

# Транзисторные DC/AC-преобразователи:

характеристики, структурные схемы, рекомендации по применению

**В данной статье рассмотрены транзисторные преобразователи фирм XP Electronics и Magnetek, наиболее полно отражающие передовые решения для этого типа изделий. Представлены основные параметры, функциональные особенности, структурные схемы, даны рекомендации по применению данных преобразователей в энергетических системах.**

**Виктор Жданкин**

victor@prosoft.ru

Преобразователем электрической энергии является устройство, которое связывает две (или более) электрические системы с отличающимися друг от друга параметрами и позволяет по заданному закону изменять эти параметры, обеспечивая обмен электрической энергией между связываемыми системами [1].

Полупроводниковые преобразователи (электронные трансформаторы), связывающие системы переменного и постоянного тока, а именно преобразователи постоянного напряжения в переменное, называются инверторами.

Широкое применение транзисторов в области силовой преобразовательной техники, где ранее традиционно использовались тиристоры, привело к разработке новых схем силового контура преобразователей. В транзисторных инверторах существуют большие возможности варьирования различных сочетаний между спектральным составом формируемого напряжения или частотной характеристикой фильтра с целью получения максимальной удельной мощности инвертора, хотя в силу специфики принципа действия инверторов их удельные характеристики в 2–4 раза меньше показателей преобразователей с постоянными выходными напряжениями. Это объясняется следующими причинами: выполнены они могут быть исключительно по мостовым схемам, что удваивает статические потери; почти во всех случаях в инверторе необходим силовой трансформатор на частоте выходного напряжения; силовые транзисторы инвертора на полную величину тока используются только кратковременно [2].

Разработанные в последние годы и непрерывно совершенствующиеся силовые МДП-транзисторы могут управляться непосредственно от логических микросхем с низким уровнем выходного тока и напряжения без каких-либо промежуточных усилителей и трансформаторов, что резко упрощает задачи построения блоков управления. Интенсивное развитие микроэлектронной схемотехники позволяет реализовывать управление преобразователей на ос-

нове интегральных микросхем с большой и сверхбольшой степенями интеграции вплоть до однокристалльной микро-ЭВМ [3].

Транзисторные инверторы необходимы для функционирования электронных систем автоматики и вычислительной техники, телекоммуникационных систем, устройств управления электродвигателями переменного напряжения, включая применение в качестве аварийных источников питания при наличии первичной сети переменного тока.

Первые транзисторные преобразователи были разработаны более 50 лет назад. За прошедшее время вопросы построения транзисторных преобразователей и входящих в их состав элементов проработаны достаточно глубоко.

## Инверторы DC/AC серии DA фирмы XP Electronics

Такие изделия энергетической электроники английской фирмы XP Electronics (прежнее название — Zicon Electronics, в настоящее время — подразделение фирмы XP), как преобразователи AC/DC, DC/DC, регуляторы процессов заряда-разряда аккумуляторных батарей и регуляторы напряжения уже известны российским специалистам [4]. В 2003 году фирма начала производство инверторов-преобразователей серии DA в разных конст-



**Рис. 1.** Внешний вид DC/AC-преобразователей серии DA

Таблица 1. Основные технические характеристики DC/AC-преобразователей серии DA

| Параметры   | Код  | Вход   |              |              |              |              |               | Выход   |                        |
|---|--|--|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---|------------------------|
|   |  | 12   | 24           | 35           | 48           | 60           | 99            | 230   | 115                    |
| Номинальное напряжение  |  | 12 В   | 24 В         | 35 В         | 48 В         | 60 В         | 100 В         | 230 В переменного тока  | 115 В переменного тока |
| Диапазон входного напряжения питающей сети/<br>диапазон регулировки выходного напряжения  |  | 11...15 В  | 21...30 В    | 30...45 В    | 40...60 В    | 48...75 В    | 90...135 В    | 0...264 В   | 0...132 В              |
| КПД   |  | 88%  | 89%          | 90%          | 90%          | 91%          | 91%           | 91%   | 88%                    |
| Защита от увеличения входного напряжения за пределы допуска   |  | >15 В  | >30 В        | >45 В        | >60 В        | >75 В        | >135 В        | >264 В  | >132 В                 |
| Защита от уменьшения входного напряжения за пределы допуска   |  | <11 В  | <21 В        | <30 В        | <40 В        | <48 В        | <90 В         | Нет   | Нет                    |
| Входная мощность, В·А/<br>ток или выходная мощность, Вт/<br>ограничение тока (среднее значение)   | 200  | 350 В·А/30 А   | 350 В·А/15 А | 350 В·А/10 А | 350 В·А/8 А  | 350 В·А/6 А  | 350 В·А/3,5 А | 200 Вт/1,2 А  | 200 Вт/1,8 А           |
|   | 300  | 525 В·А/44 А   | 525 В·А/22 А | 525 В·А/15 А | 525 В·А/11 А | 525 В·А/9 А  | 525 В·А/5,3 А | 300 Вт/1,3 А  | 300 Вт/2,6 А           |
|   | 350  | 600 В·А/50 А   | 600 В·А/25 А | 600 В·А/17 А | 600 В·А/13 А | 600 В·А/10 А | 600 В·А/6 А   | 350 Вт/1,5 А  | 350 Вт/3 А             |
|   | 550  | 960 В·А/80 А   | 960 В·А/40 А | 960 В·А/27 А | 960 В·А/20 А | 960 В·А/16 А | 960 В·А/10 А  | 550 Вт/2,4 А  | 550 Вт/4,8 А           |
| Пусковой ток/<br>ток срабатывания предохранителя/<br>пиковое значение выходного тока/<br>ток срабатывания предохранителя  | 200  | 100 А/нет  | 200 А/нет    | 30 А/16 А    | 50 А/10 А    | 60 А/10 А    | 100 А/5 А     | 5 А/2,5 А   | 10 А/2,5 А             |
|   | 300  | 100 А/нет  | 200 А/нет    | 30 А/20 А    | 50 А/16 А    | 60 А/10 А    | 100 А/6,3 А   | 5 А/2,5 А   | 10 А/5 А               |
|   | 350  | 200 А/нет  | 400 А/нет    | 30 А/20 А    | 50 А/16 А    | 60 А/16 А    | 100 А/10 А    | 10 А/5 А  | 20 А/10 А              |
|   | 550  | 200 А/нет  | 400 А/нет    | 30 А/32 А    | 50 А/32 А    | 60 А/20 А    | 100 А/16 А    | 10 А/5 А  | 20 А/10 А              |
| Среднее время наработки на отказ (MTBF),<br>рассчитанное по MIL-HDBK-217E,<br>при эксплуатации в стационарном наземном<br>оборудовании (Ground Benign)<br>при 20 °С и полной нагрузке | 200  | 150000 ч   | 200000 ч     | 300000 ч     | 300000 ч     | 350000 ч     | 350000 ч      | 200000 ч  | 150000 ч               |
|   | 300  | 200000 ч   | 250000 ч     | 350000 ч     | 350000 ч     | 400000 ч     | 400000 ч      | 250000 ч  | 200000 ч               |
|   | 350  | 100000 ч   | 200000 ч     | 200000 ч     | 200000 ч     | 350000 ч     | 350000 ч      | 200000 ч  | 150000 ч               |
|   | 550  | 120000 ч   | 250000 ч     | 250000 ч     | 250000 ч     | 400000 ч     | 400000 ч      | 250000 ч  | 200000 ч               |
| Защита от обратного напряжения на входе   |  | Диод, включенный параллельно входной шине источника входной электроэнергии |              |              |              |              |               | -   |                        |
| Электрическая<br>прочность изоляции   | Первичная и вторичная цепь   | 2,2 кВ (действующее значение)  |              |              |              |              |               | -   |                        |
|   | Первичная цепь и корпус  | 500 В (действующее значение)   |              |              |              |              |               | -   |                        |
|   | Вторичная цепь и шасси   | -  |              |              |              |              |               | 2,2 кВ (действующее значение)   |                        |
| Электромагнитная<br>совместимость, помехи,<br>излучаемые<br>в пространство<br>и кондуктивные помехи   | Помехи, излучаемые в пространство  | ГОСТ 29216-91 (EN 55022-A)   |              |              |              |              |               | ГОСТ 29216-91 (EN 55022-A)  |                        |
|   | Кондуктивные помехи  | ГОСТ 29216-91 (EN 55022-B)   |              |              |              |              |               | <5% коэффициент гармоник выходного напряжения, при нормальном режиме работы |                        |
|   |  | < 1 В (двойная амплитуда)  |              |              |              |              |               | -   |                        |
| Электромагнитная<br>совместимость,<br>устойчивость<br>к импульсным<br>перенапряжениям   | Устойчивость к электростатическим разрядам, напряжение разряда 8 кВ, фронт тока 1 нс, амплитуда тока 30 А                  | EN 61000-4-2 уровни 3 и 4 (ГОСТ Р 51317.4.2-99)                            |              |              |              |              |               | -   |                        |
|   | Устойчивость к импульсным пиковым перенапряжениям в линиях питания: амплитуда импульсов 2 кВ                               | EN 61000-4-5 уровень 3 (ГОСТ Р 51317.4.5-99)                               |              |              |              |              |               | -   |                        |
|   | Устойчивость к пиковым выбросам в линиях питания, амплитуда импульсов в цепях ввода-вывода 2 кВ                            | EN 61000-4-4 уровень 3 (ГОСТ Р 51317.4.4-99)                               |              |              |              |              |               | -   |                        |
|   | Устойчивость к радиочастотным электромагнитным полям в полосе 28-1000 МГц, напряженность электромагнитного поля 10 В/м     | EN 50140 уровень 3 (ГОСТ Р 50008-92)                                       |              |              |              |              |               | -   |                        |
|   | Устойчивость к радиочастотным электромагнитным полям в полосе 15 кГц - 80 МГц, напряженность электромагнитного поля 10 В/м | EN 50141 уровень 3 (ГОСТ Р 50008-92)                                       |              |              |              |              |               | -   |                        |

Примечания:

- Для определения значения КПД устройства необходимо перемножить значения КПД входной и выходной частей и результат разделить на 100.
- Предохранители быстродействующие плавкие (HRC - high rupture current).
- Для определения значения среднего времени наработки до отказа (MTBF) устройства необходимо перемножить значения MTBF входной и выходных частей и разделить результат на сумму этих значений.
- При проведении испытаний изделий на индустриальные радиопомехи контакт положительного входного напряжения подключается к заземлению на шасси.

руктивных исполнениях: шасси с кожухом, сменные блоки 19" формата 6U (евромодули). Внешний вид DC/AC-преобразователей



Рис. 2. Внешний вид DC/AC-преобразователя серии DAX без защитного кожуха

показан на рис. 1 и 2. Основные технические характеристики инверторов-преобразователей приведены в таблице 1.

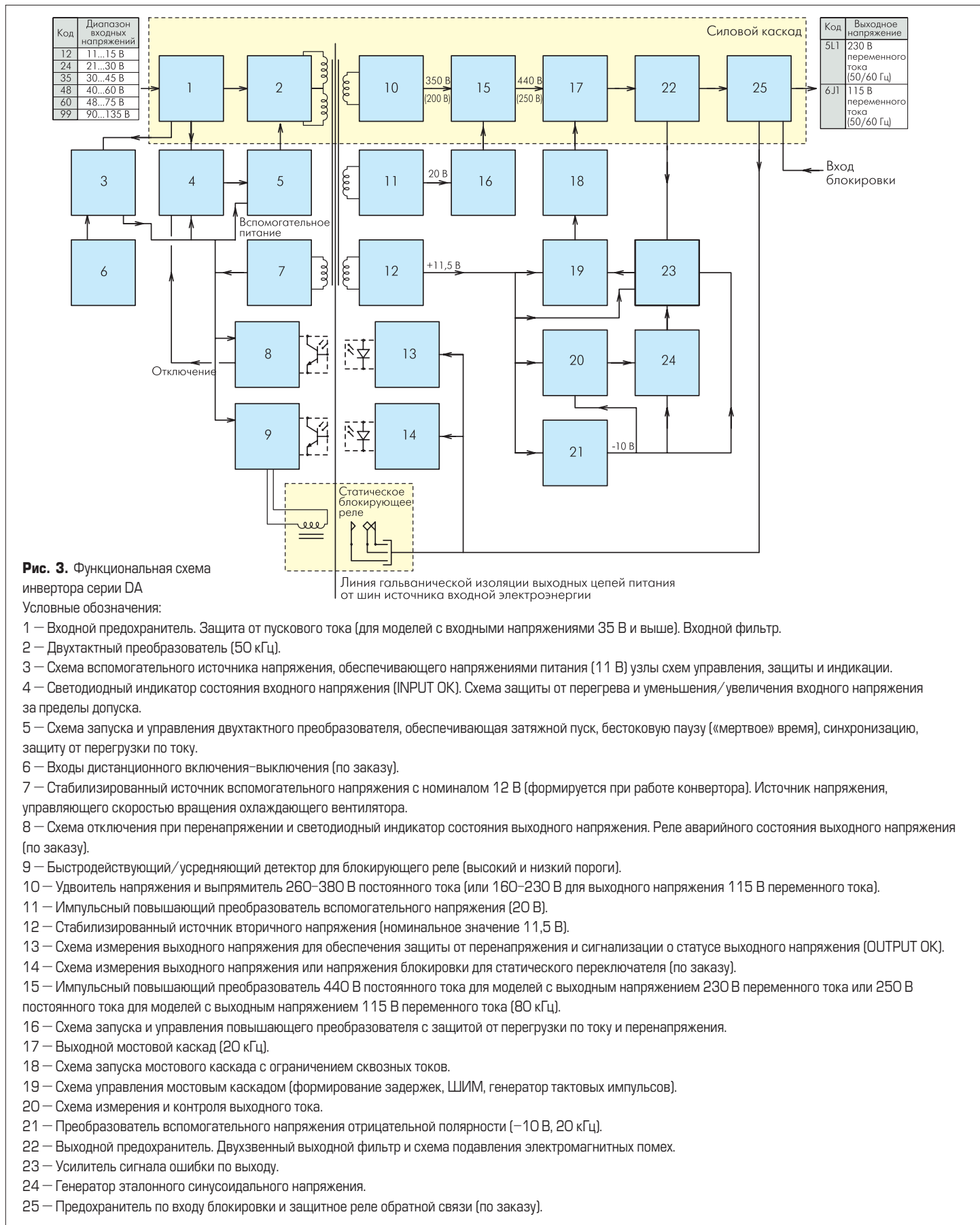
Функциональная схема инвертера серии DA, преобразующего нестабильное напряжение постоянного тока в стабилизированное (в том числе и по частоте) однофазное напряжение переменного тока, приведена на рис. 3.

На входе силового двухзвенного фильтра мостовой каскад формирует многоимпульсные последовательности. Силовой трансформатор входит в состав преобразователя постоянного напряжения, питающего мостовой каскад. При таком варианте построения инвертора, несмотря на дополнительное преобразование энергии в импульсном повышающем преобразователе (440 В) при рациональном проектировании преобразователя постоянного напряжения (в данном случае рабочая частота

равна 80 кГц), достигаются высокие энергетические и массо-габаритные характеристики.

Двухтактный мостовой каскад выполнен на полевых транзисторах с изолированным затвором MOSFET (в 200-ваттном преобразователе применяются транзисторы фирмы International Rectifier IRFP23N50L: TR2, TR3, TR4, TR5). Мостовой каскад и силовой фильтр охвачены отрицательной обратной связью, которая обеспечивает высокие энергетические характеристики инвертора. Для обеспечения требуемой формы синусоидального выходного напряжения используется двухзвенный LC-фильтр переменного тока (дроссель выполнен на кольцевом сердечнике из МО-пермаллоя).

Вспомогательные напряжения формируются схемами на основе стабилизаторов напряжения LM317T с функцией регулирования выходного напряжения.



Однотактный повышающий преобразователь с рабочей частотой выполнен на MOSFET (например, в 200-ваттном инвертере DAX200-245L1-C применяется транзистор SO148 FOA 19N60 -TR1).

Двухтактный преобразователь входного напряжения выполнен по полумостовой схеме с рабочей частотой 50 кГц (в 200-ваттных моде-

лях применяются транзисторы N301 75652G — TR7 и TR8, а также IRF540A — TR10); в инверторах с большими выходными мощностями применяется преобразователь, построенный по мостовой схеме.

Входной LC-фильтр, защищающий источник питания от кондуктивных помех, состоит из дросселя, выполненного на III-образ-

ном ферритовом сердечнике, и четырех конденсаторов 2,2 мкФ/400 В. Для ограничения тока зарядки входных электролитических конденсаторов применяется термистор (Negative Temperature Coefficient), сопротивление которого уменьшается при увеличении температуры. Входные цепи защищены предохранителем: два параллельно соеди-

ненных предохранителя установлены в положительной цепи и не подлежат замене при выходе из строя.

Инверторы-преобразователи по защите от поражения электрическим током относятся к оборудованию класса I, в котором защита от поражения электрическим током достигается применением основной изоляции и наличием средств подключения к защитному заземлению в проводке здания для тех токопроводящих частей, на которых может появиться опасное напряжение в случае пробоя основной изоляции. Для выполнения требования ГОСТ Р 50377-92 (МЭК60950-86) по защите от поражения электрическим током шасси преобразователей должны быть подключены к защитному заземлению, а один из полюсов входной или выходной цепей должен быть подсоединен к шасси (контакт PL1).

К достоинствам инверторов серии DA следует отнести:

- стабилизацию выходного напряжения с суммарной нестабильностью 5% при изменении входного напряжения во всем допустимом диапазоне и изменении тока нагрузки в заданных пределах;
- коэффициент гармоник выходного напряжения <3% при нормальном режиме работы;
- индикацию аварийных режимов (светодиод зеленого свечения INPUT OK; светодиод желтого свечения OUTPUT OK);
- пиковую мощность: до двух значений номинальной мощности (<1 с);
- небольшие габаритные размеры (рис. 4–5).

К достоинствам следует отнести и эксплуатационные параметры этих инверторов:

- диапазон рабочих температур составляет от 0 до +45 °С (снижение выходной мощности в два раза при +70 °С);
- диапазон температур хранения — от -20 до +70 °С;
- в рабочем состоянии допускаются виброперемещения до 0,05 мм (двойная амплитуда) в диапазоне частот 5–50 Гц и до 0,025 мм в диапазоне частот 50–100 Гц;
- в нерабочем состоянии лицевой поверхностью шасси выдерживается ударное воздействие, эквивалентное удару при падении с высоты 100 мм.

Для применения в условиях расширенного диапазона температур и конденсации влаги предусмотрен заказной вариант «Е», который имеет диапазон рабочих температур от -20 до +70 °С. Возможен заказ изделий с повышенной устойчивостью к воздействию механических факторов (вариант «М»): пиковое ударное воздействие 10g; виброускорение 3g (среднеквадратическое значение) в диапазоне частот 5–500 Гц.

### Инверторы-преобразователи серии SLI фирмы Magnetek

Серия SLI (Slim Line Inverters — компактные инверторы) представляет собой новое поколение инверторов, предназначенных для применения в информационных системах, средствах автоматизации и телекоммуникаций. Благодаря новаторским техническим решениям, подобным запатентованной технологии исполнения силового трансформатора (Compact Coil), которая определяет массу и объем инвертора, удалось «упаковать» выходную мощность 1500 В·А в легком (5,6 кг) и компактном (высотой 1U) корпусе для конструктива 19". На рис. 6 и 7 показан внешний вид инвертора серии SLI.

Серия SLI включает четыре модели (табл. 2) для работы от источников постоянного напряжения 24 и 48 В с номиналами выходного напряжения 115 и 230 В переменного тока.

Интегрированный контроллер вместе с встроенным (по заказу) переключателем устройством (Static Transfer Switch -STS) обеспечивает гибкость и возможность модульного расширения для систем, которые действительно соответствуют принципу «включай и работай», без необходимости применения внешних компонентов — надо просто установить инверторы в количестве, обеспечивающем требуемую системе мощность. Также доступны модели, в которых реализован режим «горячей» замены.

Инверторы серии SLI характеризуются высокими энергетическими показателями: значение КПД достигает максимального значения 93%, а запатентованный алгоритм управления ограничивает уровни гармонических составляющих входного тока без применения громоздких дорогостоящих фильтров. Инвертор содержит мощный цифровой сигнальный процессор (DSP Controller TMS320LF2406APZA CA-26A60LW фирмы Texas Instruments — представитель поколения процессоров с фиксированной точкой TMS320C2xx), который делает возможной

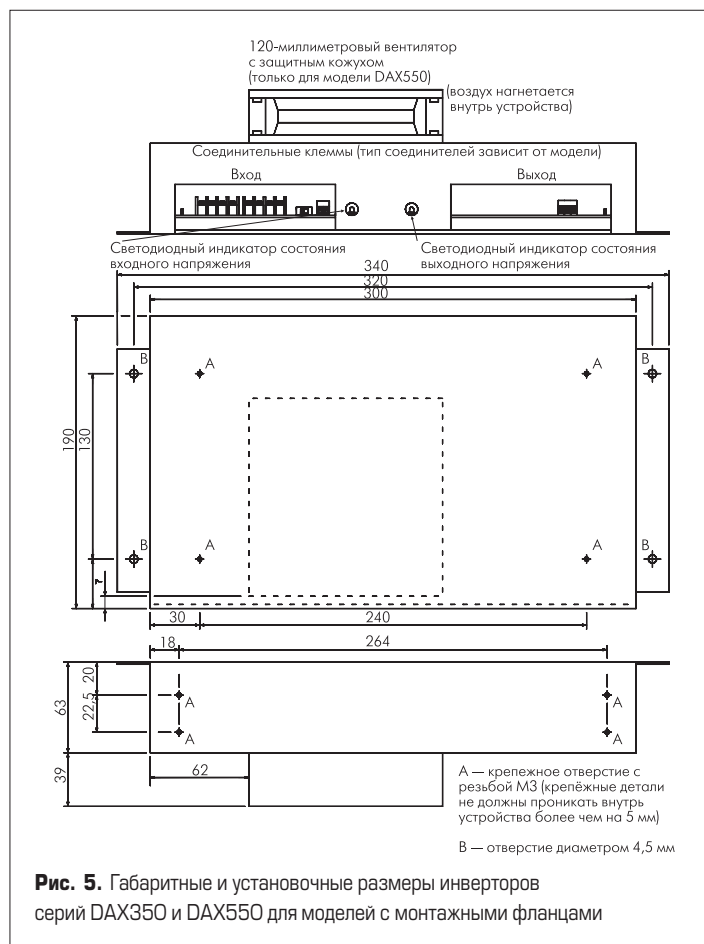
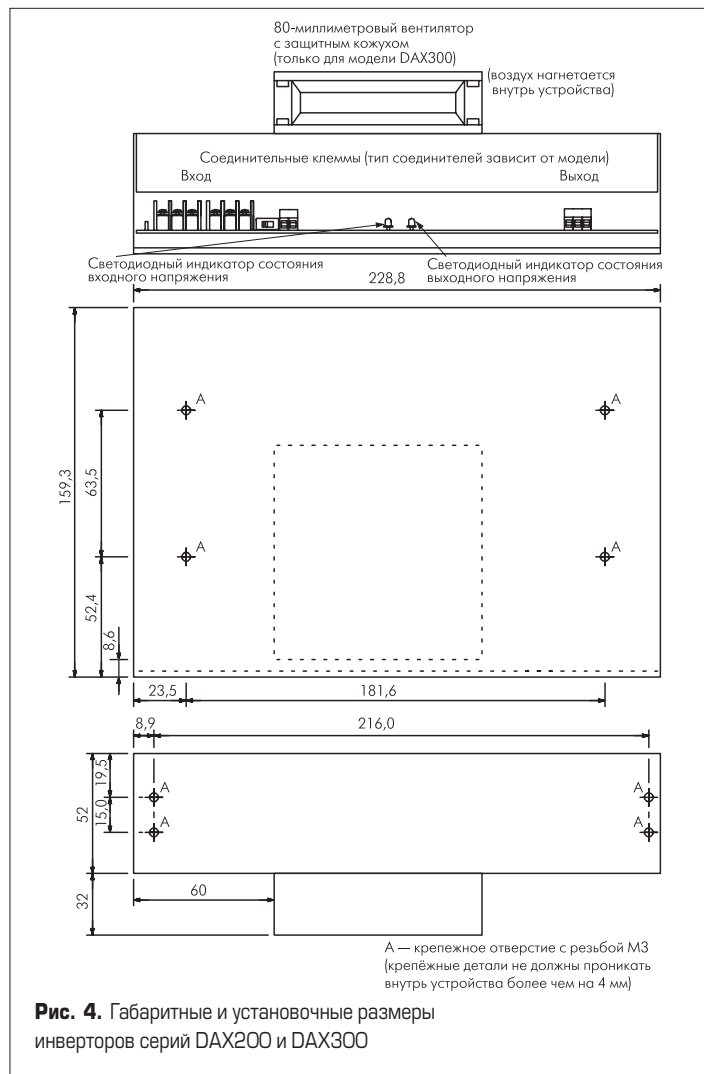


Таблица 2. Сводная таблица моделей и заказных кодов инверторов серии SLI

| Код модели                        | Входное напряжение, В постоянного тока                                 | Номинальное значение выходного напряжения, В переменного тока | Диапазон выходных напряжений, В переменного тока | Диапазон частот выходного напряжения, Гц |
|-----------------------------------|--|---|--|--|
| SLI-48-230                        | 48   | 230   | 200...240  | 47...63                                  |
| SLI-48-115                        | 48   | 115   | 100...120  | 47...63                                  |
| SLI-24-230                        | 24   | 230   | 200...240  | 47...63                                  |
| SLI-24-115                        | 24   | 115   | 100...120  | 47...63                                  |
| Перечень дополнительных вариантов |  |   |  |  |
| Суффикс варианта                  | Описание   |   |  |  |
| -STS                              | Внутреннее безынерционное переключающее устройство передачи напряжения |   |  |  |
| -HS                               | Исполнение с режимом «горячая» замена                                  |   |  |  |
| -SC                               | Клемная коробка для подключения переменного напряжения                 |   |  |  |
| -CAN                              | Шина CAN   |   |  |  |

Таблица 3. Основные технические характеристики DC/AC-преобразователей серии SLI

| Входные характеристики   |  |
|--|--|
| Диапазон входных напряжений  | <ul style="list-style-type: none"> <li>40...72 В постоянного тока (для моделей с номинальным напряжением 48 В)</li> <li>20...36 В постоянного тока (для моделей с номинальным напряжением 24 В)</li> </ul>   |
| Защита входных цепей от перегрузки по току                             | Внутренний предохранитель, 70 А (48 В); 140 А (24 В)   |
| Входной ток  | <ul style="list-style-type: none"> <li>48 А при 36 В (для 48-вольтовых моделей)</li> <li>100 А при 18 В (для 24-вольтовых моделей)</li> </ul>  |
| Пусковой ток   | < 10 А   |
| Напряжение срабатывания схемы защиты от превышения входного напряжения | 74 В (для 48 В); 37 В (для 24 В)   |
| Пороговое напряжение входной сети для включения преобразователя        | 36 В (для 48 В); 18 В (для 24 В)   |
| Выходные характеристики  |  |
| Диапазон выходных напряжений   | <ul style="list-style-type: none"> <li>200...240 В переменного тока (для моделей с номинальным выходным напряжением 230 В переменного тока)</li> <li>110...120 В переменного тока (для моделей с номинальным выходным напряжением 115 В переменного тока)</li> </ul>   |
| Выходная мощность  | 1500 В·А   |
| Перегрузка   | <ul style="list-style-type: none"> <li>1800 В·А (для моделей с входом 230 В)</li> <li>1650 В·А (для моделей с входом 115 В)</li> </ul>   |
| Импульс мощности в нагрузке  | <ul style="list-style-type: none"> <li>2300 В·А в течение 200 мс (для 230 В моделей)</li> <li>1750 В·А в течение 200 мс (для 115 В моделей)</li> </ul>   |
| Коэффициент мощности нагрузки  | 0,4...1 при емкостной или индуктивной  |
| Коэффициент формы  | 4  |
| Пульсация выходного напряжения   | 2% (от пика до пика), спектр частот 20 Гц ... 20 МГц   |
| Нестабильность по напряжению   | ±0,1% при заданных пределах изменения входного напряжения  |
| Нестабильность по току   | ±2% при заданных пределах изменения тока нагрузки  |
| Коэффициент гармоник выходного напряжения при резистивной нагрузке     | <2%  |
| Устройства защиты:   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Защита от превышения выходного напряжения: пороги срабатывания для всех выходов установлены на 115±2% номинального значения</li> <li>Пороговое напряжение входной сети для отключения блока: пороги срабатывания для всех выходов установлены на 85±2% номинального значения</li> <li>Защита от короткого замыкания: пиковое значение тока; 30 А (для 230 В); 60 А (для 115 В)</li> <li>Защита от перегрузки по току: от 1 до 8 А (для 230 В); от 2 до 15 А (для 115 В)</li> <li>Безопасная защита от перегрузки по току: 10 А (для 230 В); 15 А (для 115 В) посредством автоматического выключателя</li> <li>Защита от перегрева (визуальный и звуковой сигналы за 5 °С до срабатывания защиты): при температуре окружающей среды &gt;65 °С и при температуре внутри корпуса &gt;110 °С</li> <li>Режимы возврата в номинальный режим: режим возврата в номинальный режим работы может быть выбран индивидуально для каждого вида защиты</li> <li>Общий сигнал тревоги: фотореле (открыто при аварийном режиме)</li> <li>ЖКИ-панель: двухстрочный ЖКИ с клавиатурой для передвижения по меню</li> <li>Светодиодный индикатор: 4; зеленого свечения (питание вкл.), красного свечения (общая авария, перегрев, отказ вентилятора)</li> </ul> |
| Общие характеристики   |  |
| Частота выходного напряжения   | 50 или 60 Гц   |
| Диапазон рабочих температур  | <ul style="list-style-type: none"> <li>При полной нагрузке: от -25 до +55 °С</li> <li>Снижение номинальной мощности: 75 Вт/°С: в диапазоне температур от +55 до +65 °С</li> <li>Диапазон температур хранения: от -40 до +85 °С</li> </ul>  |
| Влажность (без конденсации влаги)                                      | 0-90%  |
| Высота в рабочем состоянии   | 3900 м   |
| Гальваническая развязка  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Электрическая прочность между первичной и вторичной цепями: 3000 В (действующее значение)</li> <li>Электрическая прочность между вторичной цепью и корпусом: 1500 В (действующее значение)</li> <li>Электрическая прочность между первичной цепью и корпусом: 1000 В (действующее значение)</li> <li>Между сигнальными цепями и корпусом: 0 В (действующее значение)</li> </ul>   |
| Среднее время наработки на отказ (MTBF)                                | > 200 000 ч, рассчитано для 40 °С  |
| Масса  | 5,6 кг   |
| Габаритные размеры, Ш×В×Г  | 482,6×43,5×379,5 мм  |



Рис. 6. Внешний вид инвертора серии SLI



Рис. 7. Внешний вид конструкции инвертора SLI-24-230 (крышка снята)

простую программируемость основных параметров посредством небольшой клавиатуры и ЖК-дисплея, установленных на передней панели. Для управления применяется также микроконтроллер семейства AVR ATmega103-6AI фирмы ATMEL.

Таким образом, инверторы серии SLI являются интеллектуальными устройствами, а связь инверторов с внешними контроллерами обеспечивается коммуникационными интерфейсами RS-485 и CAN (по заказу).

Основные технические характеристики DC/AC-преобразователей серии SLI представлены в таблице 3.

Характерными особенностями компактных инверторов с выходной мощностью 1500 В·А являются:

- новая компактная конструкция для монтажа в конструктив 19" (высота 1U, глубина 14,94", ширина 19");
- высокое значение КПД (до 93%);
- высокое качество выходного напряжения (синусоидальная форма выходного напряжения с коэффициентом гармоник менее 2%);
- параллельное включение с равномерным распределением тока нагрузки и синхронизацией многочисленных (до 99 штук) параллельно включенных инверторов;
- ЖК-дисплей на передней панели для контроля и установки основных параметров;
- возможность последовательного соединения в сети RS-485 и CAN;
- возможность реализации режима «горячей» замены (по заказу);
- наличие внутреннего автоматического переключающего (питание от сети или через инвертор) устройства (по заказу).

Силовой трансформатор, обеспечивающий гальваническую развязку и согласование номиналов входного и выходного напряжений,



Рис. 8. Внешний вид силового трансформатора Compact Coil Transformer

определяет массу и объем инвертора, выполнен по запатентованной фирмой Magnetek технологии Compact Coil Transformer и характеризуется низкой индуктивностью рассеяния обмоток, хорошим потокосцеплением, а также высокой прочностью изоляции. Трансформатор Compact Coil Transformer соответствует жестким требованиям по обеспечению ЭМС, диапазон рабочих температур лежит в границах от  $-25$  до  $+120$  °С. На рис. 8 представлен внешний вид силового трансформатора Compact Coil Transformer, а на рис. 9 — сборочный чертеж силового трансформатора.

Основные характеристики силовых трансформаторов Compact Coil:

- компактная конструкция (размеры:  $56 \times 41 \times 18$  мм);
- масса 60 г;
- КПД 98...99%;
- рекомендованный диапазон частот — от 20 кГц до 1 МГц;
- типовые применения в структурах:
  - однофазная прямоходовая,
  - однофазная обратнотходовая,
  - мостовая двухфазная,
  - полумостовая,
  - двухфазная;
- варианты монтажа:
  - горизонтальный,
  - вертикальный,
  - SMT;
- электрическая прочность изоляции до 3000 В (действующее значение), испытан в соответствии с требованиями ГОСТ Р 50377-92 (МЭК 60950-86);
- тепловое контактное сопротивление корпус-радиатор:  $1,3$  °С/Вт (односторонний теплоотвод),  $1$  °С/Вт (двухсторонний теплоотвод).

Полевые MOSFET-транзисторы импульсного повышающего преобразователя управляются интегральными микросхемами IR2110S производства фирмы International Rectifier, характеризующимися высоким значением импульсного выходного тока, что обеспечивает зарядку емкости «затвор-исток» силовых ключей за короткое время, а также возможностью формирования фиксированной паузы в управляющих сигналах для устранения сквозных токов в мостовом силовом каскаде. Выходной мостовой каскад выполнен на IGBT-транзисторах.

Для обеспечения нормального теплового режима инвертора применяется принудительный обдув четырьмя бесщеточными вентиляторами постоянного тока (запитываются от внутреннего напряжения 12 В, ток потребления 0,195 А, модель 109P0412H352

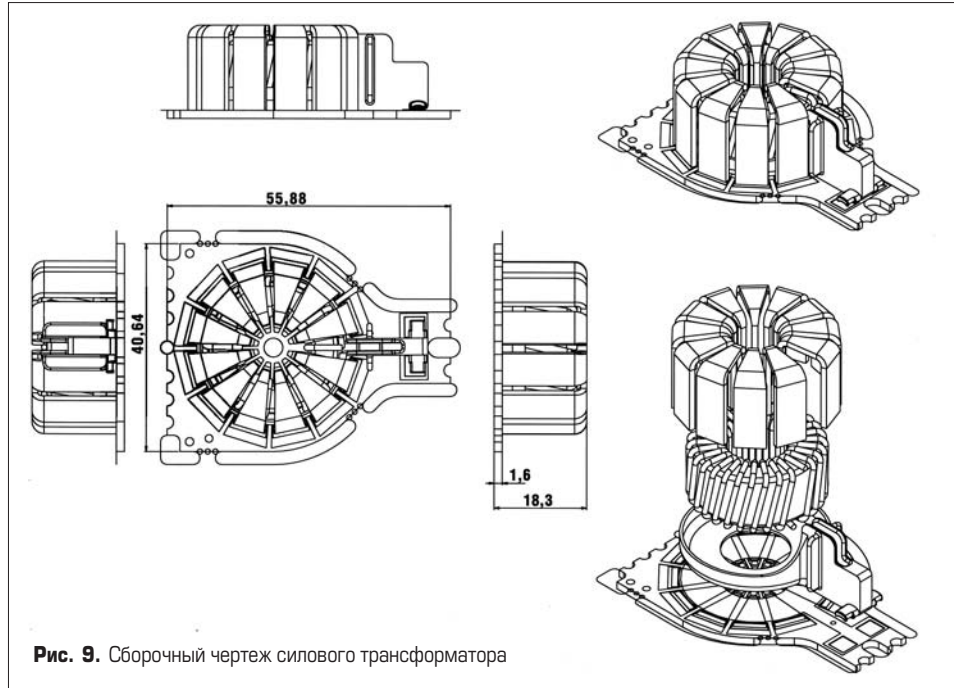


Рис. 9. Сборочный чертеж силового трансформатора

фирмы SANYO DENKI) установленными на задней стенке корпуса инвертора. Для создания вентиляторами воздушного потока, требуемого для поддержания нормального теплового режима, необходимо обеспечить зазор как минимум 254 мм между задней стенкой инвертора и стенкой монтажного корпуса. Это связано с тем, что воздух всасывается через вентиляционные отверстия на передней панели и выдувается через отверстия в задней стенке корпуса инвертора.

На рис. 10 представлен пример применения инверторов серии SLI в системе электроснабжения телекоммуникационной аппаратуры. Упрощенная функциональная схема системы электроснабжения (рис. 10) показывает принцип организации бесперебойного питания напряжением переменного тока при помощи инвертора. Это решение интересно и тем, что оно обеспечивает очень низкий коэффициент гармоник выходного синусоидального напряжения, используемого для питания аппаратуры.

### Заключение

Преобразователи постоянного напряжения в напряжение переменное синусоидальное (инверторы) фирм XP Electronics и Magnetek выполнены с использованием современных схмотехнических решений для силовых контуров. Применяемые в них схемы управления построены на базе интегральных схем с большой и сверхбольшой

степенью интеграции. Эти инверторы характеризуются хорошими массогабаритными параметрами, качественным выходным напряжением, высокими показателями надежности. Они способны функционировать от источников входной электроэнергии широкого спектра номиналов, что позволяет применять их в системах автоматики и вычислительной техники, а также в телекоммуникационных системах.

### Литература

1. Крогерис А., Рашевец К., Рутманис Л. и др. Полупроводниковые преобразователи электрической энергии / Под ред. А. Крогериса. Рига: Зинатне. 1969.
2. Конев Ю. И., Гулякович Г. Н., Полянин К. Н. и др. Микроэлектронные электросистемы. Применения в радиоэлектронике / Под ред. Ю. И. Конева. М.: Радио и связь. 1987.
3. Моин В. С. Стабилизированные транзисторные преобразователи. М.: Энергоатомиздат. 1986.
4. Жданкин В. К. Устройства силовой электроники фирмы Zicon Electronics // Современные технологии автоматизации. 2000. № 1.
5. SLI Telecom Inverter. Installation Manual. Rev.A. Italy: Magnetek S.p.A. 2003.
6. SLI 1.5Kw Telecom Inverter. User's Guide. Rev.A. Italy: Magnetek S.p.A. 2003.

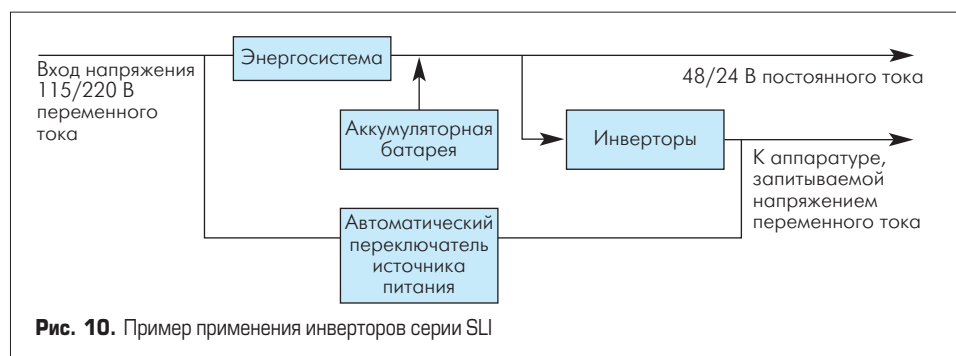


Рис. 10. Пример применения инверторов серии SLI