ, позволяющих производить тестирование электрооборудования на устойчивость к провалам, колебаниям напряжения, устойчивость к изменениям частоты в соответствии со стандартами IEC 61000-4-11 (13, 14, 28).

**Аналоговое управление.** Аналоговое управление источников питания SP-300 обеспечивает:

- усиление выходного сигнала с помощью внешнего управляющего сигнала от  $-10$  до  $10$  В;
- сигналы управления: включение / выключение (On / off), перегрузка (Reset), отключение выхода (Keep off), запуск программы из памяти;
- сигналы состояния прохождения теста (соответствие заданных параметров и измеренных): тест пройден (Pass), не пройден (Fail), в процессе (Test\_in\_process).

**Трехфазный выход.** Пользователь может получить трехфазный выход в результате параллельного подключения по схеме «ведущий – ведомый» трех источников питания серии SP-300. При этом фаза А – ведущий источник питания, фазы В и С – ведомые источники питания. Сдвиг фаз А и В будет составлять  $120^\circ$ , сдвиг фаз А и С –  $240^\circ$ .

Допускаются два режима работы:

- режим Com – напряжение на всех фазах одинаковое (сбалансированная система);
- режим Multi – напряжения на фазах В и С могут быть заданы индивидуально, в результате может быть получена имитация несбалансированной системы.

## ЭЛЕКТРОННЫЕ НАГРУЗКИ

Перейдем к обзору последней группы продукции, представленной компанией APM Technologies, – **электронные нагрузки серии EL**. Это профессиональные программируемые электронные нагрузки постоянного тока мощностью от 600 до 27900 Вт (один модуль). Данные устройства предназначены для имитации режимов работы нагрузки при тестировании различных источников электропитания: аккумуляторов, блоков питания, солнечных батарей, генераторов и прочих устройств. Внешний вид устройств представлен на рис. 13, а модельный ряд – в табл. 6.



Рис. 13. Электронные нагрузки серии EL

Питание электронных нагрузок осуществляется от однофазной сети 100–240 В переменного напряжения. Диапазон входных напряжений нагрузки находится в диапазоне от 0 до 1200 В, диапазон входного тока – от 0 до 2880 А. Отметим основные особенности электронных нагрузок серии EL:

- цветной поворотный сенсорный LCD-дисплей;
- имитация статических режимов нагрузки;
- имитация динамических режимов нагрузки;
- дополнительные режимы: Battery mode, OCP / OPP, Program, LED, Sweep, Sine, MPPT и др.;
- возможность задания скорости изменения тока;
- аналоговое управление;
- возможность параллельного подключения (до 20 модулей);
- управление по интерфейсам: USB, RS485, RS232 – стандартные интерфейсы; GPIB, LAN – опциональные интерфейсы;
- наличие собственного программного обеспечения, поддержка команд SCPI.

**Статические режимы нагрузки.** Электронные нагрузки серии EL поддерживают следующие статические режимы нагрузки: CC – постоянный ток, CV – постоянное напряжение, CR – постоянное сопротивление, CP – постоянная мощность; комбинированные режимы – CV+CC, CV+CR, CR+CC (рис. 14).

**Динамические режимы нагрузки.** Электронные нагрузки серии EL поддерживают следующие динамические режимы нагрузки: DC – динамический ток, DV – динамическое напряжение, DR – динамическое сопротивление, DP – динамическая мощность (рис. 15). Данные режимы работы часто применяются при тестировании переходных процессов в источниках питания. При настройке работы задаются параметры нагрузок А и В, между которыми происходит переключение: ток (или напряжение, или сопротивление, или мощность) нагрузок А и В, число



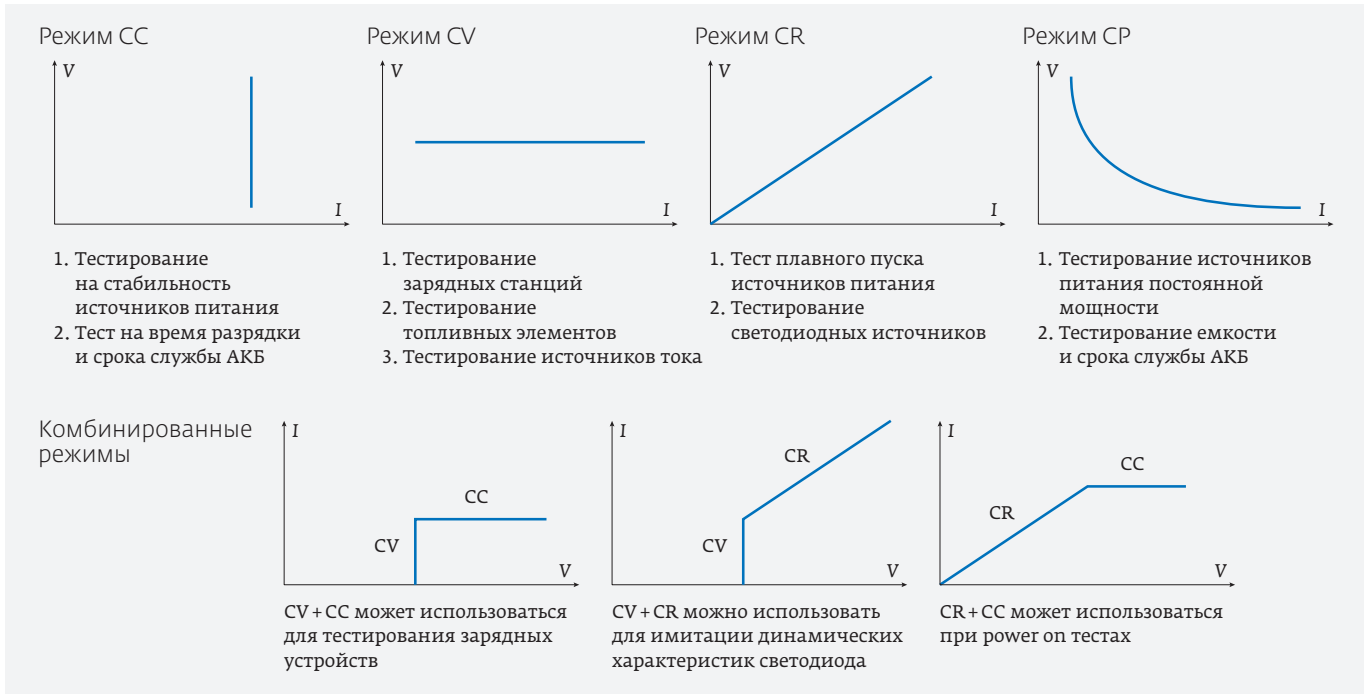


Рис. 14. Статические режимы работы электронных нагрузок серии EL

Таблица 6. Модельный ряд электронных нагрузок серии EL

| Входное напряжение, В DC | 2U     |          |          |          |          | 3U       |          |          | 4U       |          |
|--------------------------|--------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|                          | 600 Вт | 1 200 Вт | 1 800 Вт | 2 400 Вт | 3 000 Вт | 3 400 Вт | 4 400 Вт | 5 600 Вт | 6 600 Вт | 8 100 Вт |
| 40                       | *      | *        | *        | *        | *        | 550 А    | 700 А    | 900 А    | 1050 А   | *        |
| 200                      | 60 А   | 130 А    | 190 А    | 260 А    | 320 А    | 370 А    | 480 А    | 610 А    | 720 А    | 720 А    |
| 600                      | 40 А   | 90 А     | 130 А    | 180 А    | 220 А    | 250 А    | 320 А    | 410 А    | 480 А    | 600 А    |
| 1 200                    | *      | 45 А     | *        | 90 А     | *        | 125 А    | 160 А    | 205 А    | 240 А    | 300 А    |

| Входное напряжение, В DC | 7U       |           |           |           |           | 10U       |           |           |           |  |
|--------------------------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--|
|                          | 8 800 Вт | 10 300 Вт | 11 000 Вт | 12 500 Вт | 13 200 Вт | 14 700 Вт | 15 400 Вт | 16 900 Вт | 17 600 Вт |  |
| 200                      | 960 А    | 960 А     | 1 200 А   | 1 200 А   | 1 440 А   | 1 440 А   | 1 680 А   | 1 680 А   | 1 920 А   |  |
| 600                      | 640 А    | 760 А     | 800 А     | 920 А     | 960 А     | 1 080 А   | 1 120 А   | 1 240 А   | 1 280 А   |  |
| 1 200                    | 320 А    | 380 А     | 400 А     | 460 А     | 480 А     | 540 А     | 560 А     | 620 А     | 640 А     |  |

| Входное напряжение, В DC | 10U       |           |           |           | 13U       |           |           |           |           |  |
|--------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--|
|                          | 19 100 Вт | 19 800 Вт | 21 300 Вт | 22 000 Вт | 23 500 Вт | 24 200 Вт | 25 700 Вт | 26 400 Вт | 27 900 Вт |  |
| 200                      | 1 920 А   | 2 160 А   | 2 160 А   | 2 400 А   | 2 400 А   | 2 640 А   | 2 640 А   | 2 880 А   | 2 880 А   |  |
| 600                      | 1 400 А   | 1 440 А   | 1 560 А   | 1 600 А   | 1 720 А   | 1 760 А   | 1 880 А   | 1 920 А   | 2 040 А   |  |
| 1 200                    | 700 А     | 720 А     | 780 А     | 800 А     | 860 А     | 880 А     | 940 А     | 960 А     | 1 020 А   |  |

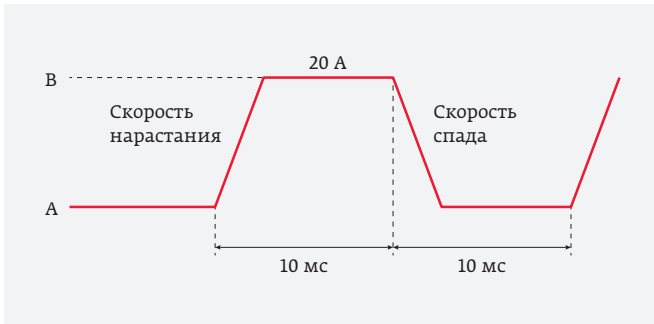


Рис. 15. Динамический режим работы нагрузки серии EL

повторов переключений, продолжительность, скорость нарастания/спада тока.

**Режим тестирования батареи (Battery mode).** Данный режим электронной нагрузки позволяет проводить тест

на время разряда аккумуляторной батареи. При тестировании пользователь имеет возможность задать такие параметры, как тип нагрузки, скорость нарастания/спада тока, конечное напряжение, время, емкость, при которой останавливается тест (рис. 16).

**Режим тестирования на перегрузку (OCP / OPP).** Электронные нагрузки серии EL имеют режим проведения тестирования источников питания на перегрузку. В процессе тестирования происходит пошаговое увеличение тока до значения напряжения, при котором прекращается тест, либо до истечения времени. Если нагрузка попадает в диапазон параметров по спецификации, то тест считается пройденным. При тестировании задаются такие параметры, как тип теста, напряжение на источнике, при котором прекращается тест, начальный и конечный ток, число шагов, продолжительность шага, максимальный и минимальный ток по спецификации (рис. 17).



Рис. 16. Тест на время разряда АКБ



Рис. 17. Тест источника питания на перегрузку

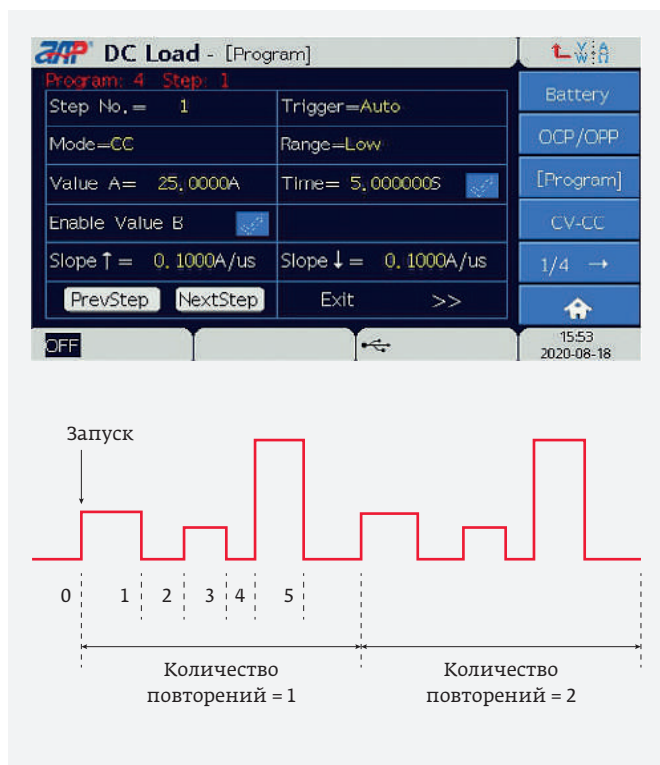


Рис. 18. Режим программирования

**Режим программирования (Program mode).** Данный режим позволяет произвольным образом запрограммировать изменение параметров нагрузки. Допускается создание до 10 программ с совокупным количеством шагов до 300. В процессе создания программы пользователь определяет такие параметры, как тип нагрузки, установка значения параметра нагрузки, скорость нарастания/спада тока, продолжительность, количество повторений, задание параметров по спецификации для проверки прохождения теста (рис. 18).

**Режим тестирования светодиодов (LED mode).** Данный режим позволяет смоделировать параметры светодиода и применяется для проведения тестирования светодиодных источников питания на соответствие установленным требованиям (рис. 19).

**Режим отслеживания максимальной мощности солнечной панели (MPPT mode).** Режим нагрузки, предназначенный для отслеживания максимальной мощности солнечной панели (Maximum Power Point Tracking). В процессе работы пользователем задаются такие параметры, как напряжение, ток, мощность солнечной панели, временной интервал (рис. 20).

**Режим имитации синусоидальной нагрузки (Sine mode).** Режим, позволяющий имитировать синусоидальную динамическую нагрузку. В процессе работы пользователь

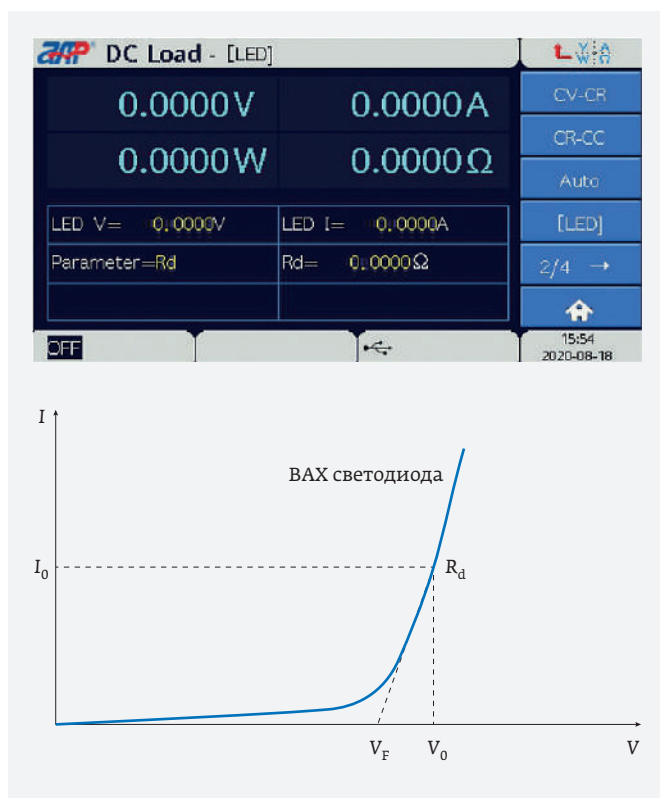


Рис. 19. Режим тестирования светодиодов

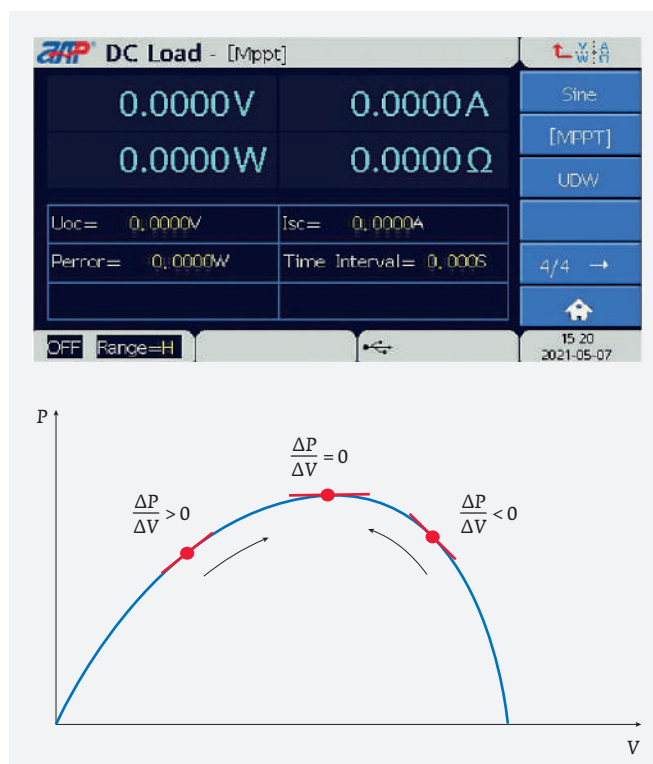


Рис. 20. Режим отслеживания максимальной мощности солнечной панели

определяет такие параметры, как значение тока (амплитуда), частота (от 0 до 20 кГц), сдвиг фазы (от 0 до 359°) (рис. 21).

**Режим качания частоты (Sweep mode).** Режим нагрузки, позволяющий сформировать динамическую развертку частоты. В процессе работы пользователь определяет такие параметры, как ток нагрузки A и B, нарастание/спад тока, начальная и конечная частота (от 0,01 Гц до 50 кГц), продолжительность шага, шаг частоты (рис. 22).

### СИСТЕМЫ ТЕСТИРОВАНИЯ НА БАЗЕ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ И ЭЛЕКТРОННЫХ НАГРУЗОК

На базе источников питания и электронных нагрузок компании APM Technologies могут быть созданы различные системы тестирования электронного оборудования. Источники питания и электронные нагрузки являются важной частью систем автоматического испытательного оборудования. Продукция APM Technologies обеспечивает комплекс параметров, которые позволяют удовлетворить требования пользователей в соответствии с их задачами и бюджетом. Приведем несколько примеров применения систем тестирования, построенных на основе продукции APM Technologies.

### Тестирование автомобильной электроники

Развитие автомобильной электроники определяет, какими качественно новыми характеристиками будут обладать транспортные средства. Надежность электронной аппаратуры на борту транспортного средства является одним из главных факторов, обеспечивающим высокую работоспособность автомобиля в процессе эксплуатации. Вот почему так важно обеспечить эффективное и точное тестирование качества электронных устройств на каждом этапе изготовления: от проектирования и разработки до контрольных и производственных испытаний. Для проведения полноценных всесторонних испытаний электронной аппаратуры необходимы быстрые, надежные и гибкие системы тестирования.

В основе систем тестирования используются программируемые источники питания постоянного тока серий SP-1U/2U или SP-3U/6U и электронные нагрузки серии EL. В зависимости от требования к тестовому оборудованию мощность источников питания может достигать 576 кВт, а электронных нагрузок – до 558 кВт.

Данные системы позволяют проводить тестирование различного автомобильного оборудования, в том числе аудиосистемы, приборных панелей автомобиля,

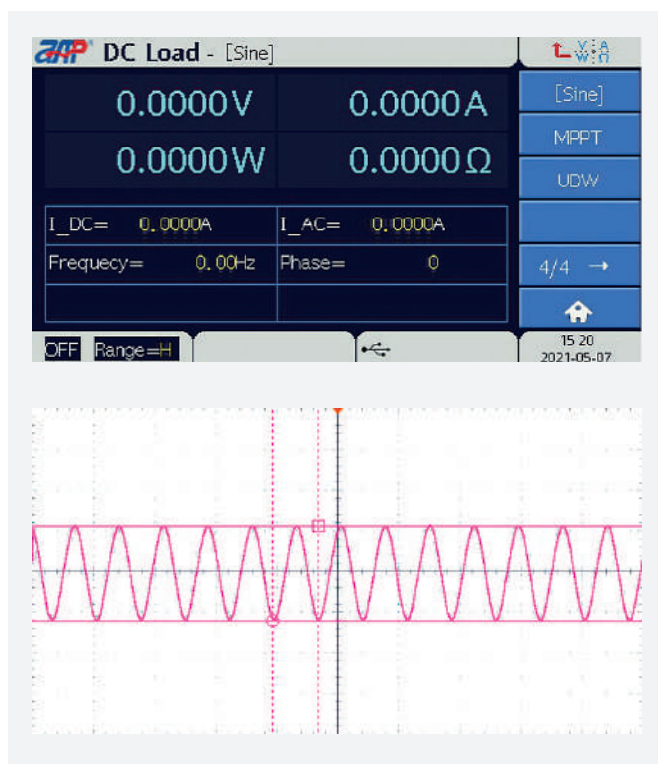


Рис. 21. Режим имитации синусоидальной нагрузки

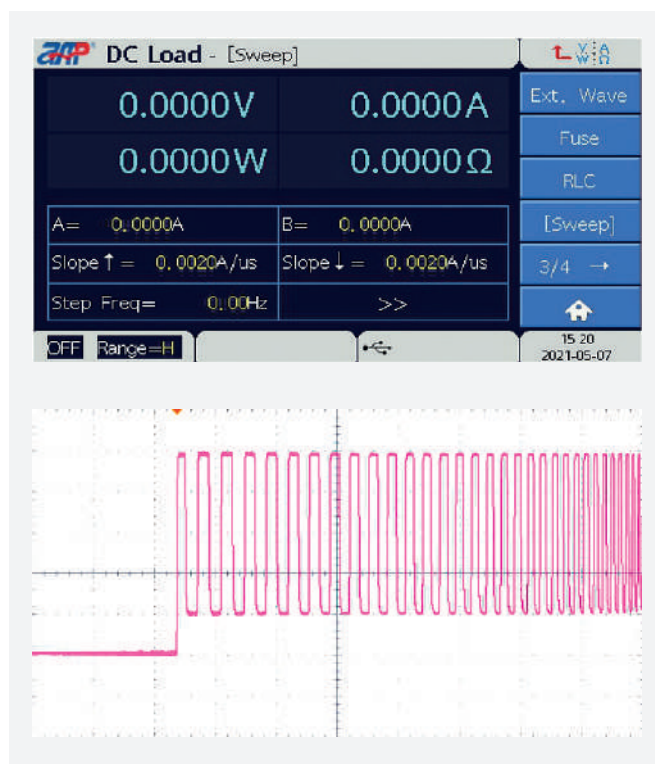


Рис. 22. Режим качания частоты

системы обогрева автомобильного стекла, автомобильной навигации, прикуривателя, автомобильных предохранителей, электронных устройств впрыска топлива, системы контроля управления холостым ходом (ISC), тормозной системы, устройства управления подушками безопасности и др.

В качестве преимуществ источников питания и электронных нагрузок APM Technologies для данных применений можно отметить:

- наличие стандартных программ для тестирования автомобильной электроники, в том числе в соответствии со стандартами DIN40839 и ISO16750-2;
- широкие возможности программирования выходного сигнала;
- наличие различных интерфейсов управления: RS485 / USB / RS232 / CAN / GPIB / LAN;
- широкий комплекс защит: от перенапряжения, перегрузки, короткого замыкания, перегрева;
- возможность последовательного / параллельного подключения;
- параллельное подключение по схеме «ведущий – ведомый», что обеспечивает сбалансированное взаимодействие источников питания и высокую скорость синхронизации работы ведущего и ведомых устройств.

### Тестирование DC/DC-преобразователей

Тестирование и контроль DC/DC-преобразователей является важной и неотъемлемой частью производственного процесса, а его автоматизация обеспечивает высокую эффективность и необходимую точность.

В основе систем тестирования используются программируемые источники питания постоянного тока серий SP-1U / 2U и электронные нагрузки серии EL.

Возможные области применения систем тестирования DC/DC-преобразователей: производство автомобилей, авиастроение, системы автоматизации промышленного производства, светодиодное освещение, системы связи, оборудование для телекоммуникаций, медицинская техника и многое другое.

В качестве преимуществ источников питания и электронных нагрузок APM Technologies при решении задач тестирования можно отметить:

- наличие оптимизированных стандартных тестов для различного оборудования, простота изучения и использования;
- модульная архитектура оборудования позволяет модифицировать и настраивать тестовое оборудование в соответствии с требованиями заказчика;
- гибкое программное обеспечение дает возможность расширять и изменять схему тестирования;

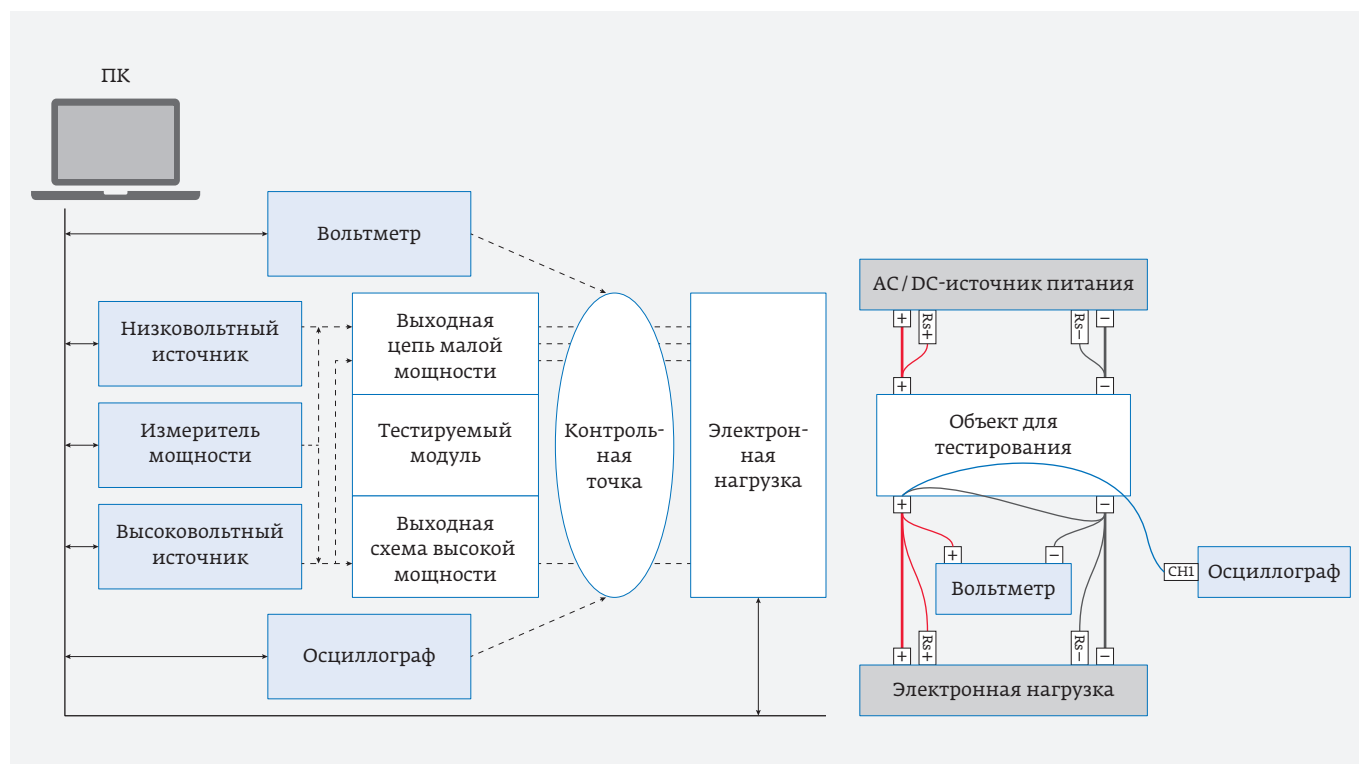


Рис. 23. Структура системы тестирования DC/DC-преобразователей

- сканирование штрихкода автоматически загружает программу и поддерживает одноканальное или многоканальное одновременное онлайн-тестирование;
- при добавлении пользователем новых условий оценки происходит автоматическое изменение отображаемых на экране результатов.

Вариант построения системы тестирования DC/DC-преобразователей представлен на рис. 23.

### Контрольно-тренировочные циклы для аккумуляторных батарей

В процессе проектирования и производства аккумуляторов для проверки их параметров необходимы многоступенчатые испытания, которые включают проведение контрольно-тренировочных циклов. Это также требуется для проверки характеристик и срока службы старых аккумуляторов.

В основе систем тестирования используются программируемые источники питания постоянного тока серий SP-1U/2U или SP-3U/6U и электронные нагрузки серии EL.

Система тестирования предполагает возможность проведения тестов для различных типов аккумуляторных батарей: свинцово-кислотных, литиевых, никель-кадмиевых и др.

В данном случае, в качестве преимуществ можно отметить:

- наличие функции поддержки заряда и разряда аккумулятора в режимах CC или CV, реализация контрольно-тренировочных циклов с использованием стандартных или заданных пользователем условий работы;
- запись полученных значений тока, напряжения, температуры, предельной допустимой нагрузки и других тестовых данных, а также данных о возникших неисправностях в режиме реального времени;
- возможность установки различных условий отключения заряда и разряда, например, по общему напряжению, одиночному напряжению и др.;
- защита от перегрузки (OCP), перенапряжения (OVP), перегрева (OTP), защита от пониженного напряжения, пониженного тока, короткого замыкания, отключения питания;
- построение в реальном времени зависимостей: «время – напряжение», «время – ток», «время – емкость»,

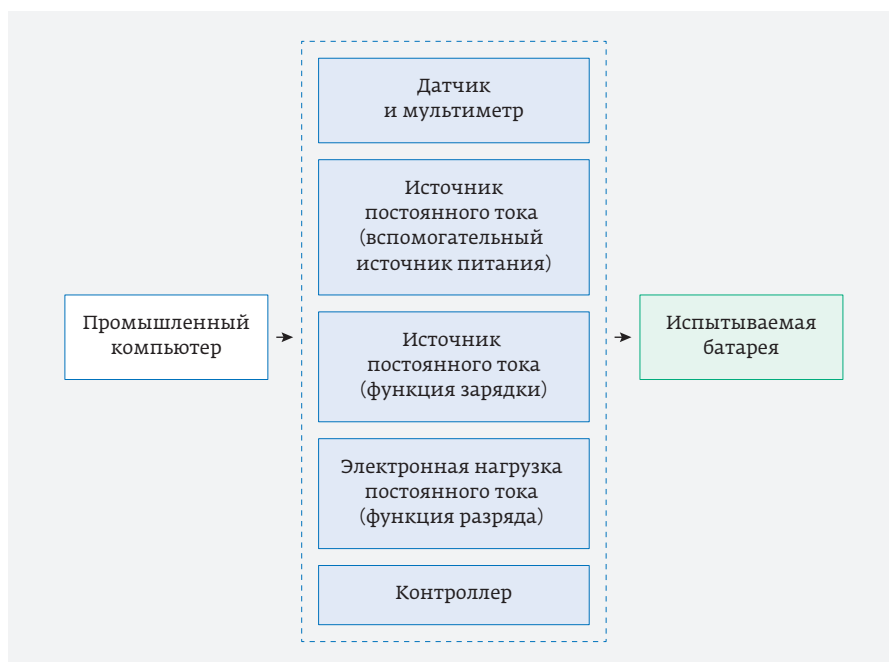


Рис. 24. Состав испытательной системы для проведения контрольно-тренировочного цикла для аккумуляторных батарей

«время – накопление зарядной емкости», «время – накопление разрядной емкости», «время – мощность», «время – сопротивление», «время – энергия», «время – напряжение одной батареи».

Состав испытательной системы для аккумуляторов представлен на рис. 24.

\* \* \*

Подробную информацию по источникам питания и электронным нагрузкам APM Technologies можно найти на сайте [www.inelso.ru](http://www.inelso.ru). По вопросам поставки источников питания обращайтесь в компанию «ИНЕЛСО» по тел. +7 812 628-00-16 или по электронной почте [sales@inelso.ru](mailto:sales@inelso.ru).

**ООО "Руднев-Шиляев"**

Разработка и производство:

- платы сбора данных
- измерительные приборы
- виброакустические системы
- инструментальные решения задач заказчика

Москва (495) 787-63-67  
(495) 787-63-68

[www.rudshel.ru](http://www.rudshel.ru)  
[adc@rudshel.ru](mailto:adc@rudshel.ru)