

Изобретение относится к области преобразовательной техники и может быть использовано как преобразователь с высокими надежностью, нагрузочной способностью, КПД и электромагнитной совместимостью, в частности, при построении источников вторичного электропитания в качестве инвертора постоянного напряжения в высокочастотное переменное трапецевидной формы с последующим выпрямлением выходного напряжения, а также в качестве инверторной ячейки при построении мощных источников, в которых наращивание выходной мощности реализовано путем суммирования мощностей отдельных ячеек.

Известен преобразователь напряжения (Головацкий В.А., Гулянович Г.Н., Конев Ю.И. и др. Источники вторичного электропитания / Под ред. Ю.И. Конева. - 2 - е изд., перераб. и доп. - М.: Радио и связь, 1990. - С.127), выполненный на силовых транзисторах, зашунтированных обратными диодами и конденсаторами, в диагонали переменного тока которого включен последовательный резонансный контур.

Недостатками данного преобразователя являются низкие надежность функционирования и нагрузочная способность при широком диапазоне изменения тока нагрузки, обусловленные тем, что при изменении сопротивления нагрузки меняется резонансная частота контура, а следовательно, и режим работы всего преобразователя. Например, при настройке такого преобразователя на определенный ток нагрузки, режим холостого хода инвертором воспринимается как короткое замыкание для силовых транзисторов, что приводит к выходу их из строя.

Из известных инверторов наиболее близким по технической сущности является инвертор напряжения, описанный в работе Мкртчян Ж.А. Основы построения устройств электропитания ЭВМ. М.: Радио и связь, 1990. - С.66. Он выполнен по полумостовой схеме на силовых транзисторах с обратными диодами, подключенными параллельно силовым транзисторам, с коммутирующими конденсаторами, один вывод каждого из которых подключен к коллектору соответствующего силового транзистора, и коммутирующей индуктивностью, включенной в диагональ переменного тока инвертора последовательно с нагрузкой. Система управления инвертора содержит задающий генератор.

Описанное устройство характеризует низкая надежность функционирования при широком диапазоне изменения тока нагрузки от режима холостого хода до режима короткого замыкания, вследствие отсутствия регулирования момента отпирания силовых транзисторов в зависимости от величины тока нагрузки. Так, например, момент отпирания, установленный в промежутке времени, соответствующем выводу энергии из коммутирующего дросселя для большого тока нагрузки, когда коммутирующие конденсаторы быстро перезаряжаются, оказывается совершенно непригодным для малого тока нагрузки. В этом случае коммутирующий конденсатор не успевает разрядиться к моменту отпирания очередного силового транзистора, и последний разряжает его через себя. И, наоборот, момент отпирания, соответствующий малому току нагрузки, когда коммутирующие конденсаторы перезаряжаются медленно, при большом токе приводит к тому, что

конденсатор быстро разрядившись, начинает снова заряжаться так, что к моменту отпирания силового транзистора последний оказывается под высоким напряжением. Описанный недостаток в целом снижает надежность функционирования, нагрузочную способность и КПД инвертора, а также электромагнитную совместимость. Кроме того, существует вероятность выхода силовых транзисторов из строя вследствие повышенных динамических потерь в моменты переключения.

Задачей настоящего изобретения является создание такого инвертора напряжения, в котором осуществляется регулирование момента отпирания силового транзистора в соответствии с величиной тока нагрузки, что повышает надежность, нагрузочную способность и КПД инвертора в целом.

Поставленная задача достигается тем, что инвертор напряжения, выполнен по полумостовой схеме на силовых транзисторах с обратными диодами, подключенными параллельно силовым транзисторам, с коммутирующими конденсаторами, один вывод каждого из которых подключен к коллектору соответствующего силового транзистора, и коммутирующей индуктивностью, включенной в диагональ переменного тока инвертора последовательно с нагрузкой. Система управления инвертора содержит задающий генератор.

Новым является то, что каждое плечо инвертора дополнительно снабжено узлом регулирования задержки момента отпирания силового транзистора, первый вход которого подключен к задающему генератору, а первый выход - к цепи управления силового транзистора, первым и вторым датчиками тока, один вывод каждого из которых подключен к эмиттеру силового транзистора, при этом первый датчик тока включен последовательно с коммутирующим конденсатором, а второй - подключен ко второму выходу узла регулирования задержки, а также схемой сравнения, первый и второй входы которой подключены, соответственно, с первым и вторым датчиками тока, а выход подключен ко второму входу узла регулирования задержки момента отпирания силового транзистора.

Введение первого датчика тока позволяет получить информацию о величине тока нагрузки и длительности его протекания через коммутирующий конденсатор. Введение второго датчика тока дает информацию о состоянии цепи управления силового транзистора. Введение схемы сравнения дает возможность провести сравнительный анализ состояния силовой цепи и цепи управления, а также выработать сигналы запрета или разрешения отпирания силового транзистора. Введение узла регулирования задержки момента отпирания силового транзистора позволяет в соответствии с информацией о токе нагрузки и состоянии цепи управления осуществлять в широком диапазоне регулирование момента отпирания силового транзистора.

Благодаря этому, в инверторе напряжения включение силовых транзисторов происходит всегда при нулевых, а выключение при малых значениях напряжения на них, что значительно снижает динамические потери и обеспечивает формирование безопасной траектории их переключения, и, следовательно, значительно

повышает надежность функционирования, нагрузочную способность и КПД инвертора в целом.

На фиг.1 представлена структурная схема предложенного технического решения инвертора напряжения; на фиг.2 и 3 - соответственно, примеры выполнения принципиальных схем узла регулирования задержки и схемы сравнения; на фиг.4 - временные диаграммы, поясняющие принцип работы предложенного технического решения.

Предлагаемый инвертор напряжения, выполнен по полумостовой схеме на силовых транзисторах 1.1 и 1.2 с обратными диодами 2.1 и 2.2, подключенными параллельно силовым транзисторам, с коммутирующими конденсаторами 3.1 и 3.2, один вывод каждого из которых подключен к коллектору соответствующего силового транзистора, и коммутирующей индуктивностью 4, включенной в диагональ переменного тока инвертора последовательно с нагрузкой 5. Система управления инвертора содержит задающий генератор 6. Кроме того каждое плечо инвертора дополнительно снабжено узлом регулирования задержки 7.1 (7.2) момента отпирания силового транзистора 1.1 (1.2), первый вход 8.1 (8.2) которого подключен к задающему генератору 6, а первый выход 9.1 (9.2) - к цепи управления силового транзистора. Помимо этого, в каждое плечо инвертора введены первый 10.1 (10.2) и второй 11.1 (11.2) датчики тока, один вывод каждого из которых подключен к эмиттеру силового транзистора 1.1 (1.2). При этом первый датчик тока 10.1 (10.2) включен последовательно с коммутирующим конденсатором 3.1 (3.2), а второй 11.1 (11.2) - подключен ко второму выходу 12.1 (12.2) узла регулирования задержки 7.1 (7.2). Также в каждое плечо инвертора введена схема сравнения 13.1 (13.2), первый 14.1 (14.2) и второй 15.1 (15.2) входы которой подключены, соответственно, с первым 10.1 (10.2) и вторым 11.1 (11.2) датчиками тока, а выход подключен ко второму входу 16.1 (16.2) узла регулирования задержки 16.1 (16.2) момента отпирания силового транзистора 1.1 (1.2).

Узел регулирования задержки 7 может быть построен по схеме приведенной на фиг.2. Он содержит регулирующий транзистор 17, зашунтированный обратным диодом 18, режимный резистор 19, включенный между коллектором и базой транзистора 17, и конденсатор задержки 20, одним выводом подключенный к эмиттеру транзистора 17. Коллектор транзистора 17 является первым входом 8, база - вторым входом 16, эмиттер - первым выходом 9, а второй вывод конденсатора 20 - вторым выходом 12 узла регулирования задержки 7.

Схема сравнения 13 (фиг.3) может быть выполнена на транзисторе 21, эмиттер которого образует первый вход 14, базовая цепь - второй вход 15, а коллектор является выходом схемы сравнения.

В предложенном техническом решении инвертора напряжения обеспечивается такой принцип работы, при котором отпирание силовых транзисторов 1.1 и 1.2 происходит в промежутке времени, соответствующем выводу энергии из коммутирующего дросселя 4 через обратные диоды 2.1 и 2.2. Слежение за током нагрузки 5 и за состоянием цепей управления силовых

транзисторов осуществляется с помощью датчиков тока соответственно 10.1 (10.2) и 11.1 (11.2) информация с которых, обработанная схемами сравнения 13.1 (13.2), поступает на узлы регулирования задержки 7.1 (7.2), которые в свою очередь производят регулирование момента отпирания силовых транзисторов 1.1 (1.2).

Рассмотрим принцип действия предлагаемого инвертора, используя временные диаграммы, приведенные на фиг.4.

Задающий генератор 6 формирует два напряжения 22 и 23 типа "меандр", которые поступают соответственно на первые входы 8.1 и 8.2 узлов регулирования задержки 7.1 и 7.2. Процессы в схеме будем рассматривать для верхнего плеча инвертора, начиная с момента времени $t=0$, когда силовой транзистор 1.2 нижнего плеча, проводивший ток 24 коммутирующего дросселя 4, закрылся. Ток 24 коммутирующего дросселя 4, являющийся одновременно током первичной обмотки выходного трансформатора, сохраняя свое направление, начинает протекать через коммутирующие конденсаторы 3.1 и 3.2, разряжая конденсатор 3.1 и заряжая конденсатор 3.2. Ток разряда конденсатора 3.1 создает на первом датчике тока 10.1 напряжение 25, которое отпирает транзистор 21 схемы сравнения 13.1, тем самым формируя на ее выходе сигнал запрета 26. Сигнал запрета 26, поступая на вход 16.1 узла регулирования задержки 7.1, удерживает транзистор 17 в закрытом состоянии. При этом закрытый транзистор 17 не дает возможности начаться перезаряду конденсатора задержки 20, заряженному на предыдущем цикле до отрицательного напряжения 27. Таким образом, ток базы 28 силового транзистора 1.1 отсутствует и транзистор находится в запертом состоянии. В момент времени $t = t_1$ коммутирующий конденсатор 3.1 полностью разрядится, напряжение на нем 29 становится отрицательным и равным $U_{пр}$ диода 2.1, и ток 24 коммутирующего дросселя 4 переходит в цепь обратного диода 2.1. При этом напряжение 25 на первом датчике тока 10.1 также становится равным нулю и транзистор 21 схемы сравнения 13.1 приоткрывается, формируя на ее выходе сигнал невысокого положительного уровня 26. Этот сигнал приоткрывает транзистор 17 узла регулирования задержки 7.1, давая тем самым возможность начаться заряду конденсатора задержки 20. Ток заряда конденсатора 20 создает на втором датчике тока 11.1 напряжение 30, поддерживающее транзистор 21 схемы сравнения 13.1 на границе активного режима, до тех пор, пока в момент времени $t = t_2$ ток его базы не станет равным току $I_{б0тс}$, и транзистор закроется. На выходе схемы сравнения 13.1 при этом формируется разрешающий сигнал 26, полностью отпирющий транзистор 17 узла регулирования задержки 7.1. По мере заряда конденсатора задержки 20 напряжение 27 цепи управления силового транзистора 1.1 нарастает и в момент времени $t = t_3$ становится равным $U_{нас}$ база-эмиттерного перехода силового транзистора 1.1. В цепи управления силового транзистора 1.1 начинает протекать ток базы 28, и транзистор готов проводить ток нагрузки. Однако, ток коллектора 31 силового транзистора 1.1 остается равным нулю, вследствие продолжающегося

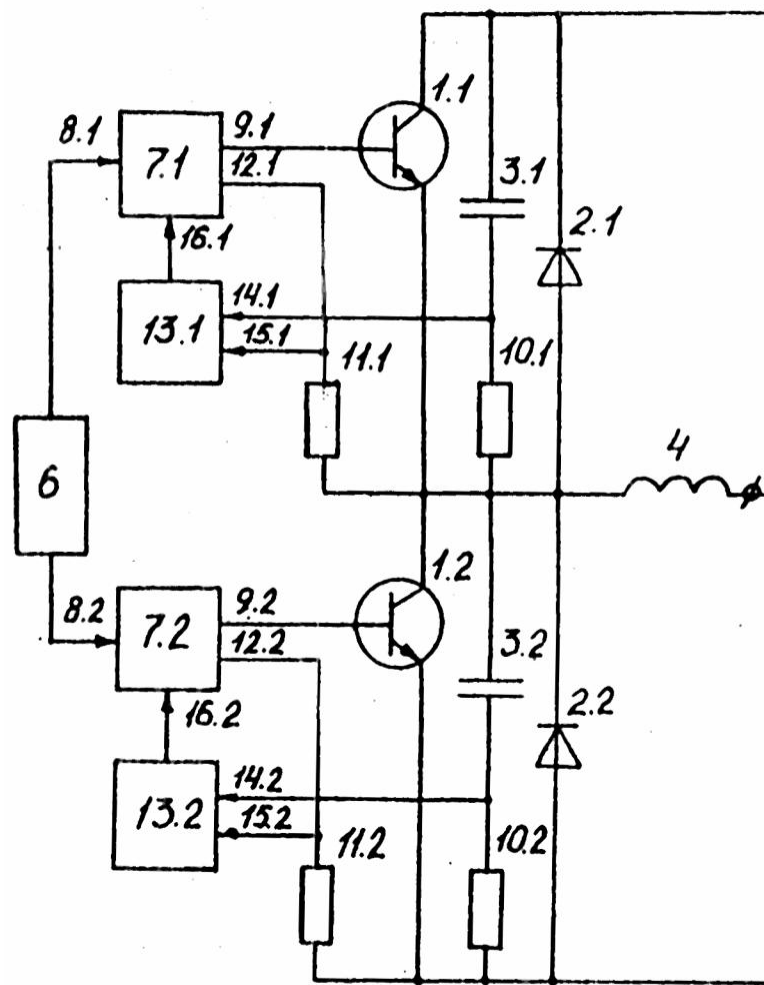
процесса вывода энергии из коммутирующего дросселя 4 через обратный диод 2.1. В момент времени $t = t_4$, когда этот процесс заканчивается, а ток 24 переходит через нуль, силовой транзистор 1.1 принимает на себя начало новой полуволны тока 24. В момент времени $t = t_5$ происходит активное запираение силового транзистора 1.1, путем подачи от задающего генератора 6 отрицательного напряжения 22 через обратный диод 18, конденсатор задержки 20 узла регулирования задержки 7.1 быстро перезаряжается до отрицательного напряжения также через диод 18, а ток 24 коммутирующего дросселя 4 теперь заряжает конденсатор 3.1 и разряжает конденсатор 3.2. Далее процессы в схеме протекают в нижнем плече инвертора аналогично приведенным в верхнем. При этом на выходе инвертора формируется напряжение трапецевидной формы 31.

Из вышеизложенного следует, что в зависимости от величины энергии, запасенной в коммутирующем дросселе 4, определяемом током нагрузки, меняется длительность перезаряда коммутирующих конденсаторов 3.1 и 3.2, а, следовательно, и промежуток времени, в течении которого схемы сравнения 13.1 и 13.2 формируют на своих выходах сигналы запрета узлам регулирования задержки 7.1 и 7.2, осуществляя тем самым регулирование момента отпирания силовых транзисторов 1.1 и 1.2.

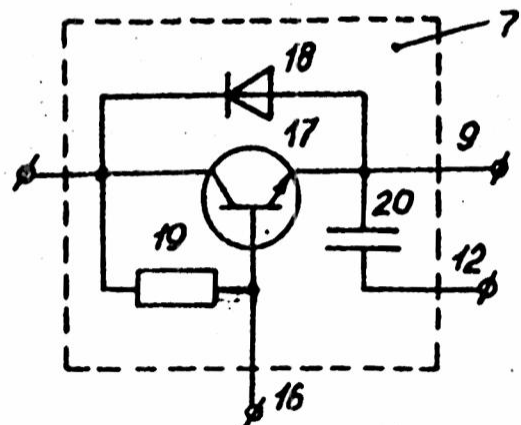
Так, например, при холостом ходе перезаряд коммутирующих конденсаторов происходит длительное время через индуктивности коммутирующего дросселя и первичной обмотки выходного трансформатора, что приводит к формированию максимальной задержки момента отпирания силового транзистора, длительность которой почти равна длительности полупериода управляющего напряжения. В режиме короткого замыкания коммутирующие конденсаторы быстро перезаряжаются только через индуктивность коммутирующего дросселя. При этом задержка момента включения силового транзистора становится минимальной.

Благодаря этому, в инверторе напряжения включение силовых транзисторов происходит всегда при нулевых, а выключение при малых значениях напряжения на них, что значительно снижает динамические потери и обеспечивает формирование безопасной траектории их переключения.

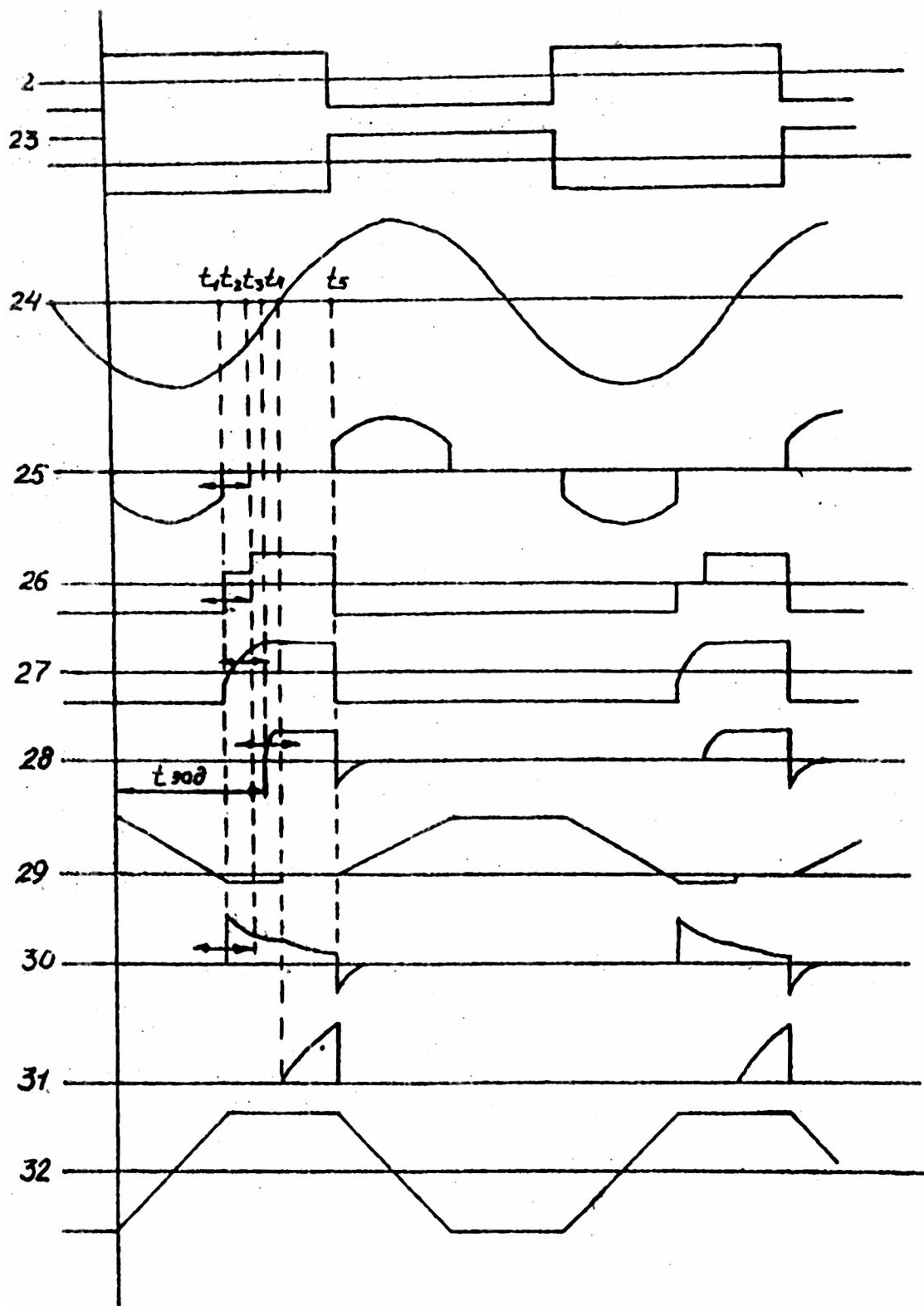
Таким образом, в предлагаемом инверторе напряжения значительно повышены надежность функционирования, нагрузочная способность и КПД за счет регулирования момента отпирания силовых транзисторов в зависимости от тока нагрузки.



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 4