



Двухполярный сетевой импульсный блок питания ± 24 В/190 Вт

Максим Капитанов, г. Москва

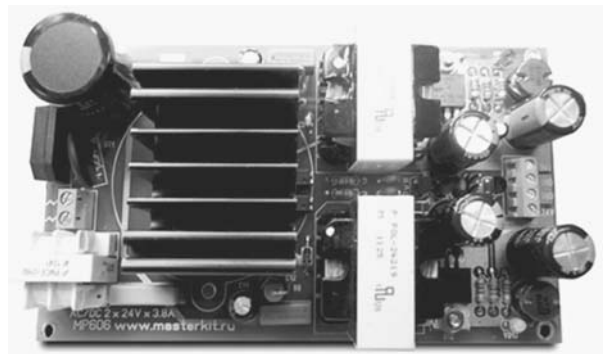
Наиболее простые сетевые обратноходовые преобразователи напряжения мощностью до 200 Вт могут быть собраны на трехвыводных микросхемах TOP227Y фирмы Power Integrations. В предлагаемой статье описаны работа этой МС, расчет преобразователей и пример исполнения преобразователя мощностью 190 Вт для питания мощных УМЗЧ.

В этой статье рассказано о принципах работы обратноходовых преобразователей на микросхемах семейства TOPSwitch-II [1, 2] фирмы Power Integrations и дано описание двухполярного сетевого импульсного блока питания ± 24 В/190 Вт на двух трехвыводных микросхемах (МС) TOP227Y этого семейства. В эту серию входят микросхемы TOP221-227, различающиеся мощностью. Все они содержат полный набор компонентов, необходимых для построения обратноходовых преобразователей импульсных БП.

Микросхемы семейства TOPSwitch-II выпускаются в корпусе TO-220 с тремя выводами или DIP-8. Расположение выводов микросхем этого семейства показано на рис. 1, а основные параметры приведены в табл. 1.

Схема, иллюстрирующая основные процессы в обратноходовом преобразователе, показана на рис. 2.

Часть периода работы преобразователя силовой ключ SW1 замкнут. Через него выпрямленное сетевое напряжение U_{IN} подается на первичную обмотку трансформатора T1, при этом ток через эту обмотку линейно нарастает. В течение другой части периода ключ разомкнут, и накопленная в сердечнике энергия передается через открытый выпрямительный диод VD1 в нагрузку. Если к моменту очередного открывания ключа ток через вторичную обмотку I_2 прекращается, реализуется режим с прерывистым магнитным потоком (рис. 3), если нет, то реализуется режим с непрерывным потоком (I_R , I_P , рис. 4). Отношение времени замыкания ключа к периоду обозначается буквой D и называется коэффициентом заполнения.



Для преобразователей на МС семейства TOPSwitch-II изготовитель рекомендует режим работы с непрерывным магнитным потоком. Такой режим отличается меньшим значением пикового тока I_P через первичную обмотку трансформатора и силовой ключ, но требует большего значения индуктивности первичной обмотки. Кроме того, в момент замыкания ключа диод VD1 открыт, и при его закрывании возникает кратковременный импульс тока большой амплитуды, что предъявляет повышенные требования к силовому ключу, цепям его защиты, допустимому импульсу обратного тока через выпрямительный диод VD1 и его быстродействию.

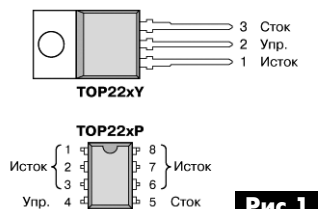


Рис. 1

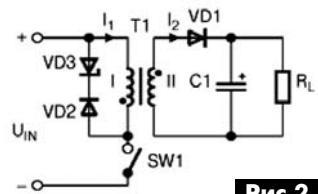


Рис. 2

Табл. 1

Параметр	Обозначение	Микросхема	Значение параметра			Единицы измерения
			Мин.	Тип.	Макс.	
Рабочая частота	f	—	90	100	110	кГц
Максимальный коэффициент заполнения	D_{MAX} (рис. 5)	—	64	67	70	%
Минимальный коэффициент заполнения	D_{MIN} (рис. 5)	—	0,7	1,7	2,7	%
Наклон кривой регулирования	S_D (рис. 5)	—	-21	-16	-11	%/мА
Внешний ток смещения	I_B (рис. 5)	—	0,8	2	3,3	мА
Входное сопротивление по выв. "Упр."	Z_C	—	10	15	22	Ом
Вытекающий ток по выв. "Упр."	I_{CNTR}	—	2	1,5	0,8	мА
Ток ограничения	I_{LIMIT}	TOP221Y	0,23	0,25	0,28	А
		TOP221P	—	—	—	
		TOP222Y	0,45	0,5	0,55	
		TOP222P	—	—	—	
		TOP223Y	0,9	1	1,1	
		TOP223P	—	—	—	
		TOP224Y	1,35	1,5	1,65	
		TOP224P	—	—	—	
		TOP225Y	1,8	2	2,2	
		TOP226Y	2,25	2,5	2,75	
Сопротивление сток-исток во включенном состоянии	$R_{DS(ON)}$	TOP227Y	2,7	3	3,3	Ом
		TOP221	—	51,4	60	
		TOP222	—	25,7	30	
		TOP223	—	12,9	15	
		TOP224	—	8,6	10	
		TOP225	—	6,4	7,5	
Пробивное напряжение сток-исток	—	—	700	—	—	В

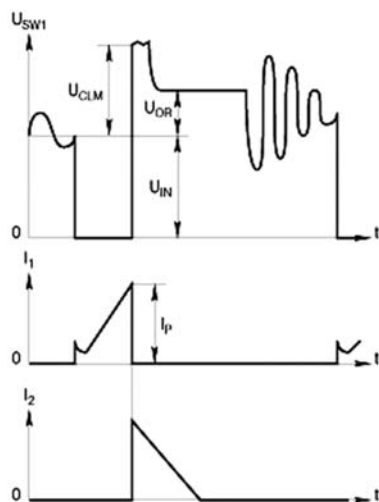


Рис.3

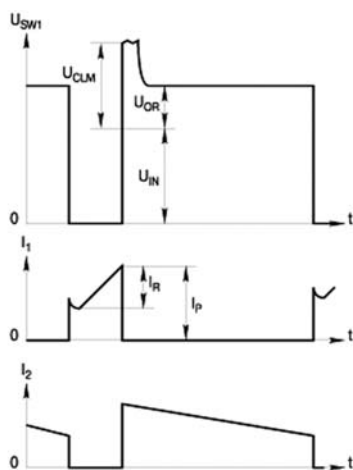


Рис.4

К разомкнутому ключу SW1 приложено напряжение U_{SW1} , состоящее из:

- выпрямленного напряжения сети U_{IN} ;
- суммарного напряжения на нагрузке U_{OUT} и диоде U_{VD1} , приведенного к первичной обмотке;
- выброса ЭДС на индуктивности рассеяния первичной обмотки трансформатора.

Сумму двух последних составляющих обозначают как U_{CLM} . Это напряжение ограничивается снаберной (демпфирующей) цепью VD2VD3.

Структурная схема MC семейства TOPSwitch-II показана на рис.5 (см. также [1]). Микросхема

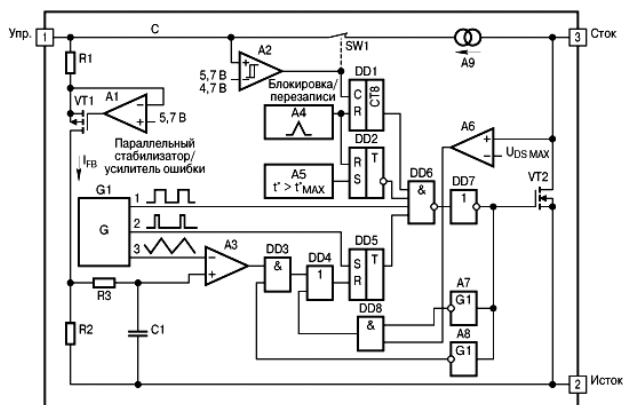


Рис.5

включает в себя мощный высоковольтный МДП-транзистор VT2 и все необходимые цепи его управления. Это, прежде всего, задающий генератор G1, работающий на фиксированной частоте 100 кГц, с трех выходов которого снимаются сигналы требуемой формы. Сигнал с выхода 1, поступающий на вход элемента «И-НЕ» DD6, определяет максимально возможный коэффициент заполнения (DMAX). Короткие импульсы с выхода 2 устанавливают триггер DD5 в единичное состояние, что включает (при отсутствии на двух верхних входах DD6 запрещающих сигналов) транзистор VT2. В нормальном режиме работы сброс триггера происходит по сигналу рассогласования с выхода компаратора A3. На один из его входов поступает напряжение треугольной формы с выхода 3 генератора G1, на другой – напряжение, пропорциональное напряжению на управляющем входе «Упр.» (вывод 1 MC) при превышении им уровня 5,7 В. Это реализует широтно-импульсную модуляцию (ШИМ) в преобразователе. Операционный усилитель A1, полевой транзистор VT1 и резисторы R1 и R2 обеспечивают стабильный нормированный коэффициент передачи сигнала превышения уровня 5,7 В на вход компаратора, а цепочка R3C1 совместно с внешними элементами цепи обратной связи – устойчивость петли авторегулирования. На рис.6 показана типовая зависимость коэффициента заполнения D от тока ICNTR через вход «Упр.» микросхемы.

Остальные элементы микросхемы решают вспомогательные, но очень важные для надежной работы устройства задачи. Триггер DD2 сбрасывается элементами узла A4 при включении, разрешая работу элемента DD6. При повышении температуры кристалла MC сверхдопустимой, сигнал с выхода узла тепловой защиты A5 устанавливает триггер DD2 в единичное состояние, и сигнал с его инверсного выхода запрещает включение транзистора VT2.

Компаратор A6 сравнивает падение напряжение на канале сток-исток включенного транзистора VT2 с максимально допустимой величиной $U_{DS MAX}$. В результате, если в аварийной ситуации ток через транзистор VT2 превысит заданный уровень, выходной сигнал компаратора A6 сбросит триггер DD5 и закроет транзистор. При нормальной работе преобразователя в режиме непрерыв-

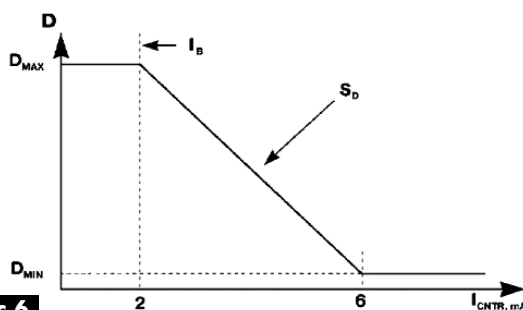


Рис.6



ного магнитного потока в момент включения транзистора VT2 возникает упоминавшийся выше кратковременный импульс тока стока, вызванный восстановлением обратного сопротивления выпрямительного диода во вторичной цепи преобразователя напряжения. При этом, хотя компаратор A6 срабатывает, это не приводит к сбросу триггера DD5 за счет кратковременного сигнала запрета, поступающего на вход элемента DD8 с выхода узла маскирования переднего фронта импульса A7.

Узел A8 не дает сбросить триггер DD5 сигналом с выхода A3 в течение некоторого времени после установки DD5 в единичное состояние, гарантируя минимальную длительность времени включенного состояния транзистора VT2 и обеспечивая минимальное значение коэффициента заполнения DMIN (рис. 6).

Генератор тока A9 обеспечивает питание микросхемы в момент пуска.

Упрощенная схема обратного преобразователя на микросхеме TOP227Y показана на рис. 7.

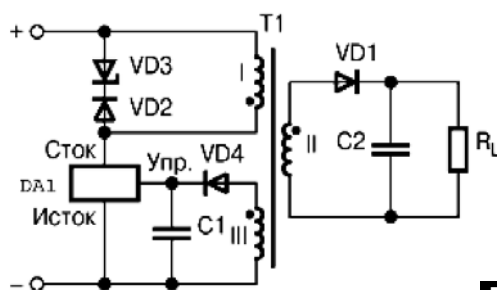


Рис. 7

При подаче питания напряжение на конденсаторе C1 равно нулю, и он относительно медленно заряжается через генератор тока A9 и замкнутый ключ SW1 (рис. 5), как это показано на верхнем графике рис. 8, а.

Когда напряжение на конденсаторе достигает величины 5,7 В, компаратор A2 закрывает ключ SW1 и конденсатор C1 начинает разряжаться на элементы микросхемы. Импульсы с генератора G1 поступают на затвор транзистора VT2, и преобразователь

начинает работать. Нижний график на рис. 8, а демонстрирует упрощенную форму напряжения сток-исток U_{DS} ключевого транзистора микросхемы. Напряжение на конденсаторе C2 повышается, и когда оно приблизится к номинальному, амплитуда импульсов на обмотке обратной связи III трансформатора T1 станет достаточной для срабатывания микросхемы по входу «Упр.», преобразователь выходит на рабочий режим. Элементы микросхемы, образующие широтно-импульсный модулятор, поддерживают коэффициент заполнения D на таком уровне, чтобы напряжение на входе «Упр.» было близко к 5,7 В.

Если во вторичной цепи есть короткое замыкание или перегрузка, амплитуда импульсов на обмотке III не достигнет необходимой величины, и конденсатор C1, разрядившись до напряжения 4,7 В (верхний график на рис. 8, б), переключит компаратор A2. Компаратор, в свою очередь, замкнет ключ SW1 и переключит счетчик DD1 в новое состояние, что запретит прохождение импульсов тактового генератора G1 через элементы DD6 и DD7 на затвор VT2. Напряжение на конденсаторе начнет снова повышаться. После семи циклов заряда-разряда конденсатора C1 счетчик DD1 вновь разрешит прохождение импульсов через DD6, и произойдет новая попытка запуска преобразователя. В таком режиме время, в течение которого открыт выходной ключ преобразователя, в 20 раз меньше периода попыток запуска, что предотвращает перегрев его элементов и делает безопасными короткие замыкания во вторичной цепи. Когда перегрузка будет снята, преобразователь выйдет на рабочий режим.

На графиках рис. 9 показаны процессы в преобразователе при плавном повышении входного напряжения U_{IN} в нормальном режиме (временные участки 1), в режиме перегрузки по току (участок 2), а также при снижении входного напряжения до недопустимого уровня (участок 3). Графики U_{OUT} и I_{OUT} – выходное напряжение и выходной ток соответственно, нижний график – ток I_{CNTR} через вывод «Упр.» МК. Этот ток принято считать отрицательным, когда он вытекает из ми-

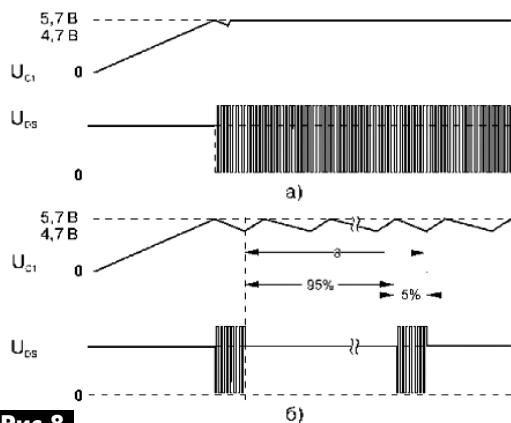


Рис. 8

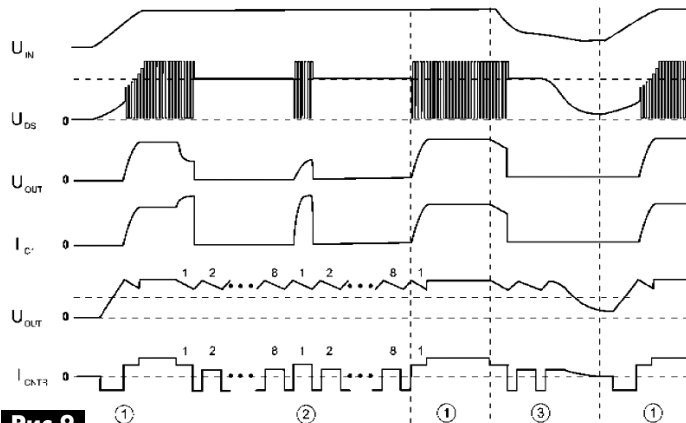


Рис. 9

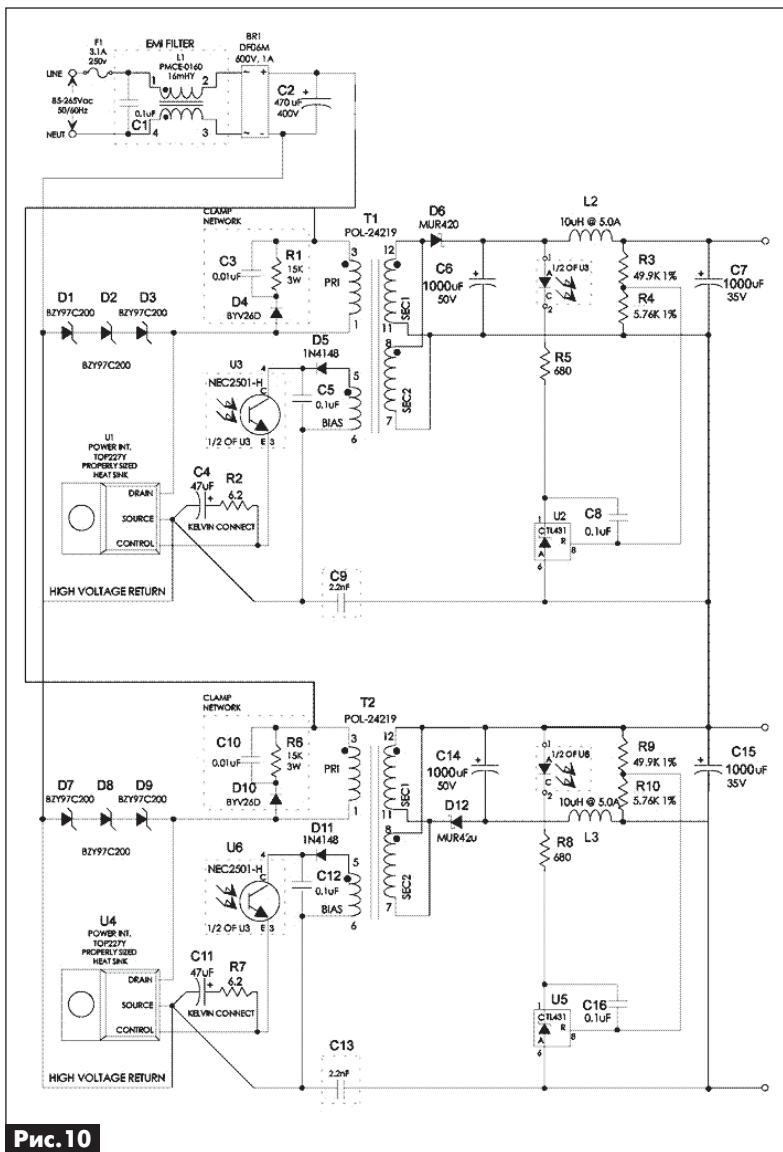


Рис. 10

кросхемы и заряжает конденсатор C1, и положительным, когда через этот вывод происходит питание микросхемы от конденсатора C1 или от обмотки III трансформатора T1.

Тепловое сопротивление кристалл-теплоотвод микросхем в корпусах TO-220 составляет 2 град./Вт.

Типовые параметры трансформатора для преобразователей на MC семейства TOPSwitch-II приведены в табл. 2.

Перейдем от теории к практике. Принципиальная электрическая схема двухполярного сетевого блока питания ±24 В/190 Вт типа NT606 от МАСТЕР КИТ на двух микросхемах TOP227Y в корпусе TO-220 показана на рис. 10. Эти микросхемы следует располагать на радиаторе (см. заглавное фото). В качестве трансформаторов в этом БП применены типовые трансформаторы POL-24219.

Печатная плата изготовлена из двухстороннего фольгированного стеклотекстолита размерами 140x80 мм. Ее чертежи показаны на рис. 11, а расположение деталей – на рис. 12.

Литература

1. TOP221-227. TOPSwitch-II Family. Three-terminal Off-line PWM Switch.
2. Бирюков С.А. Сетевые обратнo-ходовые источники питания на микросхемах серии TOP22x // Схемотехника. – 2002 – №7.

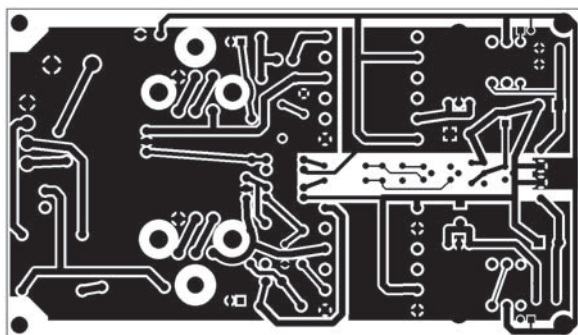


Рис. 11

Табл. 2

Параметр	TOP221	TOP222	TOP223	TOP224	TOP225	TOP226	TOP227
Индуктивность первичной обмотки, мкГн	8650	4400	2200	1475	1100	880	740
Индуктивность рассеяния первичной обмотки, мкГн	175	90	45	30	22	18	15
Сопротивление первичной обмотки, мОм	5000	1800	650	350	250	175	140
Сопротивление вторичной обмотки, мОм	20	12	7	5	4	3,5	3

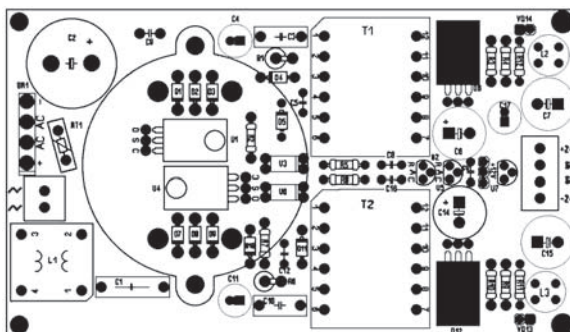


Рис. 12