



Программируемые низкопрофильные источники электропитания Nemic-Lambda: сочетание мощи и интеллекта

Виктор Жданкин

В статье представлены программируемые источники вторичного электропитания серии Genesys фирмы Nemic-Lambda (Израиль), характеризующиеся высокими энергетическими, габаритно-массовыми, точностными и надёжностными показателями. Изделия легко подключаются к интерфейсам последовательной связи и программируются дистанционно. Возможность подключения к универсальной интерфейсной шине GPIB позволяет легко интегрировать изделия в системы испытательного оборудования.

В наши дни разнообразные устройства (бытовые приборы, датчики, измерительные устройства, электронные приборы и многие другие) претерпевают заметные изменения. Во-первых, растёт их интеллектуальность, благодаря использованию микропроцессора для простейших вычислительных преобразований, решению задач по диагностике, выполнению простых алгоритмов управления. Во-вторых, нормой для приборов становится концепция обеспечения связи между узлами сети через стандартные последовательные коммуникационные сети, а объединение испытательного оборудования через универсальную параллельную интерфейсную шину GPIB получило широкое распространение с 1975 года. Для обеспечения разнообразных устройств и приборов электропитанием надлежащего качества необходимы источники вторичного электропитания (ИВЭП). Далее в статье рассматриваются высокоэффективные источники электропитания, оснащённые локальным интеллектом и имеющие связь со стандартными

последовательными интерфейсами.

Рост информационной пропускной способности оборудования телекоммуникаций, передачи данных, беспроводной связи, серверов, коммутаторов и систем хранения данных увеличивает энергоёмкость и сопровождается ростом требований к качеству и надёжности питающей энергии. Это приводит к ужесточению и расширению перечня требований к средствам силовой электроники, входящим в состав электронной аппаратуры, и вынуждает разработчиков непрерывно совершенствовать схемотехнику высокочастотных преобразователей напряжения, использовать новейшие методы и инструментарию расчёта, моделирования и оптимизации

силовой электроники, применять современную элементную базу (полупроводниковые приборы, магнитные и диэлектрические материалы).

Серия Genesys™ программируемых ИВЭП устанавливает новый стандарт для гибких надёжных систем вторичного электропитания на основе преобразователей переменного напряжения в постоянное (AC/DC) для изготовителей комплектного оборудования (Original Equipment Manufacturer — OEM), промышленных и лабораторных применений. Доступны модели с двумя уровнями выходной мощности (750 и 1500 Вт), с выходными напряжениями от 7,5 до 600 В и токами нагрузки до 200 А.

Внешний вид 1500-ваттных (GEN) и 750-ваттных (GENH) ИВЭП серии



Рис. 1. Внешний вид программируемых источников вторичного электропитания серии Genesys:
а – источник электропитания GEN300-5;
б – источник электропитания GENH40-19

Таблица 1

Модельный ряд источников электропитания серии Genesys™ с выходными мощностями 750/1500 Вт

Модель	Диапазон выходного напряжения постоянного тока, В	Ток нагрузки, А	Выходная мощность, Вт
GEN6-100	0-6	0-100	600
GEN6-120	0-6	0-200	1200
GEN8-90	0-8	0-90	720
GEN8-180	0-8	0-180	1440
GEN12,5-60	0-12,5	0-60	750
GEN12,5-120	0-12,5	0-120	1500
GEN20-38	0-20	0-38	760
GEN20-76	0-20	0-76	1520
GEN30-25	0-30	0-25	750
GEN30-50	0-30	0-50	1500
GEN40-19	0-40	0-19	760
GEN40-38	0-40	0-38	1520
GEN60-12,5	0-60	0-12,5	750
GEN60-25	0-60	0-25	1500
GEN80-9,5	0-80	0-9,5	760
GEN80-19	0-80	0-19	1520
GEN100-7,5	0-100	0-7,5	750
GEN100-15	0-100	0-15	1500
GEN150-5	0-150	0-5	750
GEN150-10	0-150	0-10	1500
GEN300-2,5	0-300	0-2,5	750
GEN300-5	0-300	0-5	1500
GEN600-1,3	0-600	0-1,3	780
GEN600-2,6	0-600	0-2,6	1560

Таблица 2

Модельный ряд источников электропитания Genesys™ серии GENH750

Модель	Диапазон выходного напряжения постоянного тока, В	Ток нагрузки, А	Выходная мощность, Вт
GENH6-100	0-6	0-100	600
GENH8-90	0-8	0-90	720
GENH12,5-60	0-12,5	0-60	750
GENH20-38	0-20	0-38	760
GENH30-25	0-30	0-25	750
GENH40-19	0-40	0-19	760
GENH60-12,5	0-60	0-12,5	750
GENH80-9,5	0-80	0-9,5	760
GENH100-7,5	0-100	0-7,5	750
GENH150-5	0-150	0-5	750
GENH300-2,5	0-300	0-2,5	750
GENH600-1,3	0-600	0-1,3	780

Genesys показан на рис. 1. Активная высокочастотная схема коррекции коэффициента мощности и универсальный вход возглавляют длинный перечень стандартных технических характеристик.

Модельный ряд ИВЭП серии Genesys высотой 1U для монтажа в 19-дюймовые конструктивы представлен в табл. 1, а основные параметры и модельный ряд 750-ваттных ИВЭП половинного размера (1U half-rack size) — в табл. 2.

В дополнение к высокой удельной мощности впервые при таких габаритах и выходной мощности доступен универсальный вход. Широкий диапазон входного напряжения означает не просто двухдиапазонный вход, а непрерывно изменяющееся от 85 до 265 В напряжение однофазной сети переменного тока частотой 50/60 Гц. ИВЭП также характеризуются высоким коэффициентом мощности 0,99 при полной нагрузке, обеспечиваемой схемой активной коррекции коэффициента мощности; такое значение показателя впервые достигнуто при указанных габаритах и удельной мощности. Широкий диапазон входного напряжения обеспечивает функционирование устройств в сложных условиях в сетях систем энергоснабжения промышленной частоты и их соответствие требованиям стандартов к электромагнитной совместимости (ЭМС).

Из всего многообразия схемотехнических решений транзисторных преобразователей электроэнергии специалистами Nemic-Lambda выбрана сдвоенная схема однотактного преобразователя с прямым включением диода (рис. 2) [1]. Эта структура позволяет применять проверенную и хорошо исследованную топологию и обеспечивает те же преимущества, что и двухтактная структура. Она состоит из двух однотактных прямоходовых преобразователей на транзисторах VT_1 и VT_2 и с размагничивающими обмотками W_1 и W_2 . Выходы выпрямителей обоих преобразователей объединены и подключены ко входу общего сглаживающего фильтра LC_{Φ} . Мощные транзисторы VT_1 и VT_2 включаются сигналом управления попеременно со сдвигом по фазе на 180° относительно друг друга. Если транзистор VT_1 находится в режиме насыщения, то энергия первичного источника через трансформатор передается в нагрузку и LCD-фильтр. Когда транзистор VT_1 закры-

вается, то происходит размагничивание магнитопровода TV_1 из-за действия обмотки W_1 .

При подаче импульса управления транзистор VT_2 он открывается и энергия передается в нагрузку и LCD-фильтр, а также намагничивается магнитопровод TV_2 в прямом направлении. По окончании импульса управления транзистор VT_2 размагничивается под действием тока обмотки W_2 . При подаче следующего импульса управления на транзистор VT_1 все процессы повторяются.

Для обеспечения нормального теплового режима мощные транзисторы MOSFET и диоды установлены на теплоотводы. Два встроенных вентилятора обеспечивают принудительный обдув компонентов конструкции. Вентилятор — это механический компонент, что не является идеальным решением, с точки зрения надёжности. В блоках питания серии Genesys применяются асинхронные бесколлекторные двухвыводные вентиляторы постоянного тока San Ace 40 (109P0412B301) японской фирмы Sanyo Denki. Эти модели

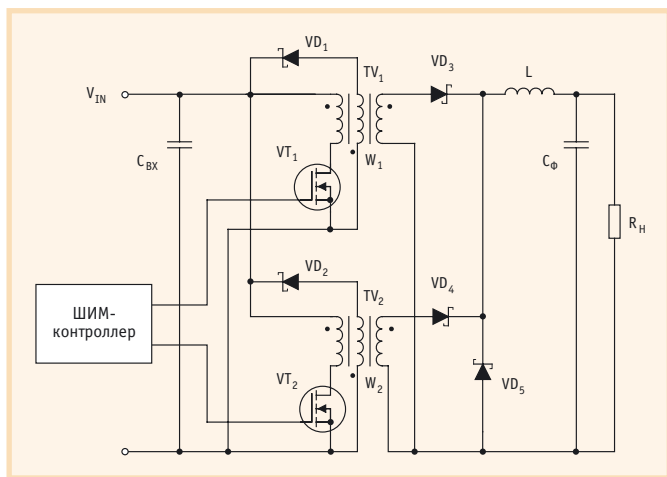


Рис. 2. Прямоходовой сдвоенный преобразователь с поочерёдным включением содержит два прямоходовых преобразователя, работающих со сдвигом по фазе 180°

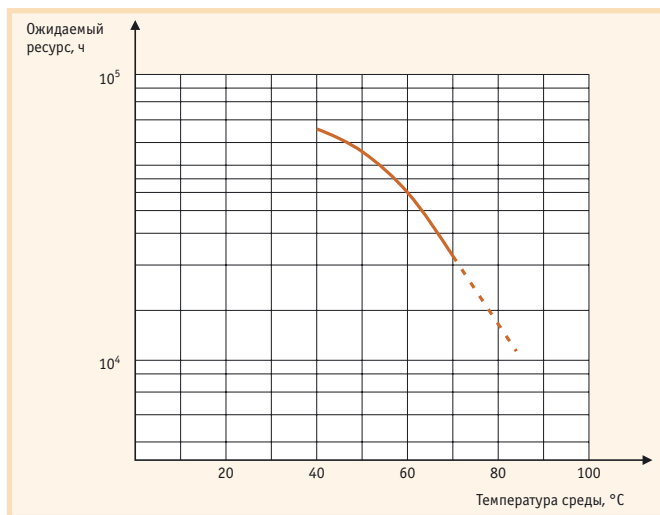


Рис. 3. Зависимость ресурса охлаждающего вентилятора 109P0412B301 от температуры среды

характеризуются длительным сроком службы. На рис. 3 показана зависимость ожидаемого ресурса вентилятора модели 10930412B301 от температуры среды. При температуре среды +40°C значение ресурса равно примерно 80 000 часов. Управление скоростью вращения вентилятора увеличивает его надёжность, а также способствует снижению энергопотребления и акустических шумов. Для изменения скорости вращения вентилятора в зависимости от тока нагрузки в блоках питания применяется линейное управление: изменяется напряжение, поданное на вентилятор, в пределах от 9 до 12 В. Принципиальное преимущество линейного управления по сравнению с другими методами — это отсутствие помех [2].

Повышение надёжности источников электропитания или системы вторичного электропитания в целом является

одной из основных задач. Факторами, определяющими надёжность ИВЭП, являются надёжность элементной базы, выбор электрических режимов компонентов, температурные режимы компонентов, условия производства, уровень техпроцесса, использование унифицированных конструкций. Применение высококачественных комплектующих известных производителей обеспечивает повышенные показатели надёжности блоков питания серии Genesys (применяются изделия известных японских фирм NEC, Toshiba, Omron, причём в группе компаний Lambda существует жёсткая система согласования замен компонентов).

Значение среднего времени безотказной работы (Mean Time Between Failure — MTBF) для блока питания GEN1500, рассчитанное по методу EIAJ (RCR-9102), основанному на стандарте

MIL-HDBK-217F Military Handbook Reliability Prediction of Electronic Equipment, составляет 46 140 часов (эксплуатация в стационарном наземном оборудовании, температура среды +50°C, 100% нагрузка, входное напряжение 100 В переменного тока) [3].

В испытательном комплексе до четырёх блоков питания могут быть включены параллельно (система с конфигурацией «ведущий-ведомый») с одним проводом управления равномерным распределением тока, или два блока могут быть включены последовательно. Более подробно технические характеристики и особенностями эксплуатации изделий серии Genesys™ 750/1500 Вт описаны в брошюрах и руководстве по применению [4]-[7].

Для повышения выходной мощности в четыре раза блоки питания Genesys можно включать параллельно (до 4

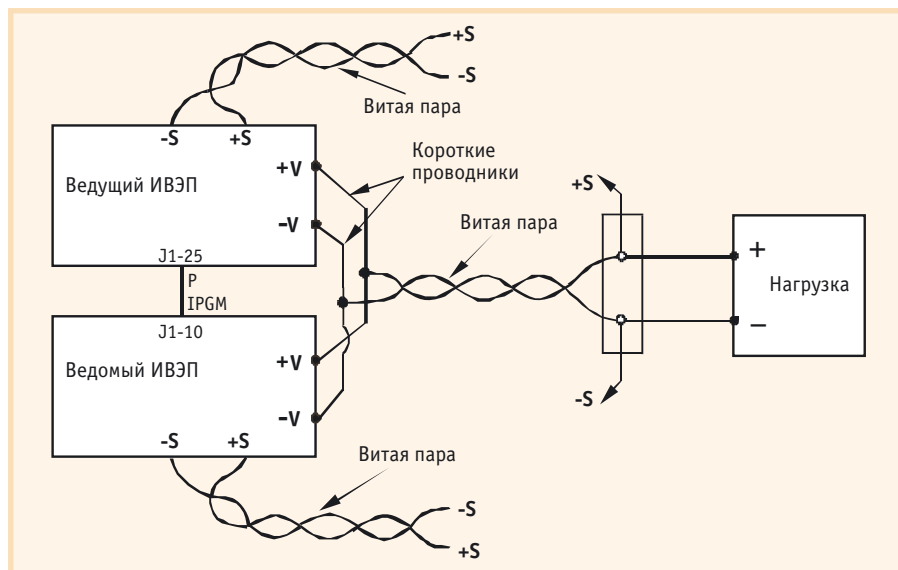


Рис. 4. Параллельное включение нескольких блоков питания Genesys. Провода выносной обратной связи должны быть выполнены в виде скрученной пары. Если выносная обратная связь не используется, выводы +/- sense должны быть соединены с выводами +/-LS блока Genesys

блоков). На рис. 4 показана схема параллельного включения блоков питания GEN1500: один из блоков работает как ведущее устройство, а другие блоки функционируют как ведомые устройства. Ведомые устройства программируются аналоговым способом ведущим устройством. В удалённом цифровом режиме только ведущее устройство может быть запрограммированным компьютером, в то время как ведомые устройства могут подключаться к компьютеру только для считывания статуса устройства, значений тока нагрузки и выходного напряжения.

Для увеличения выходного напряжения два блока питания могут соединяться последовательно, при этом рекомендуется устанавливать параллельно выходным каналам каждого блока диоды для защиты от обратного напряжения (рис. 5). Номинальные параметры каждого диода должны выбираться, по меньшей мере, в соответствии с выходным напряжением и током нагрузки. Необходимо запомнить, что при последовательном соединении двух блоков питания при заземлении одного из выходных контактов или нагрузки ни одна из точек не должна иметь потенциала более ± 60 В относительно земли для моделей с выходными напряжениями до ± 60 В и ± 600 В относительно земли для моделей с выходным напряжением >60 В. В случаях когда используются порты интерфейсов RS-232/RS-485 или GPIB и соединяются блоки питания с одинаковыми или разными выходными напряжениями более 400 В

и заземлённым положительным выходом, существует опасность электрического удара. Поэтому запрещается соединять вывод положительного напряжения к земле при использовании интерфейсов RS-232/RS-485 и GPIB.

Удобная для пользователя любой квалификации передняя панель обеспечивает надёжное управление посредством кодирующих устройств (датчиков положения), применяемых для точного или курсового регулирования (6 или 30 оборотов), и четырёх цифровых светодиодных измерителей тока и напряжения.

Настраиваемые защита от превышения выходного напряжения, пониженного входного напряжения и ограничение тока с острой коленообразной характеристикой (Current Foldback) обеспечивают дополнительную гибкость. Значения их уставок могут быть предварительно представлены на дисплее, расположенном на передней панели. Ограничение тока с острой коленообразной характеристикой может быть установлено так, чтобы зафиксировать выход в случае, когда это требуется для безопасности. Метод ограничения тока с острой коленообразной характеристикой работает следующим образом. Как только достигается порог ограничения тока, максимальное значение для выходного тока уменьшается под острым углом до значения, меньшего того, при котором произошло ограничение тока. Такая нагрузочная характеристика может приводить к эффекту коллапса выхода. Если прибор работает вблизи порога огра-

ничения, то небольшое увеличение тока нагрузки или входного напряжения может инициировать режим ограничения выходного тока. Как только это случится, уровни выходных напряжений и тока скачком перейдут в устойчивое состояние с меньшими уровнями и не смогут вернуться в исходную рабочую точку, пока не произойдёт значительного уменьшения выходного тока или входного напряжения. Этот режим может быть спровоцирован переходными процессами в нагрузке, которые могут привести к уменьшению выходного напряжения и инициированию ограничения тока. Те же условия могут возникнуть в результате переходных процессов во входной сети, поскольку повышение входного напряжения приводит к увеличению напряжения на входе-выходе и тем самым к уменьшению порога ограничения тока [8]. Из формы кривой, приведённой на рис. 6, понятно, почему этот метод ограничения тока называют ограничением тока с острой коленообразной характеристикой (Foldback).

Дополнительными важными защитными функциями являются безопасное включение (Safe Start) и запоминание параметров настройки, установленных последними (Last Setting Memory). При безопасном включении пользователь может выбрать, вернуться ли уставки источника электропитания Genesys™ в прежнее состояние после отключения электроэнергии или вернуться к нулевой (безопасной) выходной мощности до дальнейших указаний пользователя. Функция Last Setting Memory сохраняет настройки выходного напряжения и тока, удалённый или локальный режим, защиты от перенапряжения и пониженного напряжения, ограничения тока, скорость передачи данных и режим включения без применения аккумулятора. На пе-

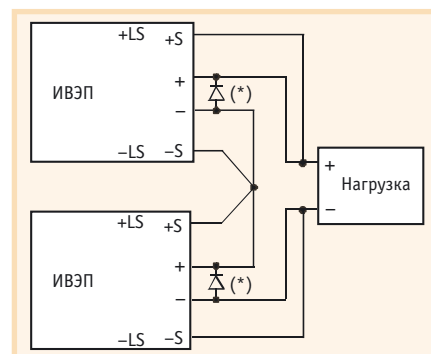


Рис. 5. Последовательное соединение двух блоков питания Genesys (*диоды устанавливаются пользователем)

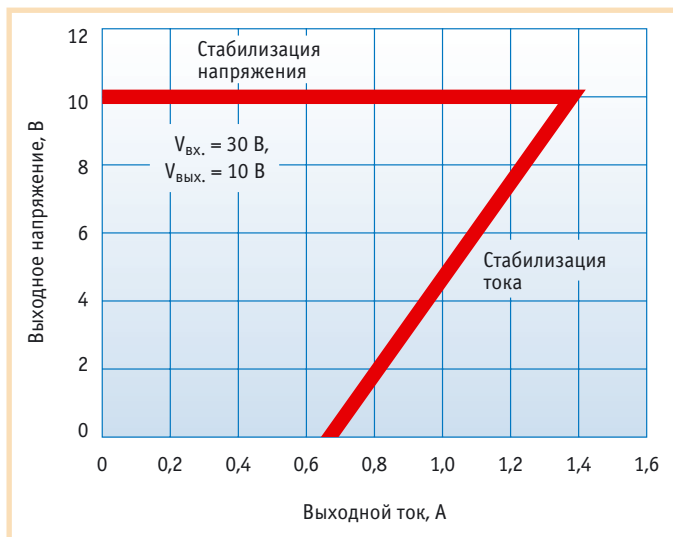


Рис. 6. Ограничение тока с острой коленообразной характеристикой приводит к уменьшению выходного тока после вхождения в режим ограничения тока

редней панели также имеются кнопки включения/выключения выходной мощности (Output On/Off) и выбора дистанционного и местного управления (Local/Remote).

Ещё одним новшеством, которое серия источников электропитания Genesys™ содержит в себе как стандартное, является встроенный цифровой интерфейс RS-232/RS-485. Через этот цифровой интерфейс можно управлять при последовательном подключении через линию RS-485 источниками электропитания, количество которых не более 31. Через интерфейс последовательной связи могут быть установлены следующие параметры:

- установка выходного напряжения,
- установка тока нагрузки,
- измерение выходного тока,
- управление включением/выключением выхода,
- измерение тока нагрузки,
- установка ограничения тока,
- контроль и защита от превышения напряжения,
- контроль и защита от пониженного входного напряжения,
- режим включения источника электропитания (безопасный режим или с параметрами, установленными последними).

0-10 В осуществляется пользователем посредством DIP-переключателей, установленных на задней панели. Значения выходного напряжения и предельного тока нагрузки задаются аналоговым напряжением или потенциометром. Выходное напряжение может быть дистанционно включено или выключено, и по сигналам статуса можно осуществлять контроль функционирования блока и режимов работы (CV/CC — режим постоянного напряжения/режим постоянного тока).

Конструкция источников электропитания является модульной, что обеспечивает короткое время производственного цикла и выполнения заказа. Технология поверхностного монтажа (SMT) обеспечивает высокую надёжность.

На рис. 8 показан внешний вид конструкции 1500-ваттного ИВЭП серии Genesys GEN300-5 (защитная крышка снята), а на рис. 9 — вид сверху конструкции 750-ваттного ИВЭП GENH30-25. Применение высококачественных комплектующих известных производителей обеспечивает высокие надёжностные показатели изделий. Так, в качестве силовых ключевых устройств применяются MOSFET-транзисторы фирм Toshiba, NEC, в качестве устройства управления используется

На рис. 7 представлена схема последовательного подключения блоков питания через интерфейс RS-232/RS-485. Первый блок питания в гирлянде соединяется с управляющим устройством через RS-232 или RS-485, а остальные блоки соединяются через шину RS-485.

Дистанционное аналоговое программирование уровнями напряжений 0-5 В или

микроконтроллер P87C51RD2BA фирмы Philips Semiconductors, последовательный интерфейс обеспечивают интегральные микросхемы фирмы MAXIM (MAX202E — для организации последовательного интерфейса RS-232C, MAX489E — для организации интерфейса RS-485), во входных и выходных фильтрах применяются электролитические конденсаторы фирм NIPPON CHEMI-CON и Nichicon, принудительный обдув обеспечивается встроенными коллекторными вентиляторами постоянного тока фирмы SANYO DENKI, скорость которых изменяется в зависимости от нагрузки, в схеме управления применяется 16-разрядный аналого-цифровой дельта-сигма преобразователь AD7705BR фирмы Analog Devices. Отсутствие вентиляционных отверстий в крышке и дне конструкции обеспечивает надёжное функционирование модулей в 19-дюймовых конструктивах в промышленных условиях эксплуатации.

Универсальный приборный интерфейс IEEE (устанавливается по заказу) соответствует стандарту IEEE488.2 SCPI (так называемый GPIB-интерфейс — универсальная интерфейсная шина), позволяет подключать различные приборы к микрокомпьютерному контроллеру, который управляет работой приборов и обрабатывает передаваемые ими данные. Самая последняя спецификация SCPI включает руководящие указания для синтаксиса командного языка, поэтому в источнике питания одной фирмы-поставщика будут применяться те же самые команды, что и в ИВЭП других поставщиков. Интерфейс GPIB предоставляет пользователю полное дистанционное управление блоком, включая программирование выходного напряжения и предельное значение тока, настройку защиты от превышения напряжения, предел пониженного входного напряжения и защиту от перегрузки по току (Foldback). Выходное напряжение и ток нагрузки могут быть измерены, и можно контролировать состояние источника электропитания. Приборная шина обеспечи-

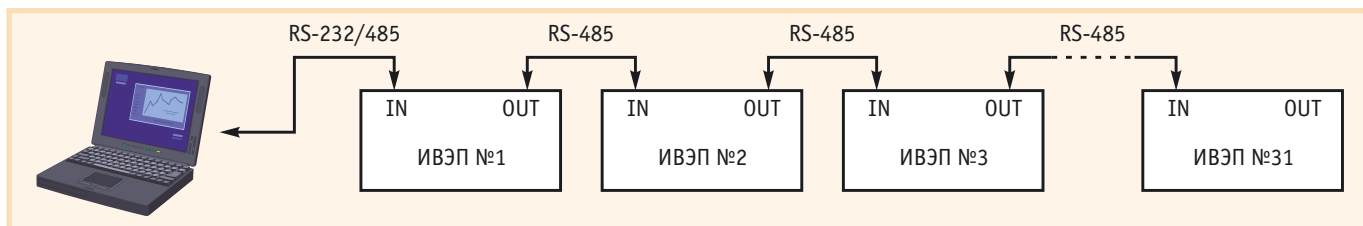


Рис. 7. Подключение нескольких блоков питания Genesys через шину RS-232/485

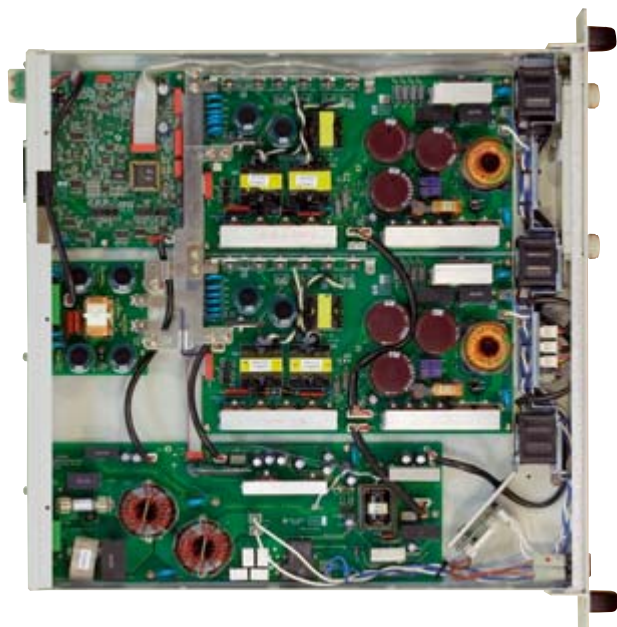


Рис. 8. Внешний вид конструкции программируемого ИВЭП GEN300-5 (защитная крышка снята)

вает интегрирование источников электропитания в автоматическое испытательное оборудование, включающее цифровые вольтметры, генераторы и другие современные электронные приборы. Более детальная информация о программировании источников серии Genesys™ со встроенным интерфейсом IEEE-488.2 приведена в инструкции [7].

Доступны драйверы для графической среды разработки приложений LabView. Варианты изолированного аналогового программирования включают в себя управление уровнями напряжения 0-5 В и 0-10 В (выбирается заказчиком) или уровнями тока 4-20 мА.

Необходимо отметить, что разработка источников электропитания семейства Genesys™ началась в 2001 году (1U Project), производство началось в ноябре 2002 года, и целевыми рынками являются:

- электротермотренировка полупроводниковых изделий,
- автоматическое испытательное оборудование,
- испытание автомобильных приборов,
- управление технологическим процессом,
- лазеры.

Применения: ионное легирование, электроосаждение золота, компьютерные пилотажные тренажёры, радиолокационные системы, имитация автомобильных аккумуляторных батарей. ИВЭП Genesys™ используются в промышленном оборудовании, в аппаратуре связи, в военном и медицинском электрооборудовании и т.д.

В сегменте программируемых источников электропитания с выходными мощностями 600-750 Вт изделия серии Genesys™ успешно конкурируют с техникой таких известных производителей, как Sorensen, Powerten, Matsusada, Powerbox, а в сегменте ИВЭП с выходными мощностями 1000-1200 Вт — с изделиями таких фирм, как Xantrex, Sorensen, Powerten, Powerbox, Glassman. Так, в 2004 году фирма Lambda UK получила крупный контракт от Министерства обороны Великобритании на поставку свыше

2000 штук 1500-ваттных блоков электропитания серии Genesys™. Основными потребителями универсальных программируемых источников вторичного электропитания являются Британские вооруженные силы, военно-морские силы Великобритании и ВВС Великобритании. Блоки применяются в наземных сервисных пунктах для обслуживания электронного и электротехнического оборудования.

Министерство обороны предъявляет жёсткие требования к качеству, надёжности, удобству обслуживания и стоимости, поэтому было произведено тестирование изделий Lambda в реальных условиях эксплуатации в течение семи месяцев, что является частью процесса тщательной технической оценки и отбора изделий.

Выполненные с использованием современных схмотехнических решений и высококачественной элементной базы интеллектуальные высокоэффективные источники электропитания серии Genesys с выходными мощностями 750-1500 Вт легко интегрируются в системы управления технологическими процессами через последовательные интерфейсы RS-232/RS-485 и в автоматическое испытательное оборудование посредством интерфейсной шины GPIB. Изделия характеризуются отличными массогабаритными параметрами, качественным выходным регулируемым напряжением, высокими показателями надёжности и широким набором сервисных функций. ●



Рис. 9. Внешний вид конструкции программируемого ИВЭП GENH30-25 (вид сверху, защитная крышка снята)

ЛИТЕРАТУРА

1. Источники электропитания радиоэлектронной аппаратуры: Справочник/ Г.С. Найвельт, К.Б. Мазель, Ч.И. Хусаинов и др.; Под ред. Г.С. Найвельта. — М.: Радио и связь, 1986.
2. Мэри Бёрк. Управление скоростью охлаждающего вентилятора: как и зачем это делается// Компоненты и технологии. — 2005. — № 3. — С. 108-110.
3. GEN1500 Series Reliability Data (DWG:IA575-79-01). — Israel: Nemic-Lambda, 2003.
4. Genesys™ Programmable DC Power Supplies 750/1500W in 1U, AD0508-B. — Lambda Invenys; 2003.
5. Genesys™ GENH Series Programmable DC Power Supplies 750W in a 1U half-rack size: Brochure, AD1103. — Lambda Invenys; 2004.
6. Genesys™ Programmable DC Power Supplies 750/1500W in 1U: User Manual. — Lambda Invenys; 2003.
7. Genesys™ IEEE Interface Option: Technical Manual. IEEE Programming Interface for Genesys™ Power Supplies, IA586-04-01-A AD0103. — Lambda Invenys; 2003.
8. Честер Симпсон. Применение трёхвыходных стабилизаторов напряжения// Электроника. — 1993. — № 14.

В.К. Жданкин —
сотрудник фирмы ПРОСОФТ
119313 Москва, а/я 81
Телефон: (095) 234-0636
Факс: (095) 234-0640
E-mail: victor@prosoft.ru