

Схемотехника промышленных сварочных инверторов

Сергей Петров (г. Красноярск)

На примерах промышленных изделий известных фирм сделан обзор схемотехники силовой части источников сварочного тока инверторного типа.

В середине 1980-х годов ведущие производители сварочного оборудования освоили новый тип этого оборудования – инверторные источники сварочного тока (далее ИИСТ), использовавшие частоты преобразования 20...50 кГц, с силовыми транзисторами в качестве ключевых элементов. С этого момента и по сегодняшний день происходит активное вытеснение традиционных источников сварочного тока на основе трансформаторов промышленной частоты 50/60 Гц новым типом сварочного оборудования – ИИСТ.

Единственным серьёзным фактором, замедляющим этот процесс, является более высокая стоимость ИИСТ по сравнению с традиционным сварочным оборудованием, но прогресс силовой полупроводниковой элементной базы постепенно снижает этот ценовой барьер. В результате ИИСТ в настоящее время занимают всё большую долю рынка не только профессионального сварочного оборудования, но и устройств бытового

назначения. Более высокая энергетическая эффективность, прекрасные массогабаритные параметры и функциональность, недостижимые в традиционном, «низкочастотном» сварочном оборудовании, обеспечивают ИИСТ как техническое так и, постепенно, коммерческое превосходство.

Перед разработчиками возникает естественный вопрос о выборе оптимальной топологии (схемотехники) силовой части ИИСТ. Именно силовая часть мощного ключевого преобразователя, являющегося основой любого ИИСТ, и его конструктивная реализация определяют такие параметры, как надёжность, массогабаритные и энергетические показатели, масштабируемость модельного ряда и его технологичность. На примерах ИИСТ, выпускаемых ведущими в этой области фирмами-производителями, мы выясним, какая схемотехника используется наиболее известными в отрасли компаниями.

Из-за ограничения объёма журнальной статьи автор не будет рассматри-

вать специфические требования к ИИСТ, которые определяются той или иной технологией сварки. Ниже в основном будут обсуждаться ИИСТ, ориентированные на ручную дуговую сварку штучным электродом (технология MMA) и ручную дуговую сварку неплавящимся электродом в среде защитного газа (технология TIG). В качестве источников информации автор использовал техническую документацию производителей, размещённую на официальных интернет-страницах. Все приведённые электрические схемы изображены в упрощённом виде. Сохранены позиционные обозначения, принятые в оригинальной документации; номиналы элементов схем приводятся в том случае, если они присутствуют в технической документации на ИИСТ либо у автора была возможность непосредственно ознакомиться с конкретным ИИСТ.

ИНВЕРТОР MAXSTAR 151 ФИРМЫ MILLER ELECTRIC

Сварочный инвертор Maxstar 151 предназначен для сварки по технологии MMA и TIG при максимальном сварочном токе до 150 А [1]. Это достаточно старая модель начала 1990-х годов, но данная схемотехника используется фирмой Miller Electric и сегодня.

Схема силовой части этого ИИСТ приведена на рисунке 1 [2]. Это классический мостовой преобразователь на мощных МДП-транзисторах, конструктивно выполненных в виде полумостовых модулей M1 и M2. Известно [3], что паразитные диоды стандартных МДП-транзисторов (MOSFET и CoolMOS) не могут быть использованы в качестве рекуперационных приборов при работе с «жёстким» переключением на индуктивную нагрузку. Поэтому для исключения из работы внутренних паразитных диодов МДП-транзисторов применено стандартное решение: в стоки транзисторов включены блокирующие диоды (обычно, диоды Шоттки), а встроенные диоды заменены внешними антипараллельными диодами типа ULTRA-FAST.

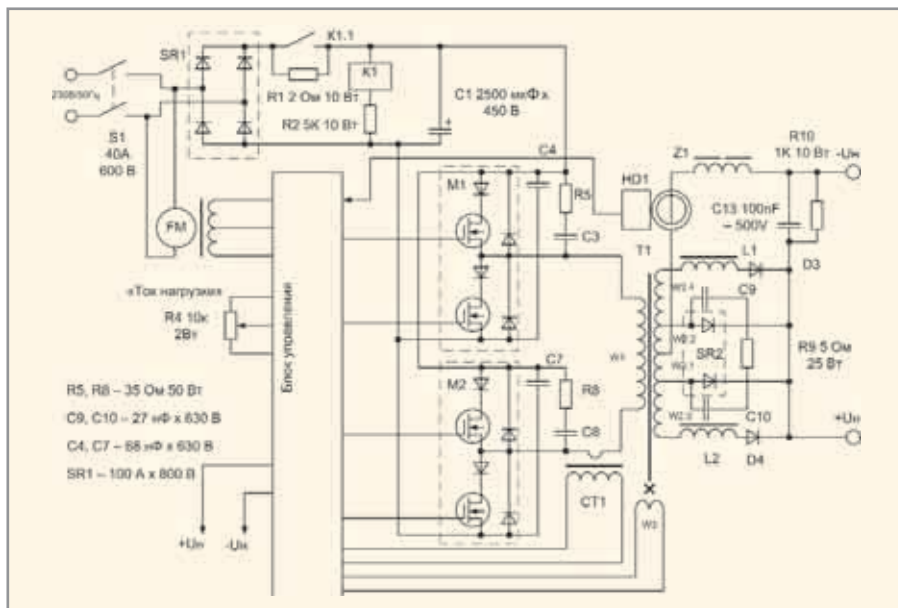


Рис. 1. Схема силовой части инвертора Maxstar 151

В современных моделях ИИСТ фирма Miller Electric использует более быстродействующие MOSFET-транзисторы без схемы исключения встроенных диодов, или транзисторы IGBT. Силовые транзисторы работают в режиме «жёсткого» переключения из-за отсутствия каких-либо демпферных цепей, снижающих коммутационные потери. Можно утверждать, что процесс включения транзисторов происходит достаточно «мягко» благодаря индуктивности рассеяния силового трансформатора, которая обычно составляет в преобразователях такого класса единицы микрогенри.

Для снижения паразитных колебаний на стороне первичной обмотки применены простейшие демпфирующие RC-цепи R5C3 и R8C8. Индуктивные выбросы напряжения на шинах питания моста поглощаются конденсаторами C4 и C7. Указанные демпфирующие элементы установлены непосредственно на выводах модулей M1 и M2. Таким же образом на выводах модуля вторичного выпрямителя SR2 смонтированы элементы демпфера R9C9C10. Выходной дроссель Z1 выполнен на Ш-образном магнитопроводе из электротехнической стали, силовой трансформатор T1 – на U-образном ферритовом магнитопроводе.

Напряжение питания блока управления поступает от мотор-трансформатора FM, выполняющего функции вентилятора охлаждения. Для защиты силовых транзисторов от перегрузки по току используется трансформатор тока CT1 в цепи первичной обмотки силового трансформатора. Мостовой преобразователь работает в режиме стабилизации по среднему току нагрузки, величина которого измеряется с помощью датчика тока на эффекте Холла HD1 [4]. При включении ИИСТ в сеть ток зарядки конденсатора фильтра C1 ограничивается резистором R1; после завершения процесса зарядки C1 зарядный резистор шунтируется контактами реле K1.1. В некоторых ИИСТ вместо реле для шунтирования зарядного резистора используется тиристор.

Следует отметить, что контакты реле и тиристоры – самые распространённые элементы, используемые для шунтирования зарядного резистора. Они применяются как в ИИСТ профессионального уровня, так и в «бюджетных» сварочных инверторах. Единствен-

ным достоинством такого способа шунтирования является простота. Недостаток подобного решения – потенциальная возможность повреждения входного выпрямителя SR1 и конденсатора C1 током дозарядки ёмкости C1 после просадки и последующего восстановления напряжения первичной сети до номинального значения, так как в такой ситуации контакты K1.1 замкнуты и ток дозарядки ограничивается только внутренним сопротивлением первичной сети, внутренним последовательным сопротивлением конденсатора C1 и динамическим сопротивлением диодов моста SR1 [5]. Такая ситуация может проявиться при «слабой» питающей сети и обрыве дуги сварщиком, когда после сброса нагрузки ИИСТ резко переходит в режим холостого хода.

Ещё одним достаточно распространённым схемотехническим решением является схема вольтодобавки на элементах L1, L2, D3, D4 и дополнительных обмотках w2.3 и w2.4, назначение которой – обеспечение напряжения холостого хода ИИСТ достаточной величины (обычно 60...90 В). Для снижения амплитудного значения тока, коммутируемого силовыми транзисторами, желательно уменьшить коэффициент трансформации силового трансформатора T1, но это приводит к уменьшению напряжения холостого хода, что в свою очередь затрудняет процесс поджига дуги.

Техническое решение, применённое фирмой Miller Electric в ИИСТ типа Maxstar 151, позволяет снизить в разумных пределах коэффициент трансформации силового трансформатора и вместе с этим обеспечить достаточное напряжение холостого хода инвертора. Схема вольтодобавки работает, как правило, от холостого хода до тока нагрузки 10...30 А; при больших токах включаются основной вторичный выпрямитель SR2 и силовая вторичная обмотка w2.1, w2.2. При малых токах нагрузки и выходном напряжении в 2...3 раза больше номинального диоды SR2 закрыты и конвертор представляет собой ключевой преобразователь с дросселем переменного тока, – в данном случае, в цепи вторичной обмотки трансформатора T1. Преобразователь этого типа имеет «мягкую» нагрузочную характеристику и является фактически параметрическим стабилизатором тока нагрузки [6]. Конструктивно L1 и L2 представляют

собой часть витков вторичной обмотки, под которые подложены отрезки ферритовых стержней. Таким образом, L1, L2 – это двухобмоточный дроссель переменного тока, интегрированный в конструкцию силового трансформатора. Подобную схему «вольтодобавки» применяют и другие производители, например, российская фирма «Линкор» в ИИСТ типа ВД-160И У2 и ВД-200И У2 [7], фирма Lincoln Electric в ИИСТ типа Invertec V275-S и др.

Представляет определённый интерес обмотка трансформатора T1, обозначенная «w1» (см. рис. 1). К сожалению, в оригинальной документации не содержится какой-либо информации по поводу назначения этой части схемы; автор предполагает, что это оригинальное схемотехническое решение фирмы-производителя, предназначенное для решения проблемы несимметричного намагничивания магнитопровода силового трансформатора.

Известно, что двухтактные схемы преобразователей потенциально склонны к несимметричному перемагничиванию силового трансформатора. В случае ИИСТ, работающего на очень динамичную и «неудобную» нагрузку – сварочную дугу, проблема несимметричного перемагничивания усугубляется. Кроме того, при разработке двухтактных ключевых преобразователей киловаттного уровня мощности контроль за состоянием магнитопровода силового трансформатора необходим и является своего рода «хорошим тоном» в техническом смысле. По-видимому, фирме Miller Electric удалось решить эту проблему в своих ИИСТ.

ИНВЕРТОР Caddy 200 (LHN 200) ФИРМЫ ESAB

Обратимся теперь к схеме сварочного инвертора Caddy 200 (LHN 200) фирмы ESAB (модель 2004 г.). Схема силовой части этого ИИСТ приведена на рисунке 2 [8]. Это сварочный инвертор, предназначенный для сварки по технологии MMA и TIG, максимальный сварочный ток 200 А [9]. Силовая часть ИИСТ выполнена по схеме однотактного прямоходового мостового конвертора (далее ОПМК; в российской литературе за этим типом преобразователя закрепилось название «кошачий мост»). На этой же платформе фирма ESAB выпускает ещё две модели: Caddy 130 и Caddy 140, на 130 и 140 А соответственно. Конструктивно и схе-

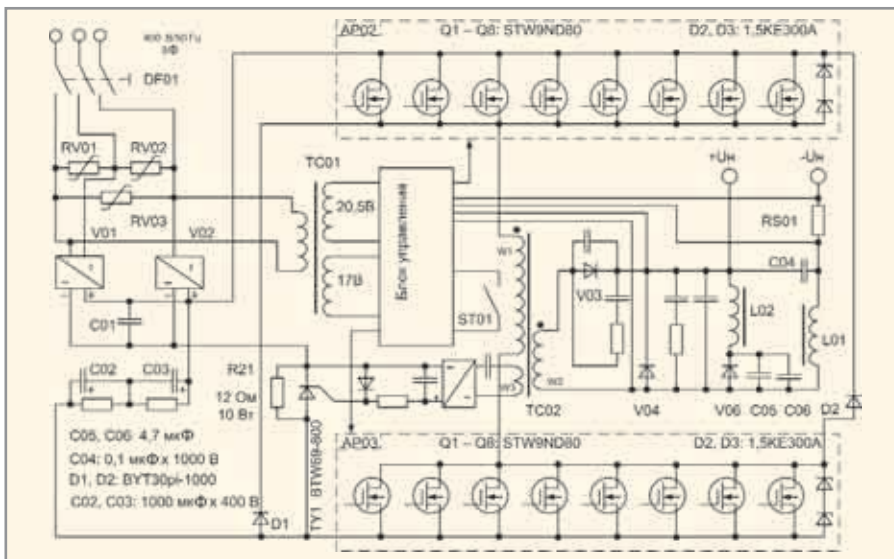


Рис. 2. Схема силовой части инвертора Caddy 200

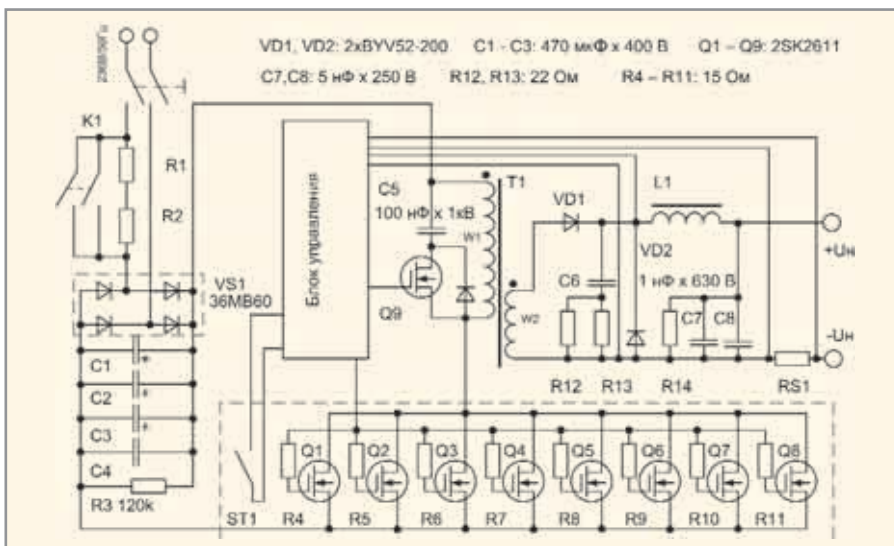


Рис. 3. Схема силовой части инверторов Caddy 150 и Caddy Tig 150 (LHQ 150 и LTV 150)

мотехнически все три модели идентичны, отличия заключаются в меньшем количестве параллельно включенных силовых МДП-транзисторов у младших моделей, а также в том, что старшая модель питается от трёхфазной сети, в то время как младшие – от однофазной сети.

Преобразователь работает на частоте 36 кГц при максимальном коэффициенте заполнения 0,42, что обеспечивает гарантированное время для размагничивания магнитопровода силового трансформатора в течение нерабочего полупериода. Драйверы МДП-транзисторов выполнены с трансформаторами гальванической развязки и обеспечивают на затворах силовых транзисторов размах напряжения +16/-4 В. Использование отрицательного запирающего напряжения на затворах говорит о стремлении производителя повы-

сить надёжность управления мощными ключами.

Для температурного контроля используется только один датчик перегрева ST01, который установлен на наиболее горячий элемент ИИСТ – обмотку силового трансформатора TC02. Температура срабатывания этого датчика 150°C, а температура восстановления – 130°C. Таким образом, силовой трансформатор эксплуатируется в форсированном режиме. Данный ИИСТ, так же как и модель Maxstar 151, работает с обратной связью по среднему току нагрузки, но в качестве датчика тока здесь используется резистивный шунт 200 А/120 мВ, а не датчик Холла. Отметим, что блок управления не имеет гальванической развязки с нагрузкой.

К особенностям вторичного выпрямителя можно отнести схему на элементах V06, C05, C06 и L02, назначение

которой – поддержка устойчивого горения дуги на малых токах. Обращает на себя внимание, так же как и в случае Maxstar 151, отсутствие демпферных цепей, облегчающих процесс коммутации силовых транзисторов. Каждый блок транзисторов AP02 и AP03 установлен на индивидуальный радиатор без изолирующих прокладок, чтобы снизить тепловое сопротивление радиатор – корпус транзистора.

Если обратиться к документации на модели 2006 г. – Caddy Arc 150i, Caddy Tig 150i и Origo Tig 150i, то можно заметить, что фирма ESAB осталась верна одноконтурной топологии ОПМК. Изменения коснулись силовых МДП-транзисторов – вместо них теперь используется один мощный IGBT-модуль, в который интегрирован шунтирующий тиристор TY1, входной диодный мост и схемы питания блока управления. Мало мощный понижающий трансформатор TC01 и линейные стабилизаторы (на рис. 2 не показаны) заменены бестрансформаторным импульсным блоком питания на основе обратноходового (flyback) преобразователя. Тактовая частота инвертора повышена до 65 кГц, драйверы сохранены от прежних моделей.

ИНВЕРТОРЫ CADDY 150 (LHQ 150) и CADDY Tig 150 (LTV 150) ФИРМЫ ESAB

Фирма ESAB также выпускала интересные, с точки зрения схемотехники силовой части, ИИСТ – типа LHQ 150 и LTV 150 (внутрифирменные обозначения), в которых применена топология одноконтурного прямоходового преобразователя с активным демпфированием (в зарубежной литературе – forward converter with active clamp) [10]. Схема силовой части этого ИИСТ показана на рисунке 3. В последующих моделях эта топология не встречается, – видимо, это был экспериментальный вариант ИИСТ, от которого фирма в дальнейшем отказалась. Этот класс одноконтурных преобразователей широко обсуждался в соответствующей литературе и рассматривался как весьма перспективный [11].

Рассмотрим особенности схемотехники ещё нескольких ИИСТ производства фирмы ESAB. Сварочный инвертор Caddy 110/150 LHO 110/150 (модель 1998 г.): силовая часть – «косой мост» на МДП-транзисторах, но в качестве датчика тока нагрузки используется не шунт, а трансформатор тока в це-

пи первичной обмотки. Рабочая частота преобразователя составляет 65 или 70 кГц в зависимости от модификации. Использование указанного трансформатора тока, по мнению автора, позволяет упростить схему организации обратной связи по току нагрузки, но ценой снижения точности стабилизации этого параметра. Это связано с тем, что фактически стабилизируется амплитудное значение тока первичной обмотки, а не средний ток нагрузки, что не одно и то же. Кроме того, неизбежная задержка распространения сигнала по цепи обратной связи дополнительно увеличивает погрешность стабилизации тока нагрузки относительно заданного тока, особенно в режиме короткого замыкания, когда длительность импульсов управления силовыми транзисторами близка к значению времени задержки по цепи обратной связи. В современных моделях ИИСТ фирмы ESAB такое решение не используется, но преобладает в устройствах нижнего ценового диапазона, например, в сварочном инверторе Colt 1300 фирмы Semont (Италия) [12].

У автора сложилось мнение, что фирма ESAB отдаёт предпочтение од-

нотактной схемотехнике силовой части ИИСТ. В диапазоне токов от 90 А (у самой младшей модели MiniArc 90i) до 315 А (у модели Protig 315 Inverter) фирма использует в силовой части топологию ОПМК. Причём в модели Protig 315 Inverter силовая часть представляет собой два ОПМК, включенных параллельно по выходу для получения тока нагрузки необходимой величины [13]. Каждый из этих двух преобразователей выполнен практически идентично силовой части ИИСТ Caddy 200.

Напротив, аппарат для плазменной резки ESP 100i построен на базе мостового преобразователя с модулями IGBT-транзисторов в качестве ключевых элементов [14]. Источник сварочного тока для полуавтоматической сварки (технология MIG/MAG) типа ESABMig 400t/500t выполнен на базе понижающего трансформатора промышленной частоты с тиристорным регулятором тока дуги [15].

ИНВЕРТОРЫ THERMAL ARC 160S и THERMAL ARC 250S ФИРМЫ THERMADYNE

Силовая часть сварочного инвертора Thermal Arc 160S фирмы Thermo-

dyne Company (www.thermadyne.com) выполнена на базе полумостового преобразователя с IGBT-транзисторами в модульном исполнении [16]. Обратная связь по току нагрузки организована с помощью датчика тока на эффекте Холла. В модели Thermal Arc 250S [17] для увеличения тока нагрузки используется сложение токов от двух идентичных полумостовых блоков, аналогичных тем, что применены в модели Thermal Arc 160S. Инвертор Thermal Arc 250S выполнен на трёхфазном диоднотиристорном выпрямителе типа DFA75BA160, позволяющем производить плавную зарядку конденсатора входного емкостного фильтра; каждый полумостовой преобразователь состоит из силового IGBT-модуля марки CM100DUS12F-1, силового трансформатора и вторичного выпрямителя на двух диодах DBA200UA40. Выпрямители объединены по выходу, сглаживающий дроссель используется общий. Другие модели ИИСТ фирмы Thermadyne, рассчитанные на большие токи, также реализованы по двухтактной топологии.

Полупроводники НА ОСНОВЕ КАРБИДА КРЕМНИЯ



Практическое применение

ПРИМЕНЕНИЕ SiC-ДИОДОВ ШОТКИ ПОЗВОЛЯЕТ

Характеристики высоковольтных диодов Шотки фирмы Cree

- Снизить потери в диоде и ключевом транзисторе в 2 раза
- Уменьшить количество силовых электронных компонентов в 3 раза
- Увеличить надёжность
- Повысить частоту преобразования, снизить массу и габариты
- Получить выигрыш в стоимости и эффективности одновременно

Наименование	CSD04060	CSD06060	CSD10060	CSD20060	CSD05120	CSD10120	CSD20120
$U_{\text{макс}}$, В	600	600	600	600	1200	1200	1200
$I_{\text{пост}}$, А	4	6	10	20	5	10	20
Типы корпусов	T0252, T0220-2, T0220-3	T0263, T0220-2, T0220-3	T0263, T0220-2, T0220-3	T0247-3	T0220-2	T0220-2, T0247-3	T0247-3

ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ:

- Активные корректоры коэффициента мощности — снижение динамических потерь в ключевом транзисторе и диоде до 60%
- Антипараллельные диоды MOSFET- и IGBT-транзисторов и модулей для жёсткого переключения — снижение динамических потерь на 20...30%
- Мощные высоковольтные выпрямители для частот до единиц мегагерц



ПРОСОФТ – официальный дистрибьютор компании **CREE** в России и странах СНГ

PROSOFT®

ПРОСОФТ – АКТИВНЫЙ КОМПОНЕНТ ВАШЕГО БИЗНЕСА

Телефон: (495) 232-2522 • E-mail: info@prochip.ru • Web: www.prochip.ru

ИНВЕРТОР INVERTEC V130-S ФИРМЫ LINCOLN ELECTRIC

Сварочный инвертор Invertec V130-S (технология MMA) производства Lincoln Electric (www.lincolnelectric.com), модель 2002 г., является типичным представителем ИИСТ бюджетного уровня, построенным по одноконтурной топологии ОПМК [18]. В этой модели производителем предприняты усилия для максимального упрощения схемотехники и конструктива с целью снижения себестоимости ИИСТ. По той же причине подобная топология в том или ином виде повторяется в многочисленных ИИСТ малоизвестных производителей.

На примере этого инвертора можно проиллюстрировать типичные технические решения, применяемые в недорогих ИИСТ. Входной выпрямитель таких инверторов выполнен, как правило, на основе недорогих диодных мостов КВРС3580 или аналогичных, зарядный резистор шунтируется контактами реле. В качестве ёмкости входного фильтра по цепи питания силовой части Invertec V130-S использованы недорогие электролитические конденсаторы общего применения с суммарной ёмкостью 1500 мкФ. Дорогие силовые электролитические конденсаторы, рассчитанные на работу с повышенным током пульсаций, болтовыми выводами и нормированным сроком наработки на отказ, в бюджетных ИИСТ не применяются. Ёмкость конденсаторов фильтра выбрана минимально достаточной как из соображений экономии, так и с целью несколько повысить коэффициент мощности инвертора.

Несложные расчёты показывают, что электролитические конденсаторы в Invertec V130-S и подобных ему устройствах работают за пределами паспортных режимов по току пульсаций. Однако повторно-кратковременный характер работы сварочного оборудования позволяет, по мнению производителей, допускать такой режим эксплуатации конденсаторов входного фильтра. Каждый ключевой транзистор «косого моста» в инверторе Invertec V130-S представляет собой четыре параллельных МДП-транзистора в недорогих корпусах ТО-247. В современных моделях в основном применяются IGBT-транзисторы, но также в недорогих корпусах

ТО-247, SuperTO-247 и ТО-264. Драйверы затворов – простейшие, на основе трансформатора гальванической развязки.

Для снижения потерь при выключении силовых транзисторов применён распространённый RCD-демпфер. Обратная связь по току нагрузки организована с помощью трансформатора тока в цепи первичной обмотки силового трансформатора. Недостатки такого решения рассматривались выше. Выходной выпрямитель собран на диодах MUR6040, включённых по четыре параллельно, также в корпусах ТО-247. В инверторе Invertec V130-S отсутствует отдельный маломощный источник питания блока управления силовой частью. Обычно для этого используется либо понижающий маломощный трансформатор с линейными стабилизаторами, либо импульсный обратноточный преобразователь. В случае Invertec V130-S питание блока управления сразу при включении ИИСТ берётся непосредственно с шины +300 В, а после выхода силового преобразователя на рабочий режим – с отдельной обмотки силового трансформатора. Таким образом, перед нами типичный бюджетный ИИСТ с максимальным соотношением качество/себестоимость. ИИСТ этого ценового диапазона производятся огромным количеством фирм, в основном малоизвестных, и весьма востребованы на рынке сварочного оборудования благодаря своей относительно невысокой стоимости.

ИНВЕРТОРЫ ФИРМЫ «ЛИНКОР»

Вернёмся к упоминавшемуся выше ИИСТ типа ВД-160И У2. Силовая часть этого инвертора интересна тем, что представляет собой двухтактный преобразователь с дросселем переменного тока [6]. Силовая часть ВД-160И У2 и ВД-200И У2 – это полумостовой преобразователь на IGBT-транзисторах с дополнительной индуктивностью, включённой последовательно с первичной обмоткой. Наличие этой индуктивности обеспечивает «падающую» нагрузочную характеристику преобразователя и параметрическое ограничение тока через силовые транзисторы при коротком замыкании в нагрузке.

У преобразователей такого типа после вторичного выпрямителя используется ёмкостный фильтр, наличие

дросселя постоянного тока на выходе выпрямителя не обязательно. Возможно, эти два обстоятельства оказались решающими при выборе производителем именно этой топологии силовой части ИИСТ. Модель ВД-315И У2 отличается от первых двух ИИСТ тем, что в ней используется преобразователь мостового типа [20]. Автору не встречались ИИСТ зарубежного производства, выполненные с использованием такой схемотехники. Преобразователи этого типа позволяют регулировать ток нагрузки с помощью как ШИМ, так и ЧИМ. По мнению автора, данная топология силовой части не является оптимальной для построения силовой части ИИСТ, т.к. наличие индуктивности в цепи нагрузки приводит к появлению дополнительной реактивной составляющей в токе, коммутируемой силовыми транзисторами, из-за чего возрастают суммарные потери на всех ключевых элементах схемы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ схемотехники современных промышленных ИИСТ позволяет сделать ряд выводов.

Во-первых, производители сварочного оборудования используют разнообразную топологию силовой части ключевых преобразователей – как двухтактную, так и одноконтурную. Можно было бы ожидать, что выбор будет сделан в пользу двухтактных преобразователей из-за их более высокой (теоретически) энергетической эффективности. На практике этого не произошло. Более того, авторы работы [21] утверждают, что большая часть промышленных ИИСТ используют топологию одноконтурного прямоходового мостового преобразователя, который не отличается высокими энергетическими показателями, но благодаря своей высокой надёжности, простоте и отсутствию «родовых» недостатков двухтактных схем представляется удачным выбором для построения ИИСТ. Среди отечественных производителей топологию ОПМК использует, например, НПО «ТехноТрон» в своём сварочном инверторе DC250.31 [22]. Было бы интересно сравнить двухтактные и одноконтурные промышленные ИИСТ непосредственно по величине коэффициента полезного действия. Но, к сожалению, большая часть производителей ИИСТ не приводят в технической до-

кументации на свою продукцию этот параметр. Несмотря на это, очевидно, что многолетнее и коммерчески успешное производство ИИСТ с различной схмотехникой разными производителями вряд ли было бы возможно, если бы «однотактные» приборы существенно уступали «двухтактным» по энергетическим и массогабаритным показателям.

Во-вторых, очевидно, что производители предпочитают простые, отработанные технологические схмотехнические и конструктивные решения, иногда даже в ущерб общему уровню надёжности сварочного инвертора. Это особенно характерно для «бюджетных» ИИСТ.

В периодической литературе по проблемам силовой электроники регулярно появляются статьи, посвящённые разработке ключевых преобразователей, перспективных, по мнению авторов, для применения в качестве ИИСТ. В начале 1990-х годов много внимания уделялось резонансным преобразователям как альтернативе преобразователям с прямоугольной формой тока и напряжения [23], однако, автору не удалось найти ни одного примера их применения в промышленных образцах ИИСТ. В целом производители ИИСТ настороженно относятся к новым топологиям и предпочитают использовать

давно известные и проверенные временем типы преобразователей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Maxstar 151 Owner's Manual. Miller Electric Mfg. Co., 1992.
2. www.millerwelds.com.
3. *Полищук А.* Выбор ключевых транзисторов для преобразователей с жёстким переключением. Современная электроника. 2004. № 1. С. 8–11.
4. *Данилов А.* Современные промышленные датчики тока. Современная электроника. 2004. № 1. С. 26–35.
5. *Эраносян С.А.* Сетевые блоки питания с высокочастотными преобразователями. Энергоатомиздат, 1991.
6. *Моин В.С.* Стабилизированные транзисторные преобразователи. Энергоатомиздат, 1986.
7. Выпрямитель для дуговой сварки инверторного типа ВД-160И У2 (ВД-200И У2). Паспорт (инструкция по эксплуатации). ООО «Линкор».
8. www.esab.com.
9. LHN 130/140/200 Caddy 130/140/200 Service Manual. ESAB Welding Equipment AB, 2004.
10. Caddy 150/Caddy Tig 150 LHQ 150/LTV 150 Service Manual. ESAB Welding Equipment AB, 2000.
11. *Поликарпов А.Г., Сергиенко Е.Ф.* Однотактные преобразователи напряжения в устройствах электропитания РЭА. Радио и связь, 1989.

12. *Володин В.* Инверторный источник сварочного тока COLT 1300. Радио. 2007. № 4.
13. Protig 315 Inverter Service Manual. ESAB Welding Equipment AB, 1998.
14. ESP 100i Plasma Cutting Console/Power Source Service Manual. ESAB Welding Equipment AB, 1998.
15. ESABMig 400t/500t Instruction Manual. ESAB Welding Equipment AB, 2006.
16. Thermal Arc Inverter Arc Welder Model 160S DC CC Operating Manual. Thermadyne Company. 2003.
17. Thermal Arc Inverter Arc Welder Model 250S DC CC Operating Manual. Thermadyne Company. 2003.
18. Invertex V130-S Operating Manual. Lincoln Electric Inc., 2002.
19. Выпрямитель для дуговой сварки инверторного типа ВД-315И У2. Паспорт (инструкция по эксплуатации). ООО «Линкор».
20. *Mecke H., Merfert I.* Improvement of the dynamic performance of inverter type welding power supplies by auxiliary current sources in the output circuit. Elektronika'94. 16 Int. Fachmesse fur Bauelemente und Baugruppen der Elektronik. Munchen, 1994.
21. Инверторный источник сварочного тока DC250.31. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. НПО «ТехноТрон».
22. *Петров С.* Перспективы применения резонансных преобразователей в качестве источников сварочного тока. Схмотехника. 2006. №7.



Новости мира News of the World Новости мира

Samsung: струйная печать в производстве TFT-мониторов

Применение технологии струйной печати для формирования из кремнийорганических материалов подложки TFT-мониторов продемонстрировала компания Samsung Electronics во время профильной выставки International Meeting on Information Display (IMID), прошедшей в Корее. Сообщается, что этот способ производства позволяет радикально снизить себестоимость продукции.

Во время выставки Samsung предлагала посетителям рассматривать «напечатанную» подложку в микроскоп. Как сообщает-

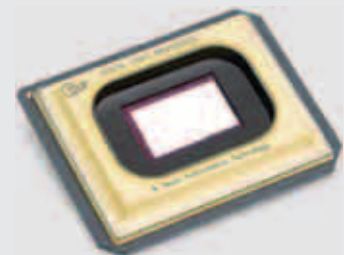


ся, при формировании полупроводниковых компонентов методом струйной печати используется оборудование, обеспечивающее разрешение до 140 точек на дюйм (ppi).

techon.nikkeibp.co.jp

Чипсет DarkChip 4 повысит контрастность DLP-проекторов

Технология Digital Light Processing (DLP), которая сегодня используется для получения изображения в цифровых проекторах, HD-телевизорах, разработана в 1987 г. сотрудниками Texas Instruments. И сама же TI улучшает технологию выпуском новых DLP-чипов, последним из которых стал чипсет DarkChip 4. По заявлению разработчиков, решение позволяет на 30% повысить контрастность изображения. Сообщается, что DarkChip 4 будет использоваться во всех типах DLP-устройств, включая одно- и трёхчиповые проекторы, проекционные телевизоры.



Texas Instruments провела демонстрацию возможностей DarkChip 4 на выставке CEDIA EXPO 2007 – DLP-установка с использованием светодиодного источника света и на базе нового чипсета обладала высочайшей контрастностью – 100 000 : 1. Что же касается потребительских решений, например HD-проекторов (поддерживаемое разрешение до 1080p), то в данном случае коэффициент контрастности составит также вполне достойное значение – 15 000 : 1.

На рынке первые коммерческие продукты, в том числе и телевизионные панели, оснащённые DarkChip 4, появятся уже в следующем году.

digitimes.com