

Высоковольтные источники питания UltraVolt —

Гарантия надежности

В статье представлено описание основных серий высоковольтных источников питания, изготавливаемых компанией UltraVolt Inc.

Иван Пустыльник, к. т. н.

ivan.pustyniyak@betronik.ru

При проектировании высоковольтных устройств, таких как фотодетекторы, электровакуумные приборы, фотоэлектронные умножители, часто возникают сложности с высоковольтными источниками питания (ИП). Разработка такого источника — процесс сложный. Здесь необходимо не только уделять внимание схемотехнике ИП, но и учитывать изоляционные параметры всех элементов схемы, рассчитывать напряжение пробоя на корпус и на внешние элементы устройства. И при этом источник должен обладать как можно меньшими размерами. При напряжении более 1 кВ использование в качестве изолятора воздушных промежутков приводит к увеличению габаритов ИП и, в результате, к увеличению размеров всего устройства, что, в свою очередь, приведет к необоснованному удорожанию прибора.

Чаще всего для решения подобных проблем в качестве изоляционного материала используют компаунды на основе эпоксидной смолы и других застывающих диэлектрических материалов. Но здесь уже возникают проблемы технологического характера. Одна из них — качество и однородность заливки схемы ИП компаундом. На этом этапе производства ИП возможно образование в теле компаунда пузырьков воздуха и незаполненных областей, что может существенно ухудшить изоляционные свойства. Исключить возникновение подобных проблем при «ручной» заливке очень сложно, кроме того, для качественного затвердевания компаунда необходима просушка изделия в печи с наличием контроля температуры нагрева, чтобы не допустить перегрева элементов схемы источника. А беспузырьковое заполнение компаундом возможно только с помощью аппаратов вакуумной заливки, т. е. с использованием дорогостоящего оборудования, доступного только крупным профильным предприятиям. Покрытие схемы лаком частично позволяет решить проблему электрической изоляции, но не влияет на отвод тепла от элементов схемы и, соответственно, не улучшает тепловые параметры источника в отличие от объемного заполнения компаундом.

Целесообразнее не тратить время на разработку и доведение до приемлемого уровня своих высоковольтных ИП, а применить готовые изделия, разработанные и испытанные производителями, специализирующимися на производстве подобной продукции. Одним из таких производителей является американская компания UltraVolt Inc. Она была основана в 1990 г. в Нью-Йорке, и в нее вошла группа специалистов, имеющая 35-летний опыт проектирования и производства высоковольтных ИП для военного и аэрокосмического комплекса. Продукция компании применяется более чем в 100 отраслях промышленности.

Сегодня компания UltraVolt производит высоковольтные преобразователи с КПД до 92%, выходным напряжением в диапазоне от 0–62 В до 0–40 кВ и мощностью 4–250 Вт. В номенклатуре выпускаемой продукции представлено более 10 серий ИП (всего около 500 моделей). Схемы преобразователей выполнены с использованием компонентов поверхностного монтажа. Заполнение корпуса специальным компаундом осуществляется с помощью установки вакуумной герметизации с последующей термообработкой. Производство преобразователей UltraVolt полностью автоматизировано от входного контроля, электро- и термотренировок и до выходного контроля готовых изделий.

Высоковольтные ИП UltraVolt обладают следующими преимуществами:

- широкий диапазон входного напряжения;
- широкий диапазон мощностей;
- малые размеры;
- защита от дуги и короткого замыкания на выходе;
- высокая наработка на отказ.

Кроме того, все источники UltraVolt являются прецизионными со стабильностью выходных параметров 0,01%.

В номенклатуре компании UltraVolt наиболее широко представлены одноканальные DC/DC-преобразователи серий А, АА и С (рис. 1 и 2). Основу всех одноканальных высоковольтных



Рис. 1. Источники серий А и АА



Рис. 2. Источник серии С

ИП UltraVolt составляет двухтактный преобразователь с номинальной частотой коммутации менее 100 кГц. Благодаря встроенному прецизионному источнику опорного напряжения легко организуется внешнее управление, позволяющее установить требуемый уровень выходного напряжения. В ИП реализована защита от пониженного входного напряжения, разрешающая работу источника только после повышения напряжения на входе до минимального допустимого уровня. При подаче на вход управления сигнала высокого логического уровня преобразователь начинает работать. Для уменьшения выбросов напряжения в этот момент запускается схема плавного пуска, обеспечивающая выход на полную мощность за время более 1 мс. Система управления начинает формировать широтно-модулированные импульсы на фиксированной частоте для подачи на двухтактный выходной каскад из полевых транзисторов, подключенный к высоковольтному трансформатору. Силовая схема защищена от перегрузок по току и коротких замыканий на выходе посредством вторичной схемы ограничения тока, оптимизированной на работу с низкоимпедансной емкостной нагрузкой. Многокаскадным умножителем вырабатывается высокое напряжение, для обеспечения стабилизации которого формируется и подается в систему управления соответствующий сигнал. Преобразователь содержит встроенные входной и выходной фильтры для снижения уровня пульсаций в соответствующих напряжениях.

КПД одноканальных ИП этих серий составляет до 90% в режиме полной нагрузки. Преобразователи серий А и АА работают в диапазоне выходных напряжений +11—+16 В или +23—+30 В без снижения выходной мощности.

Диапазон входного напряжения преобразователей серии С составляет +23—+30 В.

По выходу одноканальные ИП серий А, АА и С представляют собой неизолированные однополярные преобразователи напряжения, поэтому при заказе необходимо указывать требуемую полярность выходного напряжения: положительная или отрицательная. Выходное напряжение регулируется в пределах 0—40 кВ в зависимости от выбранного источника. Так как выходное напряжение может опускаться до 0 В, то нагрузочная способность по току остается неизменной.

Все источники UltraVolt содержат датчик, позволяющий измерять выходной ток источника. Встроенные делители напряжения создают небольшое линейное смещение, поддающееся компенсации.

Регулировка выходного напряжения всех DC/DC-преобразователей UltraVolt осуществляется подачей постоянного управляющего напряжения в диапазоне 0—+5 В на вход управления. Источники с отрицательным выходным напряжением имеют обратную логику управления, т. е. используется диапазон +5—0 В. В составе ИП UltraVolt есть термокомпенсированный встроенный источник опорного напряжения +5 В с выходным сопротивлением 464 Ом.

Данные преобразователи выпускаются в пластмассовых корпусах, предназначенных для монтажа на печатную плату. Требуется всего 5,5 кв. дюйма площади и 4,3 куб. дюйма объема. Эти источники питания могут выпускаться в металлических корпусах, защищающих от ВЧ-излучений. Кроме того, для всех моделей доступно опциональное исполнение с шестисторонним экраном из магнитного сплава мю-металл.

Диапазон рабочих температур без снижения выходной мощности находится в пределах -40...+65 °С. Все изделия проходят термотренировку в течение 24 ч перед проведением выходного контроля.

Отличие ИП серии АА от серии А заключается в уменьшенных на 22% размерах, что позволяет использовать их в установках с ограниченным объемом. Для них требуется всего 4,46 кв. дюйма площади и 3,35 куб. дюйма объема. Преобразователи серии С, кроме всех особенностей серии А, обладают еще и максимальной скоростью нарастания выходного напряжения при минимальных переключениях или их отсутствии. Основное применение источников серии С — формирование высоковольтного смещения электровакуумных приборов, а также быстрый заряд конденсаторов.

На базе ИП серий А, АА и С компания UltraVolt разработала многоканальные DC/DC-преобразователи серии AUX, представленные на рис. 3. Двухканальные ИП AUX, кроме стандартного источника А или С, в одном корпусе содержат еще и дополнительную плату расширения, формирующую высоковольтный канал фиксированного напряжения. Трехканальные ИП серии SAUX в своем составе содержат не одну, а две платы формирования высоковольтного канала фик-



Рис. 3. Многоканальные DC/DC-преобразователи серии AUX

сированного напряжения. Разрабатывались эти источники для управления вакуумными приборами, триггерными катушками и для питания генераторов импульсов.

Кроме того, в качестве еще одной разновидности многоканальных источников необходимо упомянуть высоковольтные DC/DC-преобразователи с двухполярным выходным напряжением серии Bi-Polar С (рис. 4). Они являются функциональным расширением серии С и в одном корпусе содержат положительный и отрицательный источники с выходной мощностью 60 или 125 Вт по выбору заказчика. Преимущество данной сборки перед парой одноканальных аналогичных ИП заключается в уменьшении затрат на испытание, герметизацию при производстве и наличие устройства управления. Поэтому применение серии Bi-Polar С при решении задач двухполярного высоковольтного питания более предпочтительно.



Рис. 4. DC/DC-преобразователи серии Bi-Polar C

Линейка одноканальных DC/DC-преобразователей представлена на рис. 5.

Также в номенклатуре компании UltraVolt присутствует семейство миниатюрных одноканальных высоковольтных DC/DC-преобразователей (рис. 6). Разрабатывались они для питания лавинных фотодиодов и фотоэлектронных умножителей. В настоящее время миниатюрные источники применяются для решения более чем 50 типов задач, наиболее часто решаемые из которых — работа с тонкими пленками, питание источников ультразвука, счетчики фотонов, оптико-волоконные телекоммуникации, лазерные дальномеры, электронные микроскопы и др. В России эти источники из-за своих

**Сводная таблица продукции компании UltraVolt
(в зависимости от тока и напряжения)**

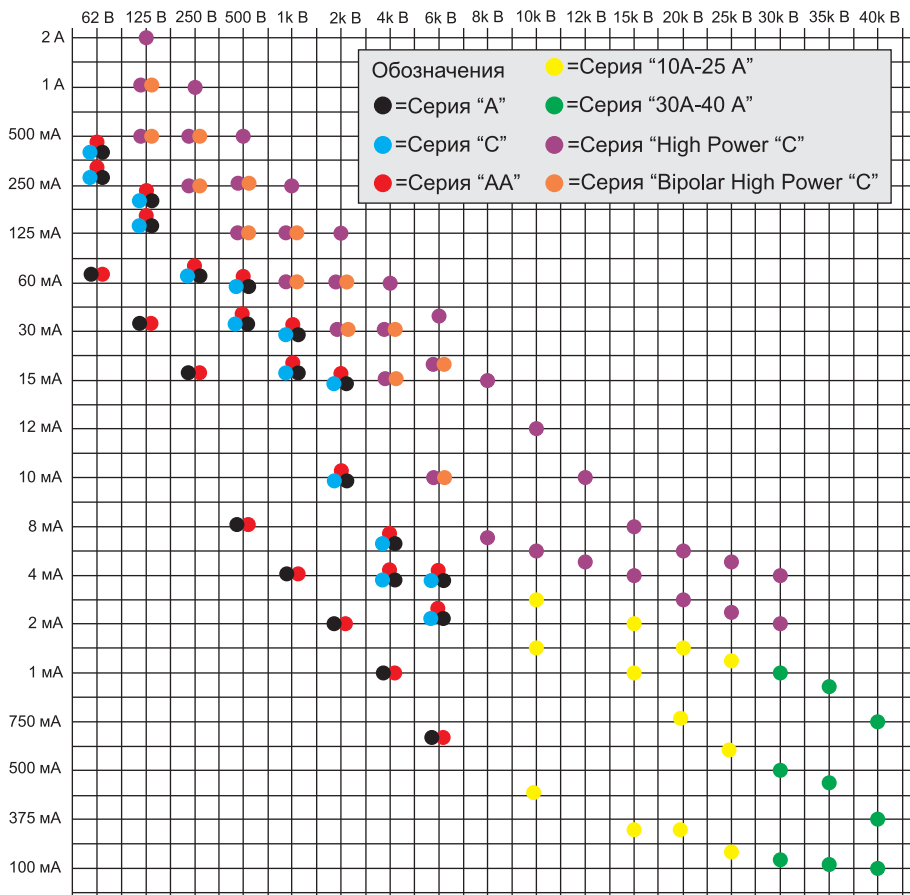


Рис. 5. Линейка одноканальных DC/DC-преобразователей

малых массогабаритных показателей наиболее широко применяются в гражданской авиации и радиолокационном оборудовании. Выпускаются миниатюрные источники UltraVolt следующих серий:

- XS — выходное напряжение 0–100 В, выходная мощность до 100 мВт;
- US — выходное напряжение 0–500 В, выходная мощность до 100 мВт;

- V и M — выходное напряжение 0–3 кВ, выходная мощность до 1 Вт;
- D — выходное напряжение 0–6 кВ, выходная мощность до 6 Вт.

Еще одним высоковольтным направлением компании UltraVolt стали высоковольтные усилители серии HVA (рис. 7). Они бывают одно- и двухполярными. Диапазон входных напряжений у всех источников данной серии 24 В, диапазон по входному току — до 420 мА при полной нагрузке. Максимальное выходное напряжение для серии HVA — 20 кВ как для однополярных источников, так и для двухполярных, а максимум выходного тока — 250 мкА. Типовое



Рис. 6. Миниатюрные одноканальные высоковольтные DC/DC-преобразователи



Рис. 7. Высоковольтные усилители серии HVA

применение для этой серии — спектрометры и электронные микроскопы.

Очень часто для высоковольтных применений возникает задача изоляции низковольтных информационных и управляющих сигналов от высокого напряжения. Примером этого может быть система измерения и контроля высоковольтных линий электропередачи. Для питания низковольтной части измерительных устройств таких систем применяются низковольтные ИП серий FL и EFL с высоким уровнем изоляции. У этих источников напряжение изоляции составляет 30 кВ, при этом ток утечки не превышает 10 нА. Сопротивление изоляции составляет 150 ГОм при напряжении 15 кВ и 2 ГОм при напряжении 30 кВ. Низковольтные ИП UltraVolt доступны для заказа с двумя уровнями входного напряжения: 12 и 24 В. При этом выходное напряжение составит 5 В. В качестве типовых применений производитель указывает контроль тока в высоковольтной области, измерение емкости и токов утечки. Внешний вид источника показан на рис. 8.

На базе своих ИП компания UltraVolt разработала серию высоковольтных систем питания HV-Rack, специализированную под установку в 19" стойку. Данные системы питания в зависимости от требований заказчика могут содержать от одного до четырех контролируемых каналов высокого напряжения с независимыми системами управления. Максимальная выходная мощность на канал может выбираться в диапазоне 4–250 Вт. Одним из основных свойств этих систем является возможность задавать уровень ограничения тока и напряжения посредством поворота ручек на передней панели. Индикация по каждому каналу отдельная и расположена на передней панели системы. Как и любые другие ИП UltraVolt, эти высоковольтные системы питания имеют защиту от короткого замыкания на выходе и от образования высоковольтной дуги. Диапазон регулирования напряжения каждого канала 0–40 кВ. Одним из основных применений данной серии могут считаться высоковольтные лабораторные испытания. Изображение источника HV-Rack приведено на рис. 9.



Рис. 8. Низковольтные ИП серий FL и EFL



Рис. 9. Источник HV-Rack

Недавно компания UltraVolt выпустила на рынок новую разработку — высоковольтный AC/DC-преобразователь серии В (рис. 10). Питание источников этой серии осуществляется от сети переменного тока напряжением 115 или 230 В. Выходное напряжение фиксированное и, в зависимости от модели, находится в диапазоне 1–12 кВ. Пока возможны только следующие величины выходной мощности: 10, 20, 30 и 50 Вт. ИП данной серии имеют меньшую стоимость по сравнению с суммарной стоимостью последовательно соединенных низковольтного AC/DC- и высоковольтного DC/DC-преобразователей. Кроме того, ИП серии В имеют изолированный от токоведущих частей корпус, причем напряжение изоляции рассчитано на максимальное выходное напряжение. К типовым областям применения данной серии компания-производитель от-



Рис. 10. AC/DC-преобразователь серии В

носит промышленное измерение изоляции, электростатические задачи, установки по ионизации и озонированию воздуха, питание ультрафиолетовых ламп и зарядку конденсаторных батарей.

Начиная с 2012 г. официальным дистрибьютором UltraVolt в России стала компания «Битроник» (www.betronik.ru). Ее специалисты имеют более чем семилетний опыт работы с высоковольтными компонентами, что позволяет им проводить технические консультации на высоком уровне, предлагать помощь в подборе наилучшего решения по техническим и технико-экономическим характеристикам в соответствии с индивидуальными требованиями заказчика. В работе с импортными компонентами «Битроник» неукоснительно следует требованиям как российского таможенного регулирования, так и экспортного контроля в стране отправления. И хотя стоимость импортных ИП превышает стоимость комплектующих, из которых собираются подобные источники, эта разница окупается за счет качества продукции.