

Резервированный изолированный источник электропитания радиоэлектронной аппаратуры со сверхшироким диапазоном входного напряжения

Олег Негреба, Татьяна Садовникова,
Константин Степнев (г. Воронеж)

Важнейшими задачами в обеспечении высокой надёжности радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) являются, во-первых, защита её источника электропитания (ИП) от помех в сети электропитания, а во-вторых, обеспечение резервирования энергоснабжения РЭА.

В бортовой сети подвижных объектов, а также во всех системах электропитания РЭА, источником энергии для которых является электрогенератор, высока вероятность как высоковольтных выбросов, так и резких провалов напряжения длительностью от единиц микросекунд до сотен миллисекунд. Такие перепады напряжения во входной сети могут привести к недопустимым режимам работы РЭА, а также к выходу из строя ИП и последующих узлов аппаратуры.

Источниками помех во входной сети являются, в первую очередь, различные коммутационные процессы, связанные с подключением или отключением контактной сети или мощных нагрузок, с запуском двигателя подвижного объекта, с отказом регулятора напряжения генератора и так далее. Кроме этого, к микросекундным перенапряжениям могут приводить изношенные щётки электродвигателей, коммутация реле, электромагнитов, электроприводов, помехи от системы зажигания и различного дополнительного оборудования. Индуктивность проводов системы также вносит свой вклад [1].

Часто для защиты от таких перепадов напряжения используют ИП с настолько широким диапазоном входного

напряжения, что помехи входной сети не выходят за границы рабочего диапазона ИП. Применение ИП со сверхшироким диапазоном допустимого входного напряжения упрощает конструкцию и может исключить как фильтры для гашения выбросов входного напряжения, так и системы удержания входного напряжения при его провалах. Кратность перекрытия диапазона входного напряжения таких ИП, то есть отношение их максимально допустимого входного напряжения к минимальному рабочему может составлять величину от 8:1 до 12:1 [2, 3].

Ещё одно положительное свойство таких ИП – их универсальность, которая позволяет устанавливать одну и ту же модель ИП в системы электропитания РЭА с различными значениями входного напряжения.

Однако расширение диапазона входного напряжения ИП напрямую связано с усложнением его схемотехники. Для обеспечения безопасного режима работы электронных компонентов ИП в сверхшироком диапазоне входной сети необходимо предусматривать существенный запас по их электрическим характеристикам. Это практически всегда приводит к снижению эффективности преобразования,

к заметному уменьшению коэффициента полезного действия (КПД) и обостряет проблему отведения тепла. Кроме того, такие ИП дают более широкий спектр помех, что требует дополнительных мер по обеспечению электромагнитной совместимости (ЭМС). Более подробно недостатки расширения диапазона входного напряжения ИП рассмотрены в статье «Особенности применения модулей вторичного электропитания с расширенным диапазоном входного напряжения» [4].

Очевидно, что применение таких ИП в системе электропитания РЭА снижает её надёжность и не обеспечивает резервирование электропитания. Для реализации принципа резервирования необходимо применение как минимум двух ИП с расширенным диапазоном входного напряжения.

Другим возможным вариантом борьбы с перепадами входного напряжения ИП является установка на входе ИП линейных или импульсных последовательных регуляторов – так называемых нормализаторов входной сети. Такие варианты построения ИП, выдерживающего перепады входного напряжения, являются достаточно эффективными и популярными [5, 6], однако они также не обеспечивают резервирование питания нагрузки.

Исходя из сказанного, проблема защиты ИП от выбросов и провалов напряжения в сетях электропитания РЭА с одновременным обеспечением резервирования энергоснабжения нагрузки по-прежнему является весьма актуальной. В настоящей статье в качестве

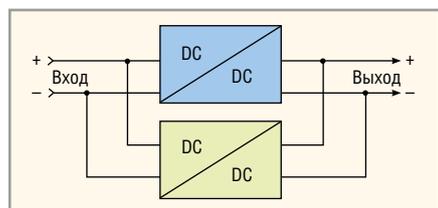


Рис. 1. Схема построения ИП РЭА с использованием двух DC/DC-преобразователей, соединённых параллельно по входу и по выходу

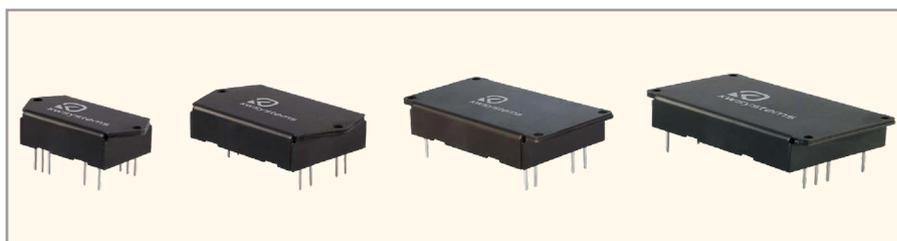


Рис. 2. Внешний вид модульных DC/DC-преобразователей серии KMP с выходной мощностью 25...200 Вт

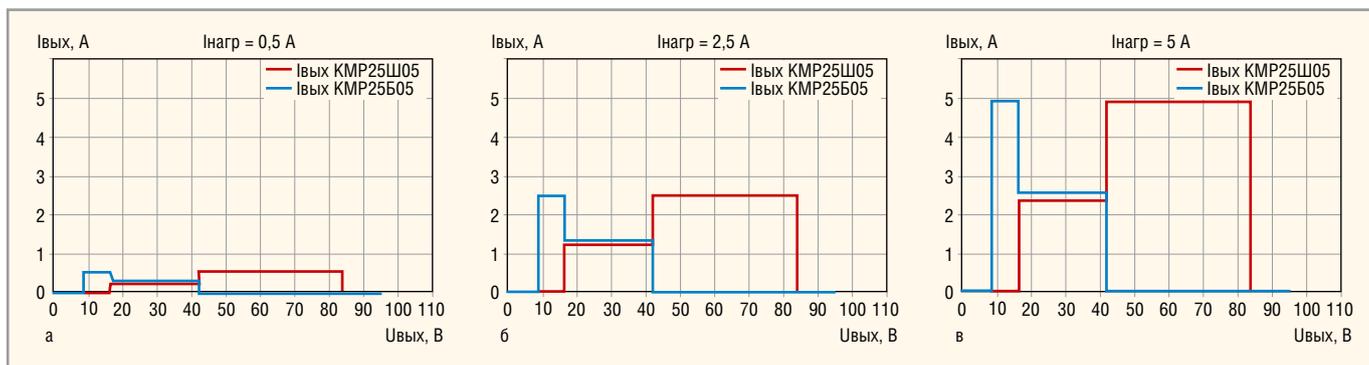


Рис. 3. Диаграммы работы ИП при различных значениях мощности постоянной нагрузки: а – при 10%-й выходной мощности; б – при 50%-й выходной мощности; в – при 100%-й выходной мощности

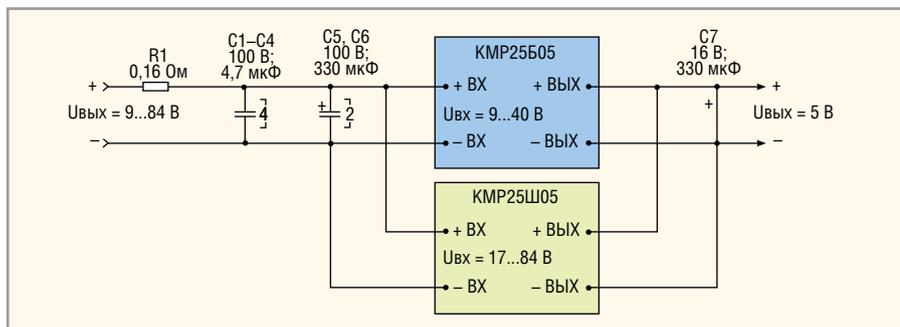


Рис. 4. Схема ИП на основе двух преобразователей KMP25Б05 и KMP25Ш05 с входным фильтром

Краткие характеристики изолированных преобразователей серии KMP

Наименование	Выходная мощность, Вт	Габаритные размеры без учёта фланцев и выводов, мм	Входное напряжение: диапазон установившегося значения / диапазон переходного отклонения, В
KMP25	25	20,2 × 30 × 10,15	«Б» 9...36 / 9...40; «Ш» 18...75 / 17...84; «Н» 36...166 / 36...180
KMP50	50	30,2 × 40 × 10,15	
KMP100	100	33,2 × 47,5 × 10,15	
KMP200	200	40,2 × 57,5 × 10,15	

решения этой проблемы представлен вариант построения ИП с использованием двух параллельно включённых по входу и по выходу унифицированных DC/DC-преобразователей (см. рис. 1).

Само по себе параллельное включение нескольких одинаковых преобразователей известно давно и достаточно широко используется для наращивания мощности в системах электропитания РЭА, а также в целях резервирования [7, 8]. Однако такое включение не обеспечивает расширения рабочего диапазона входного напряжения ИП.

Предлагаемый ИП состоит из двух унифицированных DC/DC-преобразователей с одинаковыми требуемыми для нагрузки выходными характеристиками и с различными, но перекрывающимися диапазонами допустимого входного напряжения. В номинальном диапазоне напряжения входной сети оба преобразователя работают в режиме примерно одинаковой, «половинной», мощности, причём выравнивание их выходных токов может быть как естественным, так и принудительным.

При значительных перепадах напряжения во входной сети, выходящих за границы допустимого диапазона входного напряжения одного из преобразователей, он отключается, и нагрузка получает полноценное энергоснабжение от второго преобразователя.

Для построения ИП РЭА, реализующего описанный выше принцип, были выбраны модульные DC/DC-преобразователи серии KMP производства «КВ Системы» [9], оснащённые быстродействующей защитой от пониженного и повышенного входного напряжения. В таблице приведены краткие характеристики этой серии изолированных преобразователей, а на рисунке 2 – их внешний вид.

Работа ИП, имеющего номинальный диапазон входного напряжения 17...40 В и выдерживающего длительные перепады входного напряжения в сверхшироком диапазоне до 9...84 В при различных значениях мощности постоянной нагрузки, иллюстрируется диаграммами на рисунках 3а, 3б и 3в.

Данный ИП реализован на унифицированных DC/DC-преобразователях KMP25Б05 и KMP25Ш05.

ИП работает следующим образом. Увеличение входного напряжения от нуля приводит к включению первого DC/DC-преобразователя KMP25Б05 при входном напряжении около 8,5 В. Поскольку напряжение включения второго преобразователя составляет около 16,5 В, нагрузка получает питание в диапазоне входной сети 8,5...16,5 В только от преобразователя KMP25Б05.

При достижении входным напряжением порога включения преобразователя KMP25Ш05 (при значении около 16,5 В), начинается совместная работа обоих преобразователей ИП и ток нагрузки распределяется между ними равномерно с погрешностью не более 10%. Дальнейшее увеличение входного напряжения приводит к выключению первого DC/DC-преобразователя KMP25Б05 при входном напряжении около 42 В, второй же продолжает работать вплоть до входного напряжения 84 В.

За счёт такого включения преобразователей система электропитания РЭА приобретает следующие преимущества:

- реализуется принцип резервирования (дублирования) электропитания РЭА в номинальном диапазоне напряжения входной сети;
- повышается надёжность работы преобразователей, поскольку в номинальном диапазоне напряжения входной сети, то есть большую часть времени, каждый из них работает в облегчённом режиме;
- организовывается поочерёдная и совместная работа двух DC/DC-преобразователей, что приводит к охвату очень широкого рабочего диапазона напряжения входной сети;
- построение ИП осуществляется с использованием унифицированных,

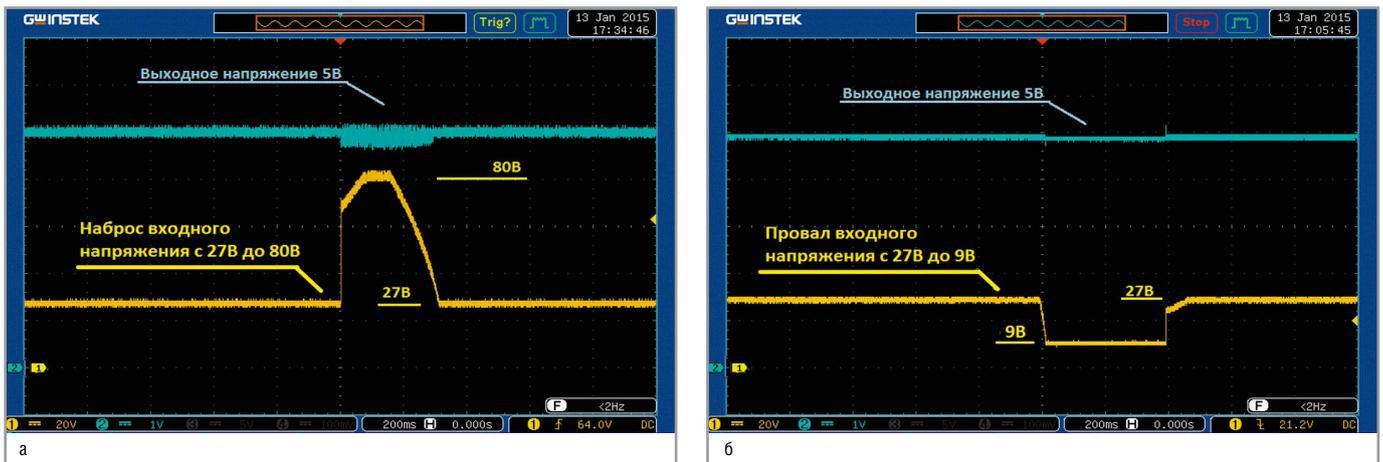


Рис. 5. Реакция ИП на импульсное перенапряжение и на скачкообразный провал входного напряжения
 а – при воздействии импульсного перенапряжения; б – при воздействии скачкообразного провала входного напряжения

а не специализированных модульных преобразователей.

Можно заметить, что в рассмотренном ИП ко входу DC/DC-преобразователя КМР25Б05 в диапазоне входной сети 42...84 В прикладывается напряжение, превышающее его максимальное рабочее значение. Однако схема мониторинга входного напряжения этого преобразователя блокирует его работу при аварийно высоких значениях входного напряжения, а в выключенном состоянии DC/DC-преобразователь способен выдерживать не менее чем двукратное перенапряжение по входу.

Защитой от пониженного и повышенного входного напряжения оснащены все DC/DC-преобразователи серии КМР производства «КВ Системы». Данная защита построена с использованием специализированной быстродействующей микросхемы мониторинга напряжения. Быстродействие применённой схемы защиты составляет около 30 мкс.

В практических условиях воздействия импульсных перенапряжений и скачкообразных провалов входного напряжения такого быстродействия может оказаться недостаточно. Для того чтобы быстродействие схемы мониторинга входного напряжения позволило ИП гарантированно выдерживать не только плавное, но и скачкообразное изменение входного напряжения, необходимо применение входного фильтра, растягивающего фронт нарастания входного напряжения. Пример ИП с таким фильтром представлен на рисунке 4.

В схеме фильтра имеется резистор R1 сопротивлением 0,16 Ом, включённый последовательно с входной сетью.

Он необходим для замедления фронта нарастания входного напряжения на конденсаторах фильтра до безопасной крутизны. Мощность, рассеиваемая на этом резисторе при номинальном входном напряжении и номинальной нагрузке, незначительна и составляет около $P_{\text{расс}} = I_{\text{вх}}^2 \times R1 = 0,2$ Вт, то есть менее 1% от КПД ИП. В большинстве прикладных случаев необходимое последовательное сопротивление фильтра набирается во входных цепях системы питания РЭА, и он не нуждается в установке.

На рисунках 5а и 5б приведены осциллограммы работы ИП, построенные с использованием двух преобразователей КМР25Б05 и КМР25Ш05 с входным фильтром в соответствии со схемой на рисунке 4 при воздействии импульсного перенапряжения и скачкообразного провала входного напряжения. При воздействии импульса входного напряжения от 27 до 80 В и при провале от 27 до 9 В ИП уверенно удерживает выходное напряжение 5 В.

Помимо того, что при номинальном диапазоне входного напряжения от 17 до 40 В представленный ИП с номинальной мощностью нагрузки 25 Вт выдерживает длительные перепады входного напряжения в диапазоне 9...84 В, он способен также отрабатывать и двукратную перегрузку в заявленном номинальном диапазоне входного напряжения. Максимальная выходная мощность ИП в диапазоне входного напряжения 17...40 В составляет 50 Вт.

Проведённые испытания построенного ИП РЭА со сверхшироким диапазоном входного напряжения подтвердили его высокие эксплуатационные характеристики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гончаров А., Негреба О. Модульные источники питания. Надёжная защита от импульсных помех. Электроника: Наука, Технология, Бизнес. 2010. № 7.
2. DC/DC-преобразователи напряжения IQ64xxxQGxxxx производства компании SynQor. Технические характеристики. www.synqor.com/Datasheets/IQ64xxxQGxxx_Datasheet.pdf.
3. DC/DC-преобразователи напряжения MGDDI-60 производства компании Gaia Converter. Технические характеристики. www.gaia-converter.com/docs/ds/MGDDI60W.pdf.
4. Гончаров А., Негреба О. Особенности применения модулей вторичного электропитания с расширенным диапазоном входного напряжения. Современная электроника. 2006. № 7.
5. Модули защиты от кратковременных переходных процессов PGDS-50 производства компании Gaia Converter. Технические характеристики. www.gaia-russia.ru/products/products-id=15.html.
6. High-Frequency Automotive Power Supplies. Maxim Integrated Products Inc., 17 July 2007. Application note 3893. www.maximintegrated.com/en/app-notes/index.mvp/id/3893.
7. Wu Chen, Xinbo Ruan, Hong Yan, Chi K. Tse. DC/DC-Conversion Systems Consisting of Multiple Converter Modules: Stability, Control, and Experimental Verifications. IEEE Transactions on Power Electronics. Vol. 24. № 6. June 2009.
8. Vogt T., Peters A., Fr bleke N., B cker J. Power Profile Based Selection and Operation Optimization of Parallel-Connected Power Converter Combinations. The 2014 International Power Electronics Conference.
9. DC/DC-преобразователи напряжения серии КМР производства компании «КВ Системы». Технические характеристики. www.kvsystems.ru/!kmp/c1buk.