

Дмитрий Тарасов | Сергей Титков | info@glholding.ru

Применение индуктивно-емкостной гальванической развязки в светодиодных драйверах

В настоящее время для передачи сигнала между цепями при условии их гальванической развязки чаще всего используется оптрон, а для передачи энергии между цепями — трансформатор. Для гальванической развязки выходных цепей импульсных источников питания (ИИП) используется импульсный трансформатор. Это многофункциональное устройство, обеспечивающее также и перенос энергии от импульсного преобразователя в выходные цепи и решающее задачу получения в них необходимых уровней напряжений и токов. Вместе с тем импульсный трансформатор является чаще всего самой дорогой деталью импульсного блока питания, на нем происходят существенные потери энергии, кроме того, он плохо поддается миниатюризации. Существуют многочисленные варианты ИИП, в том числе светодиодных драйверов, в конструкции которых отсутствует импульсный трансформатор, но их выходные цепи имеют гальваническую связь с входным напряжением, поэтому их применение ограничено. Гальваническая развязка выходных цепей импульсных источников питания необходима при питании их от сети переменного тока для предотвращения поражения электрическим током контактирующих с ними людей и защиты элементов схемы.

Специалистами компании «Good Luck»¹ (г. Тула) придуман и реализован способ гальванической развязки выходной цепи ИИП без применения импульсного трансформатора. Развязка по постоянному току и токам промышленной частоты в предложенном способе осуществляется при помощи разделительных конденсаторов, а развязка для токов собственных частот ИИП осуществляется при помощи разделительных индуктивностей. Кроме того, через разделительные конденсаторы происходит перенос энергии от ключевого каскада импульсного источника питания в его выходную цепь.

Принцип действия предлагаемого способа развязки поясняют рис. 1 и 2. Красным цветом показан один из возможных путей

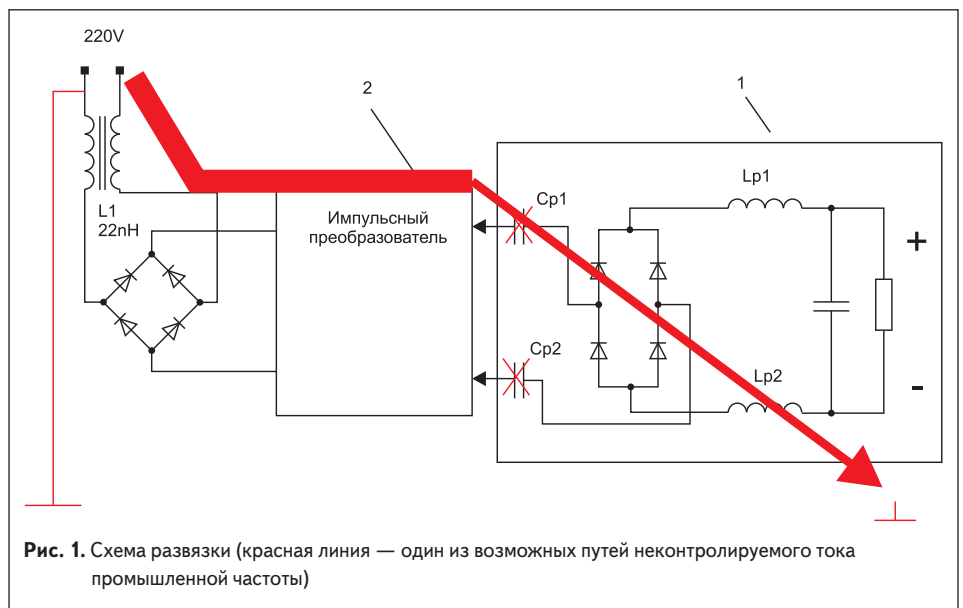


Рис. 1. Схема развязки (красная линия — один из возможных путей неконтролируемого тока промышленной частоты)

неконтролируемого тока промышленной частоты, наличие которого может привести к поражению людей, имеющих электрический контакт с выходной цепью, или выход

из строя элементов ИИП. Зеленым цветом показан один из возможных путей неконтролируемого тока собственной частоты импульсного источника питания.

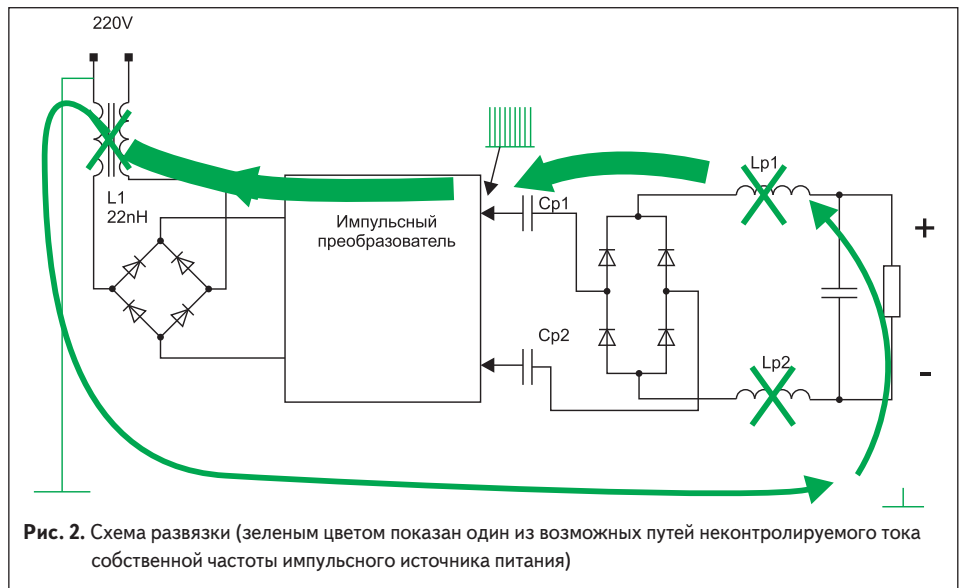


Рис. 2. Схема развязки (зеленым цветом показан один из возможных путей неконтролируемого тока собственной частоты импульсного источника питания)

¹ В ПС №3'2011 опубликовано описание разработанной специалистами этой компании неослепляющей светодиодной фары.

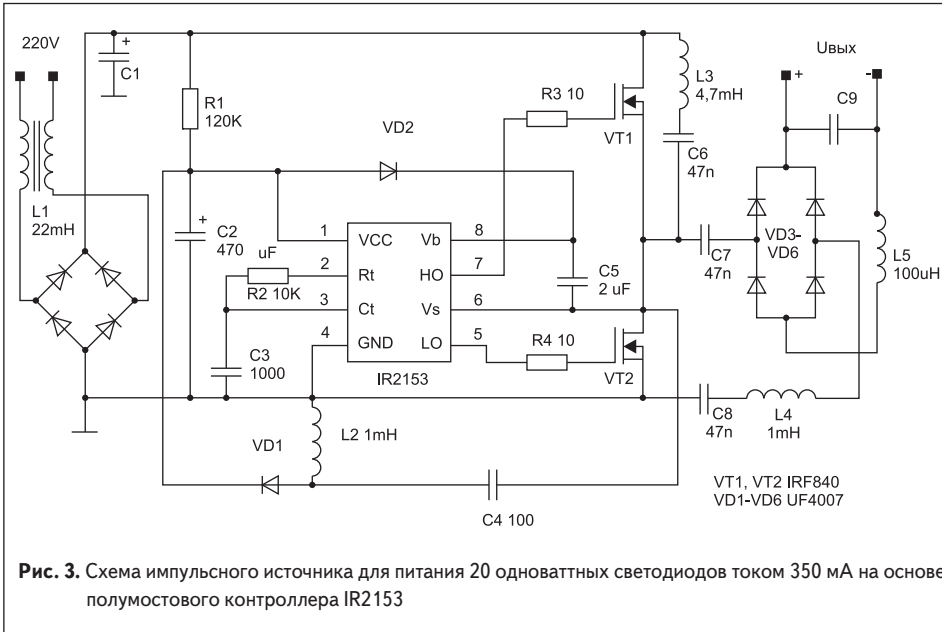


Рис. 3. Схема импульсного источника для питания 20 одноваттных светодиодов током 350 мА на основе полумостового контроллера IR2153

Отбор энергии от выходного каскада импульсного преобразователя в выходную цепь осуществляется при помощи разделительных конденсаторов C_{p1} и C_{p2} . Емкости этих конденсаторов выбраны так, что они представляют высокое сопротивление для токов промышленной частоты и практически полностью исключают их появление в выходной цепи (рис. 1). Например, при работе импульсного преобразователя на частоте 100 кГц значение емкостей C_{p1} и C_{p2} не более 47 нФ, реактивное сопротивление такой емкости на частоте 50 Гц составляет 67725,5 Ом, ток на частоте 50 Гц даже при их непосредственном подключении к источнику с напряжением 220 В составит всего около 3 мА. С увеличением частоты импульсного преобразователя до 500 кГц емкости конденсаторов C_{p1} и C_{p2} можно уменьшить до 10 нФ, соответственно возможный ток через них будет менее 1 мА.

Развязка для токов собственных частот импульсного преобразователя осуществляется разделительными индуктивностями L_{p1} и L_{p2} (рис. 2) и/или индуктивностями входного фильтра L . Например, при величине индуктивности входного фильтра 22 мГн ее сопротивление на частоте 100 кГц для импульсного тока составляет около 30 кОм, таким образом, даже непосредственное замыкание выходной цепи с промышленной сетью приведет к возникновению тока не более 10 мА.

Способ реализован в нескольких вариантах ИИП, показанных на рис. 3–8. На рис. 3 представлена схема импульсного источника для питания 20 одноваттных светодиодов током 350 мА на основе полумостового контроллера IR2153.

Частота работы ИИП устанавливается при помощи элементов R_2 , C_3 и составляет около 90 кГц. Применяв транзисторы с малой емкостью затвора, частоту можно повысить. Гальваническую развязку выходной цепи по постоянному току и току промышленной частоты от остальных элементов схемы обеспечивают разделительные конденсаторы C_7

и C_8 , развязку для токов собственных частот работы ИИП осуществляет индуктивность L_1 на его входе. Элементы C_4 , L_2 и VD_1 служат для питания контроллера. Элементы L_3 и C_6 необходимы для нормальной работы схемы без нагрузки, ток через индуктивность L_3 составляет единицы миллиампер.

Индуктивность L_4 рассчитана на ток не менее 1 А. Индуктивность L_5 облегчает режим работы выходной емкости C_9 , уменьшая в нем высокочастотные токи. Конденсаторы C_7 и C_8 должны иметь рабочее напряжение не менее 400 В и малые потери на высоких частотах. Некоторые модели конденсаторов, несмотря на заявленные производителями параметры, в данном случае вообще непригодны — при их применении на выходе источника питания удается получить ток не более 0,05 А. Для экспериментов можно использовать конденсаторы емкостью 47 нФ на рабочее напряжение 400 В, применяемые в электронных балластах энергосберегающих ламп. Величина выходного тока сильно зависит от параметров конденсаторов C_7 и C_8 и устанавливается изменением индуктивности L_4 .

На рис. 4 представлена схема ИИП на основе контроллера для обратноходовых преобразователей NCP1200. Как и в схеме с трансформаторным выходом, рекомендуемой производителем контроллера, он работает в режиме «старт-стоп», стабилизация выходного напряжения осуществляется благодаря обратной связи на оптопаре. Величина выходного тока зависит от индуктивности L .

На рис. 5 представлена схема светодиодного драйвера на основе микросхемы HV9910 с гальванической развязкой.

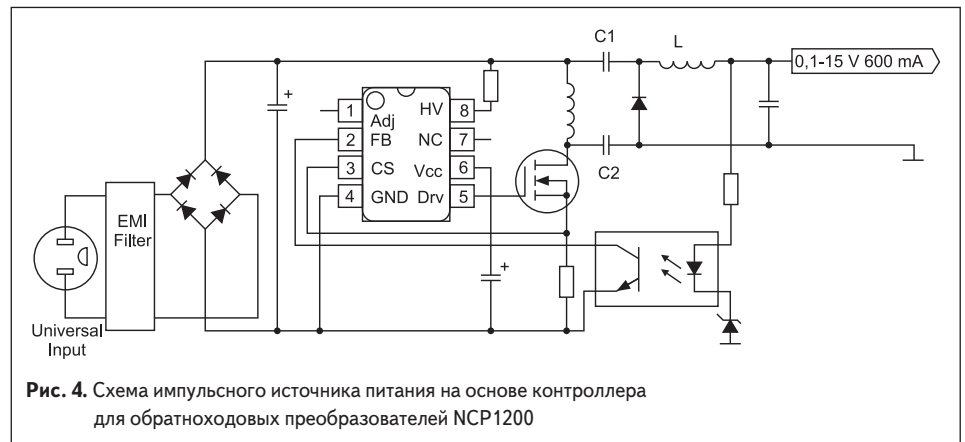


Рис. 4. Схема импульсного источника питания на основе контроллера для обратноходовых преобразователей NCP1200

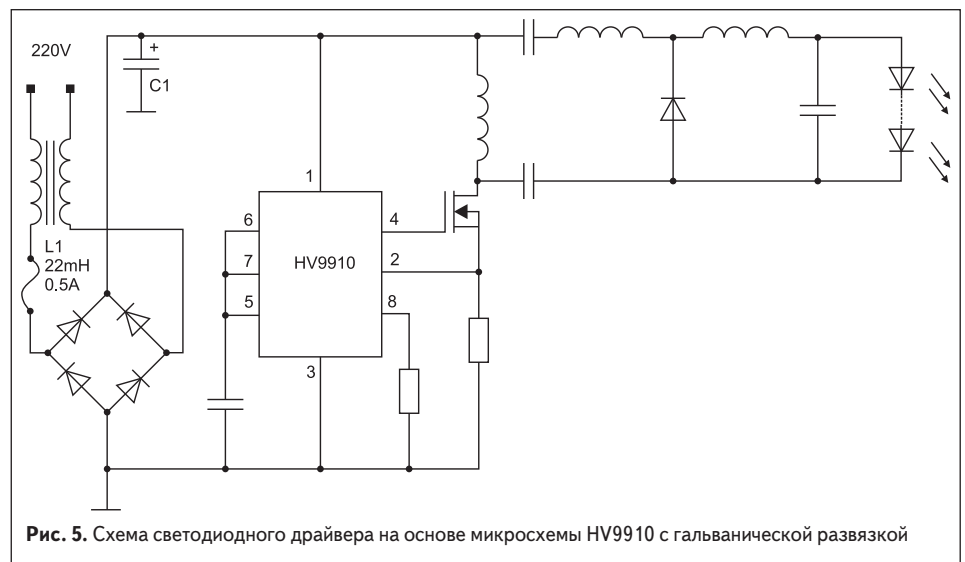


Рис. 5. Схема светодиодного драйвера на основе микросхемы HV9910 с гальванической развязкой

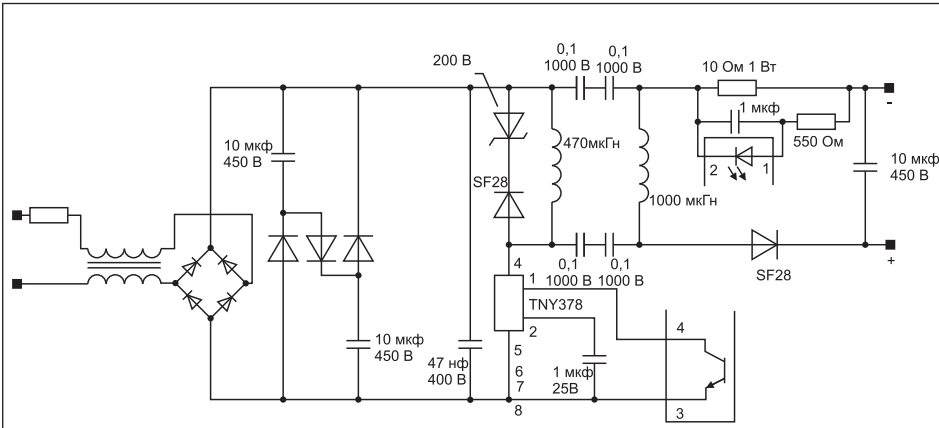


Рис. 6. Схема импульсного источника питания на основе контроллера для обратноходовых преобразователей TNY378

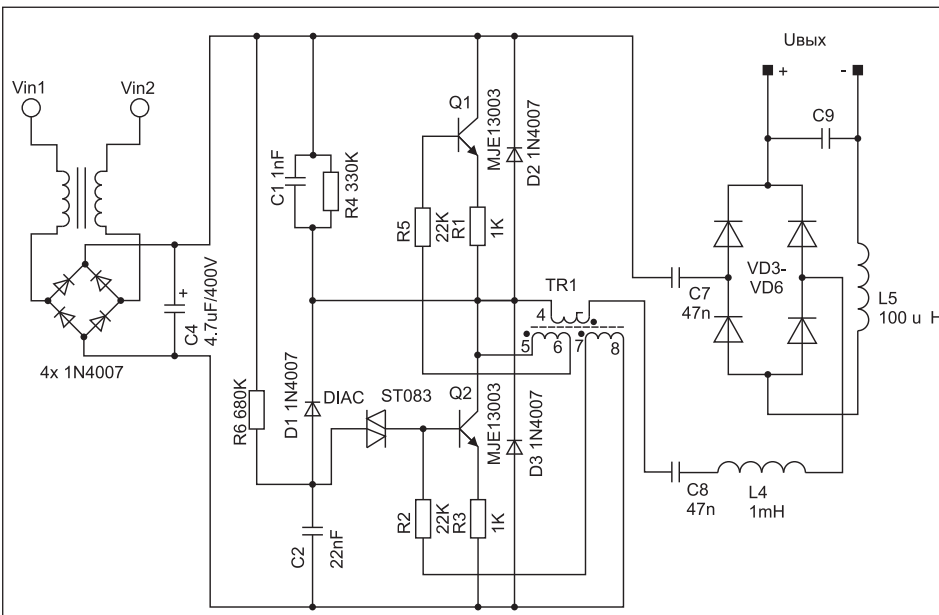


Рис. 7. Схема способа развязки в импульсных преобразователях

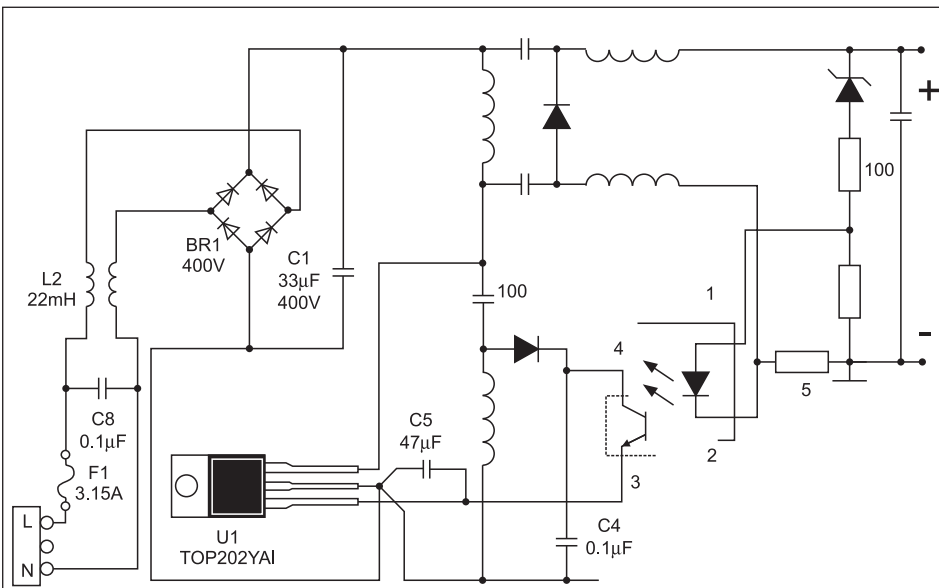


Рис. 8. Схема импульсного источника питания на основе контроллера для обратноходовых преобразователей типа TOP202

Этот драйвер достаточно дешев благодаря низкой стоимости HV9910 (около 20 руб. оригинал и около 7 руб. — китайский аналог), его применение в конструкции светодиодных ламп снизит их стоимость. При таком включении HV9910 из-за ее особенностей драйвер нельзя включать без нагрузки.

На рис. 6 представлена схема импульсного источника питания на основе контроллера для обратноходовых преобразователей TNY378. Контроллер работает на частоте 248 кГц. При указанных номиналах источник питания имеет следующие характеристики: выходной ток 0,12 А в диапазоне напряжений 0–200 В; КПД в указанном диапазоне напряжений 0,85–0,9; коэффициент мощности 0,75–0,93.

На рис. 7 показано применение способа развязки в импульсных преобразователях, применяемых в качестве электронного балласта в энергосберегающих лампах.

Очевидно, что в качестве драйверов для светодиодных ламп можно использовать отработанные схемы электронных балластов, что может существенно снизить их себестоимость.

На рис. 8 представлена схема импульсного источника питания на основе контроллера для обратноходовых преобразователей типа TOP202.

Предлагаемая гальваническая развязка получила название индуктивно-емкостной. Она является интеллектуальной собственностью компании «Good Luck», к настоящему времени получен патент на полезную модель и подана заявка на изобретение. На сегодня это первая альтернатива импульсному трансформатору, не имеющая аналогов в мире. По оценкам независимых экспертов, в ближайшие несколько лет индуктивно-емкостная гальваническая развязка вытеснит трансформаторную в первую очередь в малогабаритных импульсных источниках питания. Благодаря отсутствию импульсного трансформатора импульсный блок питания с индуктивно-емкостной развязкой мощностью до 10 Вт может уместиться буквально в сетевой вилке. Надежность индуктивно-емкостной гальванической развязки определяется в основном надежностью ее разделительных конденсаторов, рабочее напряжение которых необходимо выбирать в два-три раза выше амплитуды импульсов импульсного преобразователя. При использовании разделительных конденсаторов с малыми потерями КПД импульсного источника питания выше, чем у аналогичного с трансформаторной развязкой. Применение индуктивно-емкостной развязки позволяет существенно снизить цену на импульсные источники питания, так как импульсный трансформатор является одной из самых дорогих деталей. Все схемы, иллюстрирующие данную статью, в той или иной мере протестированы специалистами компании «Good Luck». Результаты тестирования подтверждают более высокий КПД импульсных источников питания с индуктивно-емкостной развязкой по сравнению с трансформаторной. На сайте компании www.glholding.ru размещены модели импульсных источников питания с предлагаемой гальванической развязкой с помощью симулятора электронных схем Multisim 10.