

**Королев Л.С., Гусев А.П., Николаев И.В.,  
Кондрашова А.В.**

*АО «НПП «Исток» им. Шокина»*

## **Способы обеспечения комплекса параметров вторичных источников электропитания блоков бортовых радиолокационных систем**

*Представлены практические результаты конструирования вторичных источников питания с использованием импульсных преобразователей напряжения с учетом особенностей применения их в блоках бортовых РЛС. Показана необходимость уменьшения уровня помех, излучаемых источником питания во внешнюю сеть питания и способы их уменьшения. Применение многокаскадного преобразования напряжения позволяет получить высокий КПД источника питания в целом при качестве выходного напряжения линейного преобразователя. Высокий КПД позволяет снизить перегрев блока при работе и значительно увеличить время непрерывной работы блока без использования принудительного охлаждения. Приведены структурная схема и фактические параметры 10-ти канального источника вторичного питания.*

**Ключевые слова:** Бортовая РЛС, вторичный источник питания, уровень излучаемых помех, КПД источника питания, фактические параметры.

Вторичными источниками питания будем считать внутренние источники питания блоков, входящих в бортовую систему.

Упоминание бортовых РЛС неслучайно.

Во-первых, современные бортовые системы РЛС содержат широкий набор радиотехнических систем чувствительных к качеству питающих напряжений.

Это, например, чувствительные к пульсациям и шумам питания такие узлы как приемник сигналов и малошумящий гетеродин, определяющие общий потенциал станции.

Во-вторых – современные РЛС системы содержат множество микропроцессорных узлов, которые наоборот являются источниками импульсных помех в сети электропитания питания устройств.

В-третьих – бортовая РЛС содержит большую номенклатуру блоков, каждый из которых имеет собственные вторичные источники питания, каждый из которых вносит свои помехи в общую линию питания.

В общем случае, частоты помех, вносимые в общую цепь питания каждым модулем, подключенным к сети питания, будут различны друг от друга. На нелинейных элементах модулей частоты помех будут преобразовываться в разностные и суммарные и, в итоге, в линии питания будет присутствовать практически сплошной частотный спектр напряжений помех. Таким образом, снижение уровня помех, вносимых в первичную цепь питания, становится одним из основных требований, предъявляемых к вторичным источникам питания.

Кроме того, к ВИП предъявляются и другие, традиционные требования:

1. Стабильное выходное напряжение, которое определяется следующими параметрами:
  - малые пульсации напряжения;
  - малый температурный дрейф выходного напряжения;

- малый уровень собственных шумов.
2. Обеспечение отдельных шин для питания аналоговых и цифровых устройств.
  3. Высокий КПД ВИП, определяемый назначением всего изделия.
  4. Минимально возможные габариты модуля ВИП.

Способ решения этих задач и будет показан в этом докладе на примере построения вторичного источника электропитания блока синтезатора гетеродинных частот приемника команд, бортовой РЛС.

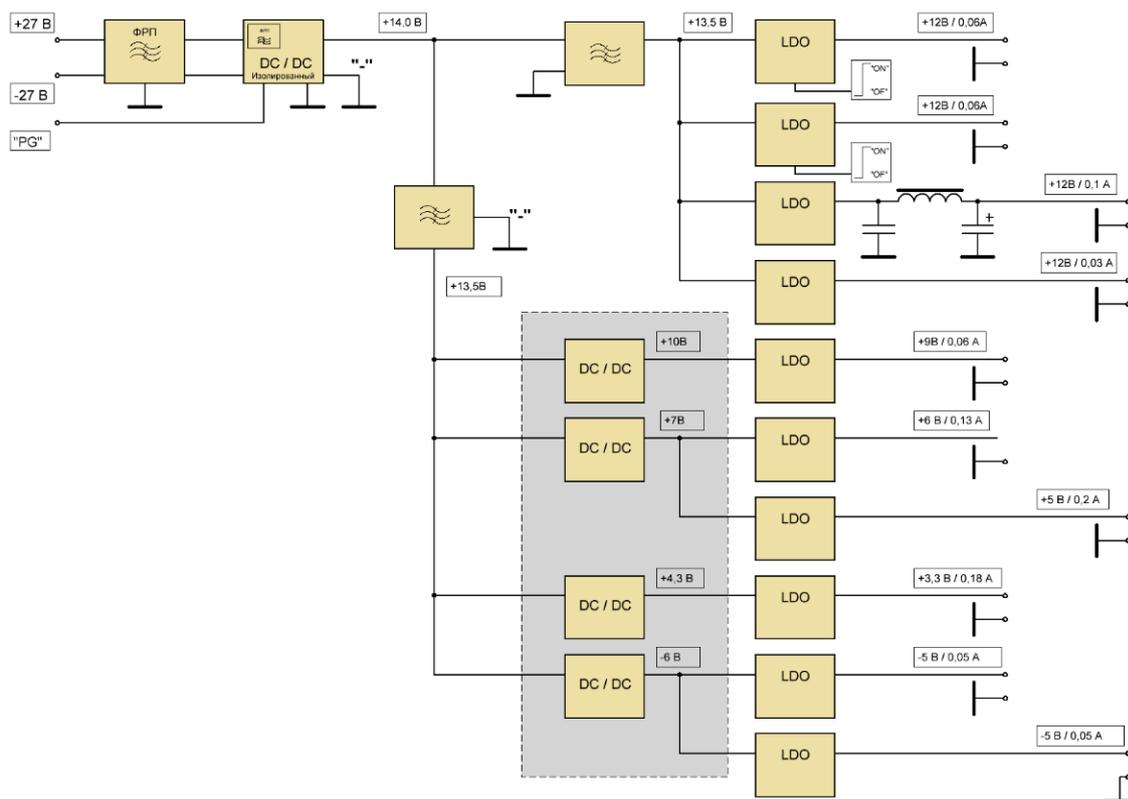


Рис.1. Структурная схема ВИП.

На рис.1 представлена структурная схема вторичного источника питания этого блока. Модуль ВИП обеспечивает 10 выходных напряжений для питания различных узлов синтезатора. Кроме обеспечения стабильных выходных напряжений, к некоторым из линий питания предъявляются дополнительные специальные требования.

По структурной схеме (рис.1) модуля ВИП объясним назначение узлов.

Стабильность выходных напряжений обеспечивается линейными стабилизаторами напряжения. Они обеспечивают достаточную точность стабилизации выходного напряжения, обладают малыми собственными шумами и малыми собственными потерями (LDO). Широкий диапазон входных напряжений этих микросхем позволяет использовать их напрямую от линии питания всей системы – 27 вольт. Однако, они не имеют изолированного от земли входа, что не приемлемо для использования в нашем случае. Кроме того, КПД такой системы при заданных выходных напряжениях, будет составлять – 18,5%. Таким образом необходимо будет отвести тепло мощностью примерно 25 ватт, при потребляемой мощности всего около 5 ватт.

Для обеспечения необходимого уровня помехозащищенности всей бортовой системы, Заказчик применил изолированную систему питания входящих в изделие блоков в которой проводники плюс и минус питания изолированы от земли. Это позволяет организовать

заземление линии питания в одной точке, максимально приближенной к источнику тока (батареи), что исключает появления контуров тока по «земле» изделия, и дает наилучшие результаты при борьбе с помехами. Кроме того, питание по изолированным от земли линиям позволяет более эффективно использовать помехоподавляющие фильтры, что существенно снижает уровни помех, передаваемых по цепям питания.

Остановимся более подробно на необходимости применения фильтров ЭМИ.

Известно, что рабочая частота преобразователей DC/DC зависит от тока нагрузки. Поэтому даже при использовании одинаковых преобразователей, рабочая частота каждого из них будет различна. Более того в современных преобразователях напряжения частоты преобразования специально изменяются в зависимости от тока нагрузки, для достижения максимального КПД. Таким образом, рабочая частота даже одинаковых преобразователей будет для каждого индивидуальна и изменяться в некоторых пределах. На выходе каждого импульсного преобразователя обязательно присутствуют пики напряжения следующих с частотой преобразования. Амплитуда этих импульсов напряжения может достигать 2 вольта пик-пик. При смещении этих напряжений помех преобразователей между собой, например, на защитных диодах на входе преобразователей или других нелинейных элементах системы, в линии питания мы будем иметь помеху практически непрерывного спектрального состава, в диапазоне частот от десятков килогерц до десятков мегагерц.

Для фильтрации этих помех необходимо применять фильтры ЭМИ, которые отфильтровывают напряжение помех на «землю» как по положительному проводу, так и по отрицательному отдельно, а также взаимные помехи.

Поэтому в ВИП был применен модуль изолированного преобразователя напряжения (DC/DC), который предварительно снижает входное напряжение до 14 вольт. Он имеет гальванически изолированный от «земли» вход и вход управления включением («PG»), что является требованием Заказчика. В составе модуля имеется встроенный фильтр ЭМИ, который снижает уровень вносимых в первичную сеть помех до стандартного уровня. В этом случае, КПД всего ВИПа получается 23%.

С применением преобразователя DC/DC мы получили необходимый набор функций по входу ВИПа и снизили уровень вносимых помех в первичную сеть, но КПД блока ВИП оказался довольно небольшим.

Для увеличения КПД блока ВИП применяем еще одно преобразование DC/DC. Для получения необходимых напряжений для дальнейшей стабилизации применили четыре DC/DC преобразователя. КПД каждого из них достигает 85%. С их помощью напряжение на входе линейных стабилизаторов предварительно уменьшается до минимально необходимого для дальнейшей стабилизации напряжения.

Современные стабилизаторы (LDO) обеспечивают хорошие выходные параметры при собственных потерях на стабилизацию 0,5-0,7 вольт. Учитывая широкий рабочий диапазон температур и добавив небольшой технологический запас, устанавливаем необходимое рабочее напряжение на входе LDO на один вольт больше, требуемого выходного напряжения. При этом мы получаем максимально высокий КПД линейных стабилизаторов и как следствие, минимальный тепловой перегрев LDO относительно корпуса блока.

Такая схема построения блока ВИП позволила получить общий КПД равный 48%, и более равномерно перераспределить источники выделения тепла на плате.

Уровень вносимых в первичную сеть питания модулем ВИП помех показан на рис. 2

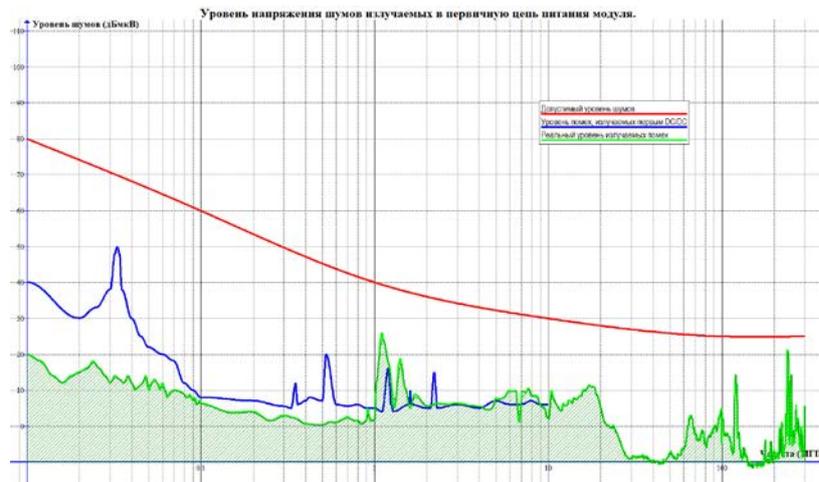


Рис.2. Уровень помех, вносимых в первичную цепь питания.

На графике рис.2:

- красная линия - заданные нормы излучения, вносимые в первичную сеть питания модуля;
- синяя линия - уровень помех, вносимых первым преобразователем в линию питания;
- зеленая линия – реальный уровень помех от модуля ВИП, в заданном диапазоне частот.

Как видно из графика, введение еще одной группы преобразователей, работающих на частоте примерно 1 МГц, добавило помеху в диапазоне этих частот. Кроме того, появились помехи на частоте примерно 120 МГц, связанные с работой других модулей синтезатора частот, питающихся от данного ВИПа, но тоже проникающих на вход источника питания. Для подавления этих помех применен еще один фильтр ЭМИ.

В заключение на рис.3 представлено изображение тепловой картины работающего модуля ВИП.

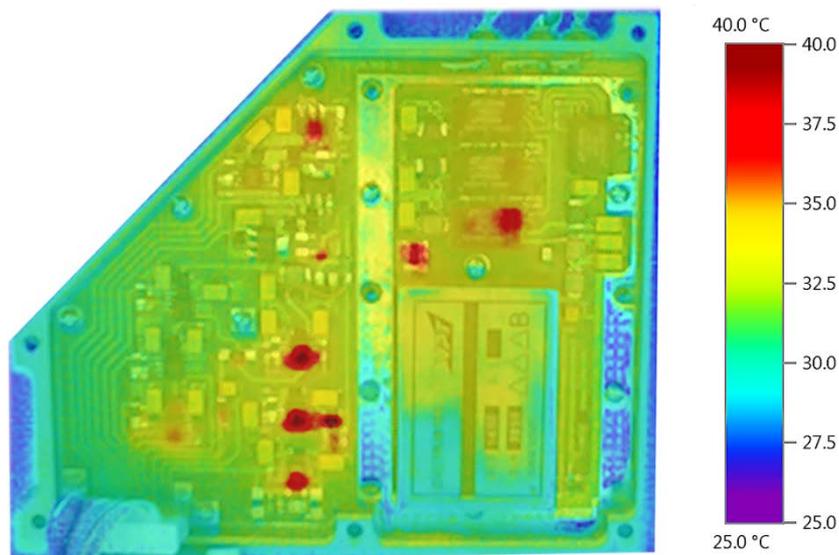


Рис.3. Распределение температуры в модуле ВИП.

Как видно на изображении, перегрев самых горячих элементов составляет не более 10 градусов.

Выводы:

1. Использование ступенчатого преобразования напряжения, с использованием DC/DC преобразователей позволяет повысить КПД модуля питания до 50%.
2. Использование изолированной от земли линии питания позволяет наиболее эффективно использовать ЭМИ фильтры и исключить появление контуров токов по земляной шине.
3. Использование линейных стабилизаторов позволяет получить наиболее стабильное и чистое от помех напряжение, по сравнению с использованием пассивных LC фильтров.