



Принцип работы программируемых источников питания постоянного тока на примере продукции EA Elektro-Automatik

Василий Лусин

Различные сферы промышленного производства, науки, а также ряд испытательных стендов нуждаются в обеспечении качественным вторичным электропитанием, причём, в большинстве своём, с возможностью точной регулировки выходного значения тока или напряжения. В данной статье мы рассмотрим, как функционируют программируемые источники питания, на примере продукции ведущего мирового производителя EA Elektro-Automatik.

Введение

Принято считать, что идеальный источник питания постоянного тока (он же просто блок питания) обеспечивает постоянное выходное напряжение независимо от тока нагрузки. Как мы знаем, ни одно электронное устройство или что-либо еще в этом отношении не работает так, как порой описано в учебниках по физике и электротехнике, где в схемах применяются идеальные по параметрам компоненты. Так чем же реальные блоки питания отличаются от теоретически идеальных? Давайте рассмотрим, как работает реальный программируемый источник питания постоянного тока, чтобы мы могли ответить на этот вопрос. Существует несколько типов блоков питания с различными возможностями управления по току, напряжению, а также по стабилизации максимальной выходной мощности. Эти программируемые источники питания используются в самых разных отраслях промышленности для многочисленных применений. Мы рассмотрим некоторые особенности, которые придают источникам питания универсальность

для решения широкого круга задач. По сути, то, что может показаться простым продуктом, на самом деле представляет собой сложное техническое изделие.

Как работает источник питания постоянного тока

На рис. 1 показана основная блок-схема простого источника питания постоянного тока. Трансформатор гальванически развязывает линию переменного тока от остальной схемы. И он также понижает или повышает переменное напряжение от сети переменного тока в зависимости от требуемого максимального выходного напряжения постоянного тока, на которое рассчитан источник питания. Далее выпрямитель преобразует переменное напряжение

от трансформатора в напряжение одной полярности (пульсирующее). Затем блок сглаживающих фильтров уменьшает пульсации на выходе. Наиболее распространённым сглаживающим фильтром является ёмкостный, когда конденсатор большой ёмкости подключается параллельно нагрузке. Стабилизаторы обеспечивают стабилизацию напряжения на нагрузке при изменении напряжения питающей сети или тока в нагрузке и уменьшают пульсации выходного напряжения. Каждый элемент рассматриваемой блок-схемы источника питания включает множество компонентов, ни один из которых не является идеальным. Конденсаторы и катушки индуктивности обладают паразитным сопротивле-

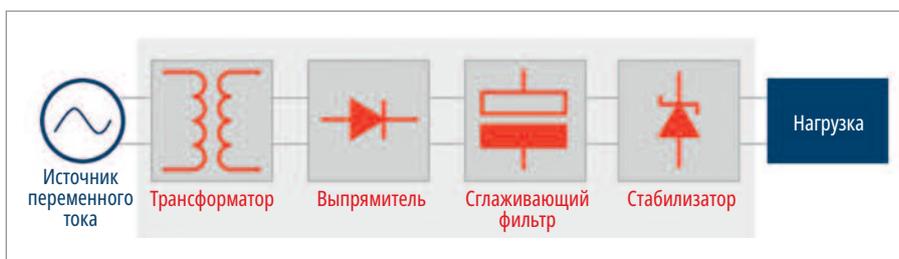


Рис. 1. Общая блок-схема источника питания постоянного тока

нием, паразитной ёмкостью (в катушках индуктивности) и паразитной индуктивностью (в конденсаторах). Транзисторы и диоды имеют вольт-амперные характеристики, которые могут изменяться в зависимости от температуры. Все компоненты имеют допуски по своим параметрам, потребляют энергию (нагреваются), имеют ограничения по мощности и генерируют шумы. Эти неидеальные характеристики компонентов способствуют тому, что источник питания постоянного тока просто не может быть идеальным по своей природе.

Отклонение от идеальных значений на выходе

Программируемый источник питания не всегда может обеспечивать точный выходной сигнал, который устанавливается пользователем. На основе допусков компонентов производитель определяет точность выходного значения тока или напряжения, а также точность отображения этого значения, например, на дисплее источника питания или в графической оболочке специализированного ПО, если используется удалённый мониторинг. Производитель также может указать температурный коэффициент, добавляемый к допуску по выходному сигналу, если температура окружающей среды выходит за пределы температурного диапазона, при котором данный источник питания был откалиброван и на который рассчитана его работа. Другая причина того, что на выходе ток или напряжение могут быть чуть ниже заданного значения, заключается в том, что при больших токовых нагрузках большее напряжение падает на внутреннем сопротивлении различных компонентов источника питания. Производители определяют этот эффект как нестабильность выходного напряжения при изменении тока нагрузки (или тока при напряжении нагрузки). Для полного определения точности выходных сигналов источника питания стоит ещё добавить точность установки выходного тока и напряжения. Причём в некоторых моделях программируемых блоков питания данный параметр отличается в зависимости от того, как происходит установка: вручную с помощью потенциометра/энкодеров или удалённо с помощью аналогового или цифрового сигнала.

Стоит помнить, что все источники питания постоянного тока также все-

гда будут иметь шумы на выходе. Это обуславливается тем, что всем электронным компонентам присущ тепловой шум, связанный с движением электронов. Он возникает в любом проводнике, обладающим активным сопротивлением, и связан с хаотичным движением подвижных носителей заряда, в результате которого на концах проводника появляются флуктуации напряжения. Шум на выходе источника питания также зависит от качества электроэнергии питающей сети на входе, электромагнитных помех окружающей среды и блуждающих токов в линиях заземления. Для уменьшения шума в источнике питания, как и в любом другом электронном приборе, требуется внимательный и глубокий подход как при проектировании, так и при выборе элементной базы. Однако, какой бы хорошей ни была конструкция, на выходе источника питания всегда будут шумы, и их необходимо минимизировать.

Классификация источников питания

Существуют два типа, по которым можно классифицировать источник питания. Это либо линейный блок питания, либо импульсный. Традиционным считается линейный блок питания. В основе его конструкции лежит понижающий трансформатор. После трансформатора в схему включен диодный мост (выпрямитель), который преобразует переменное напряжение в постоянное. Далее располагается основная схема, отвечающая за регулировку выходного напряжения, а также его стабилизацию. Как правило, за функцию стабилизации отвечает высокоёмкостный конденсатор. Преимуществом их конструкций является низкий уровень шума и простота конструкции, а недостаток – низкая эффективность. КПД линейных источников питания может быть ниже 60%. Импульсные источники питания могут иметь КПД в диапазоне 90%, но при этом у них более сложная схематехника и больше шумов на выходе. Принцип работы импульсного источника питания: вначале происходит предварительное выпрямление входного напряжения, после этого оно преобразуется в импульсы с увеличенной частотой и требуемой скважностью. Далее импульсы передаются в трансформатор, где напряжение понижается или повышается до требуемой величины. После трансфор-

матора вновь расположен диодный выпрямитель, после которого выполняется стабилизация напряжения в импульсном блоке питания. Более высокий уровень шума связан с активными компонентами, транзисторами, используемыми в качестве переключателей, которые работают с определённой частотой. Преимущество импульсных источников питания в том, что они меньше и легче, чем линейные блоки питания сопоставимой мощности. Импульсный источник питания может иметь меньший вес и меньший по габаритам трансформатор, чем аналогичный линейный. Кроме того, чем выше частота переключения, тем меньше могут быть все индуктивные компоненты. Импульсная топология почти всегда используется при разработке мощных программируемых источников питания от 500 Вт и до нескольких десятков киловатт, так как в противном случае трансформатор для таких источников питания будет слишком большим и тяжёлым.

Типы источников питания постоянного тока

Большинство источников питания являются однополярными приборами, у которых выходные ток и напряжение являются положительными. Они работают только в квадранте I, как показано на рис. 2. Источники питания также могут иметь более сложную схему и работать в большем количестве квадрантов. Источники питания с биполярным выходом работают в квадрантах I и IV. Выходное напряжение может быть как положительным, так и отрицатель-



Рис. 2. Три типа источников питания постоянного тока



Рис. 3. Источники питания EA Elektro-Automatik серии EA-PSB 10000

ным, а ток всегда положительным. Третий тип источника питания может работать в квадрантах I и II. Этот тип приборов известен как двунаправленный источник питания. В квадранте I данный прибор является источником постоянного тока, а в квадранте II он имеет положительное напряжение, но отрицательный ток. Источник питания поглощает ток и уже работает как электронная нагрузка. Таким образом, двунаправленный источник питания сочетает в себе функционал сразу двух приборов: источника питания и электронной нагрузки. Примером таких двунаправленных блоков питания является серия EA-PSB 10000 от EA Elektro-Automatik (рис. 3). Данные приборы доступны с выходной мощностью от 1,5 до 30 кВт с возможностью масштабирования до 1920 кВт.

Управление выходом постоянного тока

Остановимся немного подробнее на модуле управления выходным сигналом. Наряду с фильтрацией выходного сигнала для обеспечения выхода постоянного тока с минимальными пульсациями стабилизатор поддерживает выходное напряжение на заданном (запрограммированном) уровне. Мы можем смоделировать схему стабилизатора как усилителя с обратной связью, как показано на рис. 4. Схема измерения выходного напряжения отслеживает уровень выходного напряжения и подаёт обратную связь на усилитель мощности. Далее усилитель мощности либо повышает выходное напряжение, либо понижает его на выходных клеммах в зависимости от полярности перепада напряжения на входе усилителя. При этом мониторинга напряжения на выходных клеммах источника питания достаточно, когда нагрузка потребляет небольшой ток. Падение напряжения на подводящих проводах будет незначительно при малых токах на-

грузки. Однако при больших токах на нагрузки падение напряжения на проводах может быть значительным, и напряжение, приложенное к нагрузке, оказывается ниже установленного на выходе:

$$U_{\text{нагр.}} = U_{\text{ист.}} - 2 \cdot U_{\text{пров.}}$$

Можно скомпенсировать падение напряжения на проводах, если источник питания спроектирован с 4-проводным соединением, в котором два провода подключаются к нагрузке, а два провода измеряют напряжение непосредственно на клеммах нагрузки. На рис. 5 показано 4-проводное подключение к

нагрузке. Цепь измерения выходного напряжения имеет высокое входное сопротивление, поэтому ток, потребляемый этой схемой, чрезвычайно мал. При незначительном падении напряжения в измерительных проводах схема измеряет фактическое напряжение на нагрузке и подаёт это напряжение обратно на усилитель мощности источника питания. Усилитель повышает своё выходное напряжение на величину, равную $2 \cdot U_{\text{пров.}}$, чтобы компенсировать падение напряжения на проводах. Эта функция известна как дистанционное измерение, и она гарантирует, что

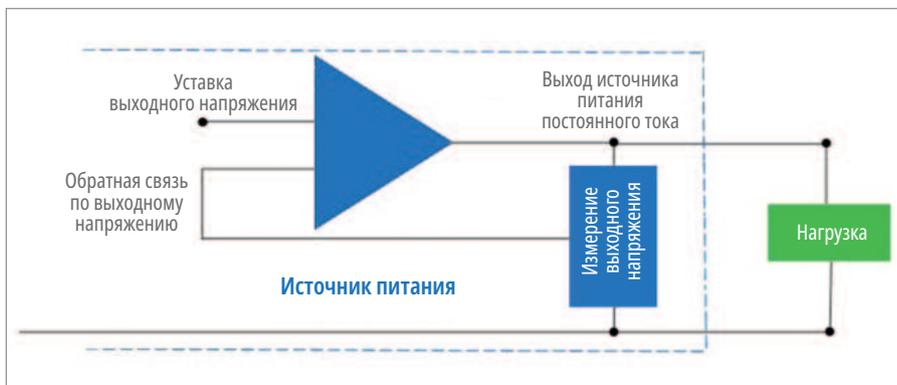


Рис. 4. Выходной каскад источника питания с контролем выходного напряжения (без фильтрации выходного сигнала)

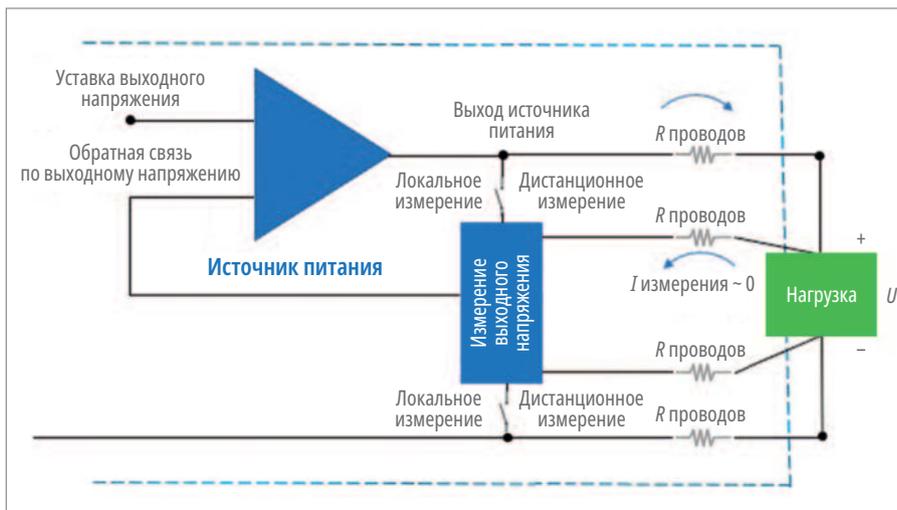


Рис. 5. Выходной каскад источника питания с контуром обратной связи (локальное и дистанционное измерение)

выходное напряжение на нагрузке соответствует установленному на выходе источника питания. Если не используется 4-проводная схема, стабилизатор использует локальное измерение, с помощью которого выходное напряжение поддерживается на уровне напряжения непосредственно на выходных клеммах источника питания. Использование 4-проводного соединения обеспечивает большую точность установки напряжения на нагрузке.

Выходные характеристики

Программируемые источники питания могут питать нагрузку несколькими способами. Типичный источник питания имеет прямоугольную выходную вольтамперную характеристику (ВАХ). На выходе такого источника можно задать любое значение напряжения и тока в пределах рабочих диапазонов этих параметров. Таким образом, мощностная характеристика на графике будет представлена в виде прямоугольника. Синие линии на рис. 6 иллюстрируют программируемый источник питания с прямоугольной выходной вольтамперной характеристикой. Второй спо-

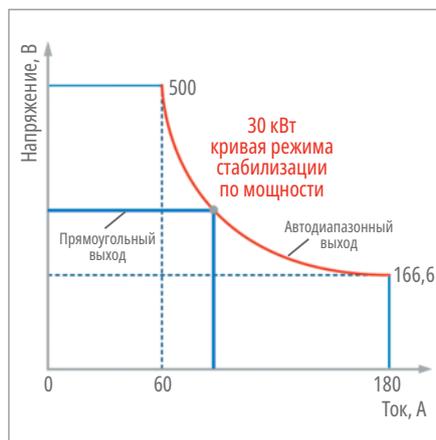


Рис. 6. Сравнение выходных характеристик источников питания

соб можно назвать как автодиапазонным режимом. Здесь источник питания имеет комбинированную ВАХ из прямоугольника и гиперболы по мощности. Эта гибкая выходная функция позволяет испытывать гораздо большее число нагрузок с различными номинальными напряжениями в сравнении с традиционными лабораторными источниками питания. Кроме того, в сравнении с традиционными блоками питания автодиапазонные источни-

ки питания обеспечивают до трёх раз больше мощности при работе в определённых диапазонах напряжений. Красная кривая, показанная на рис. 6, является примером выходной характеристики с автоматическим выбором диапазона. К преимуществам автодиапазонного режима можно отнести:

- обеспечение полной выходной мощности во всех точках красной кривой. Тогда как источник с прямоугольной характеристикой может работать на полную мощность только при максимальном значении выходного тока и напряжения (точка в верхнем правом углу на синем графике);
- возможность обеспечивать нагрузку большим током в широком диапазоне напряжений (рабочий диапазон по току шире, чем у источников с прямоугольной характеристикой);
- благодаря широкому выходному диапазону по току и напряжению программируемый источник питания можно использовать сразу для нескольких задач, что позволяет сэкономить на количестве приборов и более эффективно использовать один источник;

До 30 кВт двунаправленной энергии в небольших приборах

Новые источники питания EA-PSB с наивысшей удельной мощностью на рынке



Elektro-Automatik

- 2 в 1: программируемый источник питания и электронная нагрузка в одном приборе
- Двунаправленная мощность с автодиапазонным выходом
- Полностью цифровой контроль и управление (U, I, P, R)
- КПД до 96%
- Опциональное герметичное водяное охлаждение
- Установленные интерфейсы (аналоговый, LAN, USB)
- Слот Anybus для установки дополнительных интерфейсов
- Моделирование (батареи, PV, FC), встроенный генератор функций
- Мощность 1,5; 3; 5; 10; 15 и 30 кВт, ширина 19", высота от 2U до 4U

PROSOFT®

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР

(495) 234-0636
INFO@PROSOFT.RU

WWW.PROSOFT.RU



- потенциальная экономия затрат благодаря возможности использовать источник питания меньшей мощности, чем у источника питания с прямоугольной характеристикой и со сравнимыми ВАХ.

Некоторые автодиапазонные источники питания имеют гиперболическую выходную характеристику с полной мощностью в ограниченном диапазоне напряжений. В отличие от них источники питания EA Elektro Automatik имеют по-настоящему широкий диапазон, при котором источники могут обеспечивать полную выходную мощность, начиная от 33% максимального номинального выходного напряжения. Все серии блоков питания EA-PS, EA-PSI, EA-PSB уникальны тем, что работают именно в таком широком диапазоне. Никакие другие автодиапазонные источники питания не имеют такого уровня производительности.

Дополнительный функционал блоков питания

Большинство программируемых источников питания могут иметь различный расширенный функционал. У EA Elektro-Automatik в сериях EA-PSI и EA-PSB имеется встроенный функциональный генератор, позволяющий моделировать целый ряд функций применительно к выходным токам или напряжениям источника. Также в источниках питания могут быть цифровые и аналоговые интерфейсы для работы с ПК, ПЛК и другими приборами. Напри-

мер, EA Elektro-Automatik предлагает широкий выбор интерфейсов для своих источников питания: USB, Ethernet, RS-232, CanBus, Profibus, ModBus, Profinet, EtherCat и др. Причём большинство из них возможно заказать отдельно и доустанавливать на уже купленные приборы. Также доступны изолированные аналоговые интерфейсы управления по току и напряжению. Двухнаправленные источники питания EA-PSB при работе в качестве нагрузки могут иметь высокую эффективность за счёт преобразования поглощённой энергии обратно в сеть переменного тока с эффективностью до 96%. Этот функционал называется рекуперацией электроэнергии.

Применение

Все отрасли промышленности, которые так или иначе связаны с электроникой, используют источники питания постоянного тока, в том числе программируемые. Инженеры-конструкторы используют их при разработке новых схем и новых изделий. Инженеры-испытатели используют источники питания для проверки функционала ряда узлов или готовой продукции. По этой причине существует очень большое количество моделей блоков питания мощностью от нескольких десятков ватт до нескольких десятков киловатт. При этом исполнение может быть также разным – настольные, отдельно стоящие или для монтажа в стойку. Часто специалистам требуется не только подавать питание на испытуемое устройство, но и моделировать такие

источники тока, как аккумуляторы, солнечные батареи, топливные ячейки и т.д. Здесь двухнаправленный источник питания со встроенным генератором EA-PSB может действовать в одном случае как источник питания для имитации батареи, зарядного устройства, топливного элемента или солнечной панели. А в другом – этот же прибор может выступать в качестве нагрузки для проверки функционала разрабатываемых источников тока и уже от них сам потреблять ток.

Встроенный функциональный генератор может имитировать шумы и другие помехи в линиях постоянного тока, чтобы убедиться, что разрабатываемые продукты смогут выдерживать реальные воздействия помех. Генератор функций также может имитировать формы сигналов для ряда тестов в соответствии с определёнными стандартами, например, для автомобильной и авиационной промышленности.

Источники питания постоянного тока являются важными инструментами для проектирования, испытания и тестирования всей электроники. Большое разнообразие моделей традиционных программируемых источников питания, двухнаправленных, а также электронных нагрузок от EA Elektro-Automatik позволяет инженерам решать практически любую задачу по вторичному электропитанию. ●

Автор – сотрудник фирмы ПРОСОФТ

Телефон: (495) 234-0636

E-mail: info@prosoft.ru

НОВОСТИ реклама НОВОСТИ реклама НОВОСТИ реклама

Процессоры Elkhart Lake в серии ARCHMI от Arplex

Компания Arplex дополнила свою знаменитую серию ARCHMI моделями с процессором Intel® Celeron® J6412.

Новинка представлена под кодом ARCHMI-B и доступна для моделей с диагональю экрана 7, 10, 15 и 21,5 дюйма. В качестве базового процессора выбран представитель серии Elkhart Lake с частотой 1.8 ГГц и кэшем 1,5 Мбайт.

Панельный компьютер имеет разъём установки модуля оперативной памяти DDR4 стандарта SO-DIMM объёмом 32 Гбайта с тактовой частотой 3200 МГц. Для уста-



новки устройства хранения данных предусмотрен слот M.2 B-Key с поддержкой устройств SATA3.

Корпус устройства выполнен из алюминия и имеет защиту по передней панели уровня IP66. Пользователю доступны на

выбор три разновидности экрана: обычное стекло, резистивный или ёмкостный сенсорный экран.

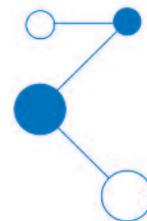
На задней стенке устройства расположены стандартные разъёмы портов: 2×USB 3.2 тип A, 2×USB 2.0 тип A, 1×RS-232/422/485 (по умолчанию RS-232 через настройку в BIOS), аудиовыход, сетевые разъёмы 2×2,5GbE типа RJ-45. Возможна установка модулей расширения: 1×Mini-PCIe (полноразмерный), 1×M.2 E-key и разъём для установки SIM-карты.

Изделие по заказу может быть изготовлено под работу в диапазоне температур -20...+60°C. Доступна версия с экраном повышенной яркости 1000 кд/м².

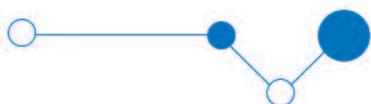
Благодаря более мощным процессорам устройства значительно расширяют сферу их применения. ●

Zonedata

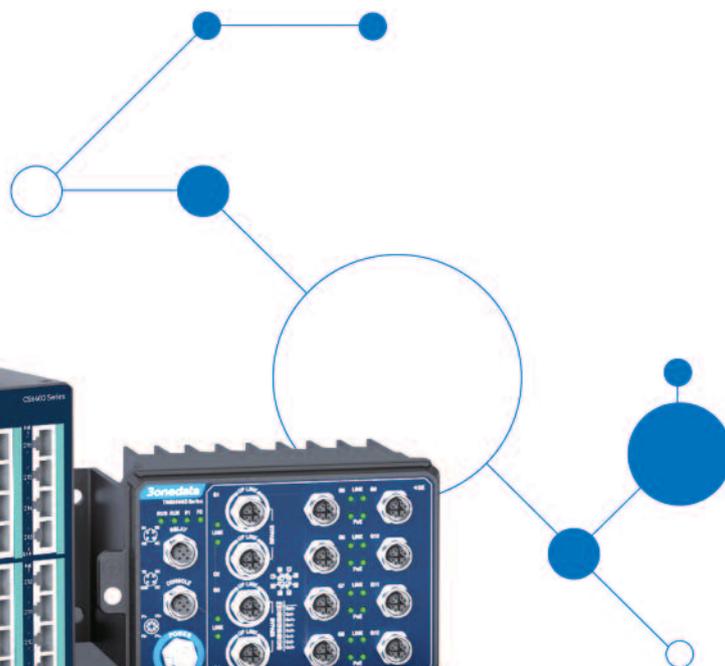
Технологичность
Производительность
Функциональность



Промышленное сетевое оборудование для решения высокопроизводительных задач



- Мощные L3-коммутаторы уровня ядра сети
- L3/L2-коммутаторы с поддержкой TSN-технологий
- Коммутаторы для работы в PROFINET-сетях
- Беспроводное Wi-Fi-оборудование
- POE-коммутаторы
- Серверы последовательных интерфейсов



PROSOFT[®] Официальный дистрибьютор

+7 (495) 234-06-36
info@prosoft.ru

www.prosoft.ru

