

Связанные индуктивности расширяют применение DC/DC-преобразователей

Публикуется с разрешения Texas Instruments (www.ti.com)

Джефф Фэйлин (Jeff Falin) (США)

Перевод Андрея Данилова

В статье описаны четыре схемы преобразователей напряжения постоянного тока, использующие преимущества связанных катушек индуктивности.

ВВЕДЕНИЕ

В последнее время производители катушек индуктивности начали выпускать готовые связанные катушки индуктивности. Состоящие из двух отдельных катушек индуктивности, намотанных на один сердечник, связанные катушки индуктивности обычно поставляются в упаковке такой же длины и ширины, как одиночная катушка такой же индуктивности, только немного выше. Цена связанной катушки индуктивности, как правило, также намного меньше, чем цена двух отдельных катушек. Обмотки связанной катушки индуктивности могут быть соединены последовательно, параллельно или как трансформатор. Эта статья посвящена четырём схемам DC/DC-преобразователей, которые удовлетворяют общим требованиям приложений со связанными катушками индуктивности.

Ясное понимание характеристик связанных катушек индуктивности является жизненно важным для полного использования их преимуществ. Большинство этих связанных катушек индуктивности имеет одинаковое число витков, т.е. коэффициент трансфор-

мации 1 : 1, но некоторые новые катушки имеют более высокий коэффициент трансформации. Коэффициент связи K связанных катушек индуктивности обычно составляет около 0,95, т.е. много меньше, чем коэффициент связи заказных трансформаторов (более 0,99). Взаимная индуктивность связанных катушек делает их функционирование отчасти неэффективным в обратноходовых схемах и может приводить к неидеальной (например, скруглённой вместо треугольной) форме сигнала на катушке. Кроме того, параметры связанной катушки индуктивности отличаются в зависимости от того, соединены ли её обмотки физически последовательно или параллельно. Например, когда обмотки соединены последовательно, эквивалентная индуктивность более чем в два раза больше паспортной индуктивности из-за взаимной индуктивности.

Паспортные параметры тока насыщения и с.к.з тока должны быть отнесены к току, протекающему одновременно через обе обмотки, если другое не указано в справочном листке. С этим пониманием параметров могут быть рассмотрены некоторые примеры ис-

пользования связанных катушек индуктивности в реальных схемах.

БОЛЕЕ ЭФФЕКТИВНЫЙ ОДНОФАЗНО-ИНДУКТИВНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ МЕНЬШЕЙ ПЛОЩАДИ

Известная топология однофазно-индуктивного DC/DC-преобразователя (SEPIC) была непопулярной до недавнего времени, несмотря на повсеместную потребность в преобразователе, способном регулировать выходное напряжение, которое может быть выше и ниже входного напряжения (например, нестабилизированный 12-вольтовый источник в виде сетевой вилки). Любой повышающий преобразователь или контроллер может быть сконфигурирован как однофазно-индуктивный, но это редко использовалось до настоящего времени. Два фактора способствовали вновь обретенной популярности однофазно-индуктивного преобразователя:

- производители ИС начали выпускать больше повышающих контроллеров с токовым управлением для упрощения коррекции;
- производители катушек индуктивности начали выпуск связанных катушек индуктивности в одном корпусе, который минимизирует общую площадь печатной платы преобразователя. В частности, площадь печатной платы источника питания многих устройств с двумя отдельными катушками индуктивности может быть уменьшена на треть, когда вместо них использована связанная катушка индуктивности.

На рисунке 1 показан однофазно-индуктивный преобразователь, использующий ИС типа TPS61170 (Texas Instruments) и катушку индуктивности Wuerth 744877220.

Преобразователь со связанной катушкой индуктивности с соотношением витков обмоток 1 : 1 заставляет пульсирующий ток через катушку распределяться между двумя обмотками, позволяя использовать половину ин-

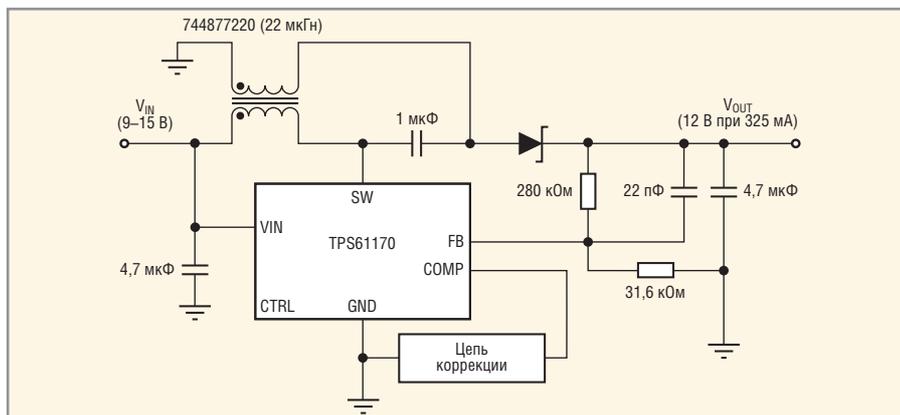


Рис. 1. Однофазно-индуктивный преобразователь, использующий ИС TPS61170 (TI) и катушку Wuerth 744877220

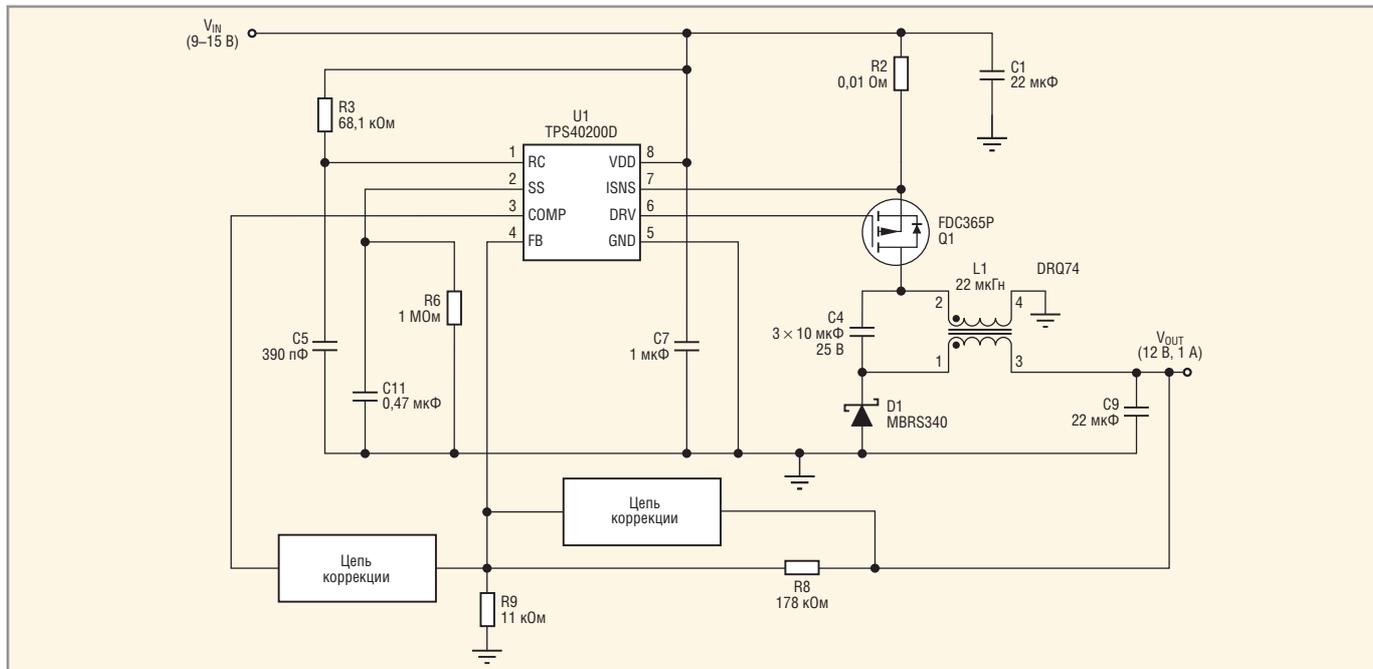


Рис. 2. Преобразователь ZETA с микросхемой TPS40200 (TI) и катушкой Coiltronics DRQ74

дуктивности, которую потребовали бы две отдельные катушки для такого же пульсирующего тока. По сравнению с двумя единичными катушками с вдвое большим значением индуктивности в корпусе того же размера, связанная катушка индуктивности имеет более низкое сопротивление постоянному току, что способствует повышению общей эффективности преобразователя. В частности, при 15-В входном напряжении, 12-В выходном напряжении и токе нагрузки 325 мА КПД однофазно-индуктивного преобразователя по схеме рис. 1 превышает 91%. Подробная информация приведена в [1].

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ С ВХОДНЫМ КЛЮЧОМ И МЕНЬШЕЙ ПЛОЩАДЬЮ ПЛАТЫ

Преобразователь ZETA обеспечивает такие же возможности понижения и повышения входного напряжения, как и однофазно-индуктивный, используя две катушки индуктивности и один проходной конденсатор, но при помощи понижающего контроллера вместо понижающего.

Рисунок 2 показывает ИС типа TPS40200 (TI) и катушку Coiltronics DRQ74 в конфигурации ZETA. Получая преимущество от расщепления пульсирующего тока в катушке индуктивнос-

ти, как и в преобразователе SEPIC, преобразователь ZETA требует половины индуктивности для того же значения пульсирующего тока. Также как и в преобразователе SEPIC, его полная площадь платы на треть меньше, чем с двумя отдельными катушками индуктивности. Поскольку выходной ток катушки протекает постоянно на выход преобразователя ZETA, выходное напряжение последнего имеет меньше пульсаций, чем в преобразователе SEPIC с той же индуктивностью. Таким образом, преобразователь ZETA может подходить для малошумящих приложений лучше, чем SEPIC. Подробнее об этом см. [2].

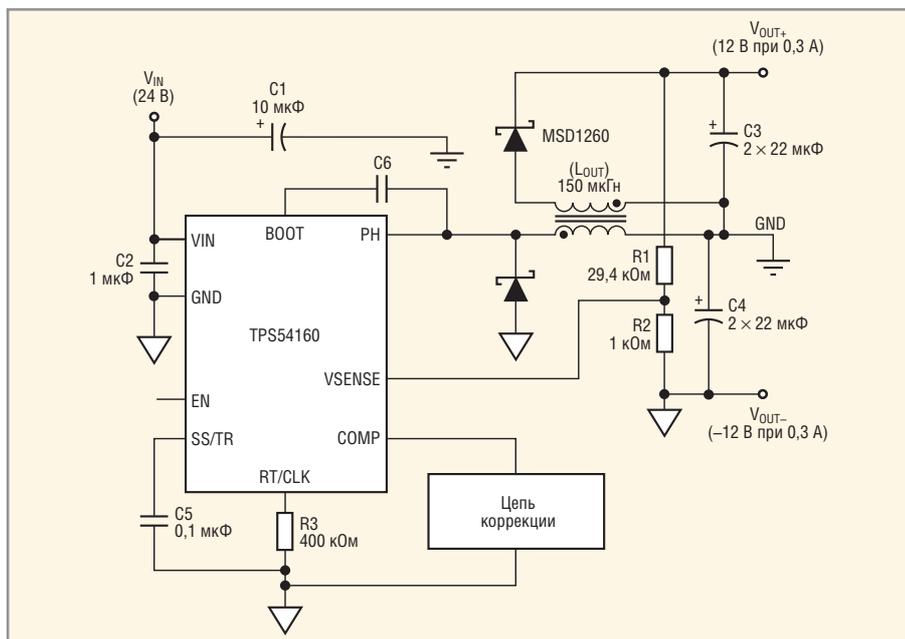


Рис. 3. Двухполярный понижающий преобразователь, использующий ИС типа TPS54160 (TI) и катушку Coilcraft MSD1260

ДВУХПОЛЯРНЫЙ ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ

Согласование плюсовой и минусовой шин питания является общим требованием в промышленных приложениях, особенно для усилителей. Понижающий преобразователь с широким диапазоном входного напряжения может быть сконфигурирован для формирования отрицательного выходного напряжения. Замена катушки индуктивности на связанную катушку и добавление диода и конденсатора превращает этот инвертирующий понижающий преобразователь в преобразователь с двухполярным выходом.

Рисунок 3 показывает ИС типа TPS54160 и катушку Coilcraft MSD1260 в 150 мкГн, использованные таким способом. Пока нагрузки на каждую шину примерно одинаковы, связанная ка-

тушка индуктивности помогает в обеспечении превосходной стабилизации напряжения на каждой шине, даже если стабилизируется разница между шинами вместо отдельной стабилизации каждой шины. Подробная информация приведена в [3].

БОЛЕЕ ВЫСОКОЕ ВЫХОДНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ

Выходное напряжение DC/DC-преобразователя с интегрированными полевыми транзисторами ограничено паспортным током переключения преобразователя. Присоединение связанной катушки индуктивности с отношением витков более 1 : 1 к выводу переключателя (SW) преобразователя может расширить эффективный диапазон выходного напряжения любого повышающего преобразователя. Например, рисунок 4 показывает ИС повышающего преобразователя TPS61040 (TI) с абсолютным максимумом паспортного тока при 30-В напряжении, обеспечивающую 35 В или более, и катушку индуктивности Coilcraft LPR4012-103B с соотношением витков 1 : 2. Когда связанная катушка индуктивности

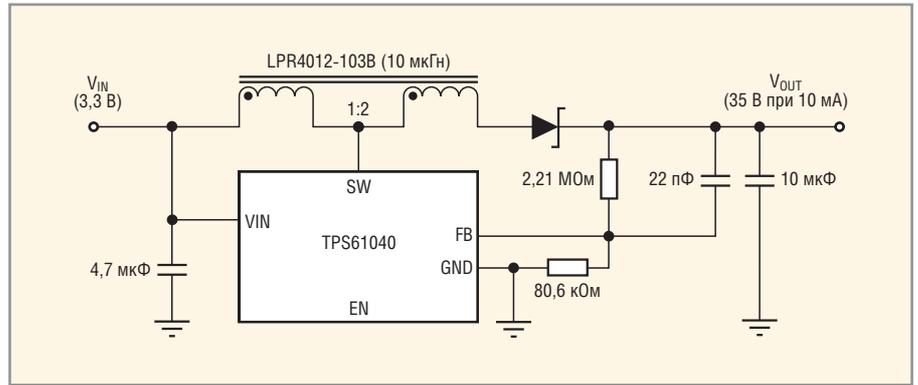


Рис. 4. ИС типа TPS61040 (TI) и катушка Coilcraft LPR4012-103B, обеспечивающие расширенное выходное напряжение

сконфигурирована повышающей обмоткой последовательно с диодом, катушка с одной обмоткой – и, следовательно, полевой транзистор преобразователя – имеет только треть выходного напряжения, за вычетом входного, на своих выводах.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Большинство производителей катушек индуктивности имеют какое-либо семейство связанных катушек с отношением витков 1 : 1 или более. Поэтому связанные катушки индуктивности могут расширить область примене-

ния для вашей микросхемы DC/DC-преобразователя.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Falin J.* Designing DC/DC converters based on SEPIC topology, Analog Applications Journal (4Q 2008), slyt309.pdf.
2. *Falin J.* Designing DC/DC converters based on ZETA topology, Analog Applications Journal (2Q 2010), slyt372.pdf.
3. *Daniels D.G.* Creating a split-rail power supply with a wide input voltage buck regulator, Application Report, slva369.pdf.
4. power.ti.com.
5. www.ti.com/sc/device/partnumber.

