

Безопасная и эффективная работа DC/DC конвертеров Aimtec

Артем Козлов, ООО «БИС ЭЛЕКТРОНИК»

E-mail: bis@bis-el.kiev.ua

В статье представлены простые и эффективные методы защиты от шумов и пульсаций в схемах с импульсными DC/DC преобразователями. Также показан способ определения рабочего (постоянного) напряжения изоляции конвертеров Aimtec.

Импульсные источники питания являются очень эффективными электронными средствами по сравнению с источниками питания линейного преобразования. Однако по своей природе импульсные преобразователи имеют один недостаток — шумы и пульсации, которые с выхода конвертеров могут негативно влиять на чувствительную схему всего устройства или на устройства, которые подключаются к таким источникам питания. К счастью для разработчиков существуют простые и недорогие методы эффективной борьбы с негативным влиянием шумов и пульсаций.

Входной шум на понижающих DC/DC преобразователях состоит из двух составляющих. Первая связана с основной операционной частотой конвертера, и это пульсации. Вторая представляет собой шумы, которые ассоциируются с высокочастотными составляющими импульсов.

Для обычных приложений, где шумы и пульсации не критичны, можно ограничиться конденсатором фильтра.

Применение только одного конденсатора обходится дешевле, чем LC фильтр. Однако такое решение имеет свое ограничение: слишком большая емкость системы может вызвать проблемы с запуском конвертера.

Емкость фильтра, как правило, является доминирующей в общей емкости системы, куда также входят емкости конденсаторов развязки, нагрузки и др.

При запуске системы выходной конденсатор еще не заряжен, и DC/DC конвертер «видит» большую потребность в выходном токе и для нагрузки, и для конденсатора фильтра.

Как правило, конвертеры оснащены схемой защиты от перегрузки по току, которая при большой потребности в выходном токе отключает конвертер, а встроенная схема авторестарта будет его перезапускать. Продолжение циклов защиты-перезапуска может привести к необратимым повреждениям конвертера.

Если ток заряда конденсатора будет незначительным по сравнению с током нагрузки системы, то и выходной ток конвертера не сможет сразу превысить своего максимально допустимого значения, и защита не будет срабатывать. Поэтому для преобразователей большой мощности проблема емкости выходного фильтра, как правило, не возникает, в то время как для маломощных конвертеров она уже требует особого подхода.

Ниже представлено руководство для расчета максимальной емкости на-

грузки конвертера, которая не вызовет его повреждения из-за постоянных «рестартов».

Общий выходной ток преобразователя состоит из тока заряда конденсатора и рабочего тока:

$$I(\text{общая}) = I(\text{конд}) + I(\text{раб}).$$

Пока общий выходной ток не превышает свой максимально допустимый предел, никаких причин для беспокойства за работу конвертера не должно возникать.

Ток заряда конденсатора определяется соотношением:

$$I(\text{конд}) = C \cdot [\Delta V / \Delta T],$$

где C — емкость конденсатора в фарадах; ΔV — изменение выходного напряжения в вольтах; ΔT — время нарастания напряжения на входе конвертера в секундах.

Для эксперимента возьмем самый худший вариант времени нарастания напряжения на конвертере, т.к. по сути это время, за которое конвертер пытается зарядить полностью разряженный конденсатор.

Допустим, что $C = 10 \text{ мкФ}$, $\Delta V = 5 \text{ В}$ и $\Delta T = 10 \text{ мкс}$, тогда $I(\text{конд}) = 5 \text{ А}$. Но, например, при $\Delta T = 10 \text{ мс}$, $I(\text{конд}) = 5 \text{ мА}$.

Как видим, корень проблемы находится во времени запуска конвертера. Поэтому, кроме ограничения емкости выходного конденсатора, можно добавить дополнительный конденсатор на вход преобразователя для замедления его запуска. Инженеры компании

Таблица 1. Значения внешних конденсаторов фильтра для конвертеров с одним выходом

Вход, VDC	Входной конденсатор, мкФ	Выход, VDC	Выходной конденсатор, мкФ
5	4.7	5	10
12	2.2	9	4.7
24	1	12	2.2
–	–	15	1

Таблица 2. Значения внешних конденсаторов фильтра для конвертеров с двойным выходом

Вход, VDC	Входной конденсатор, мкФ	Выход, VDC	Выходной конденсатор, мкФ
5	4.7	5	4.7
12	2.2	9	2.2
24	1	12	1
–	–	15	0.47

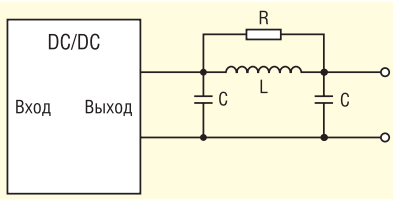


Рис. 1. Схема простого П-фильтра на выходе DC/DC конвертера

Aimtec рекомендуют уже подобранные значения конденсаторов фильтра под стандартные номиналы входного и выходного напряжения DC/DC конвертеров (см. табл. 1, 2).

Еще одним вариантом решения проблемы будет использование более мощного преобразователя — настолько мощного, чтобы ток заряда конденсатора не вызывал срабатывания его токовой защиты.

В некоторых приложениях имеются более жесткие требования к фильтрации шумов и пульсаций. В таких случаях необходимо использовать П-фильтр, который подключается к выходу DC/DC преобразователя (см. рис. 1).

При создании простого П-фильтра нужно начинать с выбора дросселя по току, значение которого должно быть в два раза больше значения максимального выходного тока конвертера. Слишком большое значение индуктивности потянет за собой большое значение конденсатора, что только замедлит работу фильтра. Поэтому рекомендуется использовать дроссель с небольшим значением индуктивности, обычно это 1 мкГн.

Для определения требуемой минимальной емкости конденсатора воспользуемся следующим соотношением:

$$(V_{\max \text{ ripple}}/V_{\text{converter ripple}}) = XC/(XC + XL),$$

где $V_{\max \text{ ripple}}$ — максимально допустимый уровень пульсаций, $V_{\text{converter ripple}}$ — уровень пульсаций конвертера, $XC = 1/(2\pi fC)$; $XL = 2\pi fL$; f — операционная частота конвертера; C — емкость конденсатора, L — индуктивность дросселя.

Например, если $f = 500$ кГц, $L = 1$ мкГн, $V_{\text{converter ripple}} = 60$ мВ, а $V_{\max \text{ ripple}} = 10$ мВ (т. е. $V_{\max \text{ ripple}}/V_{\text{converter ripple}} = 0.17$), тогда

$$C_{\min} = [(1 - 0.17)/0.17] \cdot [1/((2\pi f)^2 \cdot L)].$$

Произведя вычисления, получим $C_{\min} = 0.49$ мкФ, следовательно можно использовать конденсаторы со стандартной емкостью 1 мкФ. Если же напряжение на выходе конвертера будет равно 5 В, то можно использовать конденсаторы, рассчитанные на напряжение 10 В.

На рисунке 1 показан фильтр с «идеальными» компонентами. В реальной жизни конденсаторы фильтра будут иметь реактивное сопротивление, поэтому для стабильной работы конвертера их нужно подбирать с максимально низким значением эквивалентного сопротивления (ESR).

Демпфирующий резистор, который присутствует на этой схеме, защищает фильтр от короткого замыкания до срабатывания защиты конвертера при перегрузках. Значение сопротивления этого резистора такое же, как собственное сопротивление дросселя $R = XL = 2\pi fL$.

СООТНОШЕНИЕ ТЕСТОВОГО НАПРЯЖЕНИЯ И РАБОЧЕГО НАПРЯЖЕНИЯ ИЗОЛЯЦИИ

Тестовые напряжения изоляции, которые приведены в даташитах на конвертеры Aimtec, определены только для ограниченных по времени тестовых испытаний. Обычно это не более 3 секунд или 1 минуты. Когда требуется узнать эксплуатационные возможности изоляции конвертеров для неограниченного по времени воздействия высокого напряжения, нужно пользоваться цифрами рабочего напряжения изоляции.

Согласно международному стандарту электробезопасности IEC950 можно осуществить пересчет тестового

Тестовое напряжение изоляции, В	Рабочее напряжение изоляции, В
1000	130
1500	230
3000	1100
6000	3050

напряжения изоляции в рабочее напряжение изоляции.

В таблице 3 приведены наиболее распространенные значения тестовых и соответствующие им значения рабочих напряжений изоляции.

В таблице 4 показано соответствие тестового постоянного напряжения изоляции длительностью 1 с и тестового постоянного напряжения изоляции на протяжении 1 мин., а также соответствующее им тестовое переменное напряжение изоляции длительностью 1 мин.

В таблице 5 представлено соответствие тестового переменного напряжения изоляции длительностью 1 с и тестового переменного напряжения изоляции на протяжении 1 мин., а также соответствующее им тестовое постоянное напряжение изоляции длительностью 1 мин.

«БИС ЭЛЕКТРОНИК», как официальный и давний представитель компании Aimtec в Украине, поддерживает обширный склад AC/DC и DC/DC преобразователей этого популярного производителя. Нашим постоянным заказчикам мы обеспечиваем стабильные поставки конвертеров, помощь при разработке и внедрении, а также весьма доступные цены.

**Для заказов обращайтесь, пожалуйста, в наш офис:
г. Киев, б. Лепсе, 4,
корпус 1, оф.402,
тел.: (044) 490-35-99,
факс: (044) 404-89-92,
http://www.bis-el.com**

СНУ

Тестовое напряжение изоляции, VDC, 1 с	Тестовое напряжение изоляции, VDC, 1 мин.	Тестовое напряжение изоляции, VAC, 1 мин.
500	400	250
1000	800	500
1500	1200	750
2000	1600	1000
2500	2000	1250
3000	2400	1500
4000	3200	2000
5000	4000	2500
6000	4800	3000

Тестовое напряжение изоляции, VAC, 1 с	Тестовое напряжение изоляции, VAC, 1 мин	Тестовое напряжение изоляции, VDC, 1 мин
500	350	565
1000	700	1130
1500	1050	1695
2000	1400	2260
2500	1750	2825
3000	2100	3390
4000	2800	4520
5000	3500	5650
6000	4200	6780