

Инверторы напряжения

для телекоммуникационных систем

Инверторы напряжения предназначены для преобразования энергии постоянного напряжения (тока) в энергию переменного напряжения (тока). По принципу действия, назначению и условиям эксплуатации конкретные практические схемы инверторов весьма разнообразны. Сегодня инверторы напряжения занимают большую долю российского рынка силовой преобразовательной техники. Устройства данного класса широко используются как в бытовой и промышленной, так и в военной технике.

Сергей Алдокимов

aldokimov@transtk.ru

Михаил Кастров,

к. т. н.

Геннадий Сорокин

Владимир Царенко

kastrov@mmp-irbis.ru

Применение инверторов напряжения обусловлено двумя основными факторами: отсутствием сети переменного тока или низким качеством сети в случае ее наличия (провалы и броски напряжения, нестабильность частоты или напряжения и т. д.).

В настоящее время на отечественном рынке представлены инверторы с синусоидальной и с квазисинусоидальной (прямоугольной) формой выходного напряжения. Произведем анализ этих преобразователей по следующим трем критериям:

1. Требования к выходному напряжению инвертора

В связи с тем, что транзисторы силового контура инвертора, как правило, работают в ключевом режиме, естественной формой выходного напряжения является прямоугольная. Такая форма удобна для нагрузок постоянного тока, получающих питание с выхода инвертора через выпрямитель и фильтр, так как при этом пульсации основной гармоники напряжения на входе фильтра невелики. Для ряда нагрузок переменного тока такая форма питающего напряжения или допустима (осветительные и нагревательные приборы), или приемлема (электродвигатели, обмотки электромагнитов, реле и т. п.), поскольку первые безразличны к роду тока, а вторые сами обладают фильтрующими свойствами вследствие индуктивного характера эквивалентного сопротивления.

Для некоторых нагрузок переменного тока, например для радио, беспроводных и проводных телекоммуникационных систем, гироскопов, датчиков угловых скоростей, сельсинов и т. п., требуется чисто синусоидальная форма питающего напряжения, так как при наличии высших гармоник происходит сильное искажение регулировочных характеристик этих устройств.

Синусоидальная форма выходного напряжения наиболее универсальна, то есть обеспечивает эффективную работу всех видов нагрузок переменного тока, а иногда становится целесообразной и для нагруз-

зок постоянного тока, так как обеспечивает коммутацию силовых транзисторов и диодов при токе, близком к нулю. При этом уменьшаются высокочастотные пульсации, радиопомехи и, следовательно, масса и габаритные размеры фильтрующих узлов в инверторе, потребителе и линии связи. При синусоидальной форме напряжения передача энергии на значительные расстояния по обычным проводным линиям не вызывает искажения формы напряжения.

Качество выходного напряжения, то есть приближение его формы к синусоидальной, принято характеризовать коэффициентом гармоник K_f , [%], определяемым как отношение действующего значения высших гармоник к действующему значению первой (основной) гармоники:

$$K_f = 100 \times \sum_{n=n_{\min}}^{n=\infty} \sqrt{(U_n/U_1)^2} = 100 \times \sqrt{(U/U_1)^2 - 1},$$

где U_n — действующее значение напряжения гармоники с номером n ; U_1 — действующее значение напряжения первой гармоники; U — действующее значение выходного напряжения; n_{\min} — номер ближайшей к основной высшей гармоники.

2. Масса, габариты и структура

По структуре построения инверторы напряжения подразделяются на устройства с однократным преобразованием энергии (инвертор, работающий на низкочастотный, в частности 50 Гц, согласующий трансформатор) и устройства с промежуточным высокочастотным повышающим DC/DC-преобразователем (инвертор — согласующий высокочастотный трансформатор — выпрямитель — инвертор). Современные тенденции миниатюризации источников вторичного электропитания требуют повышения частоты преобразования. Исходя из этого, предпочтительной является вторая структура инвертора, так как в ней отсутствует громоздкий, низкочастотный трансформатор. Кроме того, КПД таких инверторов значительно выше, чем у инверторов, построенных по структуре инвертор — трансформатор.

3. Контроль, управление и мониторинг

Стремительное развитие цифровой микропроцессорной техники позволяет значительно упростить и удешевить систему управления, мониторинга и контроля инвертором. В то время как десятки лет назад для построения «интеллектуального» инвертора необходимо было использовать огромное количество микросхем, печатных плат и других элементов, в настоящее время для этого требуется всего лишь одна микросхема. Значительно упрощается решение проблемы параллельной работы инверторов для построения систем питания переменного тока. Используя внешний интерфейс, возможно дистанционно (компьютер, модем) управлять инвертором и получать информацию о его состоянии.

А что же выбрать?

Рынок инверторов напряжения широк и многообразен — от устройств с выходной мощностью в сотни В·А до устройств с выходной мощностью в тысячи кВ·А; от дешевых инверторов с низким качеством выходного напряжения до дорогих «высокоинтеллектуальных». Естественным становится вопрос: какой инвертор выбрать? Ответ на этот вопрос неоднозначен. Здесь необходимо учитывать область применения, которая обуславливает требования к качеству выходного напряжения, массе, габаритам, КПД, не стоит также забывать и об экономии.

Компания ЗАО «ИРБИС-Т», учитывая разнообразный круг потребителей, выпускает инверторы различного класса: недорогие инверторы с квазисинусоидальной формой выходного напряжения, построенные по структуре «инвертор — трансформатор» с мощностью до 10 кВ·А; недорогие инверторы с синусоидальной формой выходного напряжения (инвертор — согласующий высокочастотный трансформатор — выпрямитель — инвертор) с мощностью до 1,5 кВ·А.

В настоящее время пользователи источников и стоек бесперебойного электропитания постоянного тока для телекоммуникационной аппаратуры все чаще включают в их состав инверторы напряжения. Современные интеллектуальные стойки бесперебойного электропитания, как правило, комплектуются компьютерами для мониторинга и управления, автономными системами вентиляции, кондиционирования, освещения, питающимися от промышленной сети. Для поддержания непрерывной работы этих вспомогательных систем во время провала напряжения питающей сети и применяются инверторы, преобразующие постоянное напряжение аккумуляторных батарей в переменное синусоидальное. Специалисты телекоммуникационной компании «ТрансТелеКом» сформулировали технические требования к инверторам напряжения для использования в их аппаратуре, которые легли в основу разработки ряда устройств в компании «Ирбис-Т».

Инверторы с синусоидальной формой напряжения в номенклатуре предприятия де-

лятся на две подгруппы по уровню выходной мощности: 400–700 Вт и 2000–10 000 Вт.

Модели PS60/400, PS48/400, PS24/400 — наименее сложные из ряда с синусоидальной формой выходного напряжения. В них реализованы только самые необходимые функции, такие как защита от короткого замыкания и переплюсовки на входе. Эти инверторы лидируют по объему продаж, хотя и не имеют сертификата Министерства связи.

Сертификат Министерства связи имеет другая группа инверторов, включающая более 30 моделей, разработанная для эксплуатации именно в аппаратуре связи. Предусмотрено два конструктивных исполнения.

Первое исполнение — в 19-дюймовом корпусе высотой 2U (рис. 1). В этом корпусе по заказу потребителя можно установить одну или две одинаковые силовые платы инвертора мощностью 400 или 700 Вт. В свою очередь, каждая из этих плат может иметь встроенный модуль, обеспечивающий параллельную работу до семи однотипных инверторов.



Рис. 1. Инвертор PS60/700C-P-2

Второе исполнение — в вертикальном корпусе высотой 5U (рис. 2), рассчитанном на размещение одной платы инвертора мощностью 400 или 700 Вт.



Рис. 2. Инвертор PS48/400C

Инверторы с опцией «параллельная работа» дополняются ЖКИ-дисплеем для визуального контроля текущих параметров и информации об авариях.

Инверторы мощностью 1500 Вт выпускаются только в 19-дюймовом корпусе. Отличительной особенностью инверторов с индексом «С» является минимальный уровень пульсаций входного тока на частоте 100 Гц. Это достигается не увеличением реактивных элементов входного фильтра, а использованием специального алгоритма управления силовыми ключами, реализованного с применением микроконтроллеров.

Для обеспечения равномерного распределения тока нагрузки и совпадения фаз при параллельном включении инверторов, кроме выходных цепей объединяются сигнальные цепи. Сигнальная цепь выведена на разъем

передней панели. В сдвоенных инверторах эти цепи дополнительно могут быть объединены внутри корпуса.

Основные технические характеристики инверторов:

- Диапазон номинальных входных напряжений: 10,2–13,8 В, 20,4–27,6 В, 40,8–55,2 В, 51–69 В.
- Номинальное выходное напряжение — 220 В.
- Точность стабилизации выходного напряжения — $\pm 5\%$.
- Частота выходного напряжения — 50 Гц.
- Точность частоты выходного напряжения — $\pm 0,5\%$.
- Крест-фактор — 3.
- Коэффициент гармоник выходного напряжения (при работе на активную нагрузку) — не более 3%.
- Уровень радиопомех — по ГОСТ Р 51318.14.1-99.
- Типовой КПД — 85%.
- Степень защиты — по ГОСТ 14254-96: IP 20.
- Режим работы — непрерывный.
- Функциональные особенности:
 - электронная защита от перегрузок и короткого замыкания;
 - электронная защита от повышенного входного напряжения;
 - защита от неправильной полярности подключения источника постоянного тока;
 - защита аккумуляторной батареи от глубокого разряда;
 - тепловая защита.
- Условия эксплуатации:
 - климатическое исполнение — УХЛ 4.2 (ГОСТ 15150);
 - механические воздействия — группа М1 (ГОСТ 17516.1).

Инверторы мощностью от 2000 до 10 000 Вт, в отличие от менее мощных, питаются от сети постоянного тока напряжением 200 В. На базе этих инверторов строятся мощные системы бесперебойного питания переменного тока. Есть примеры успешного использования этих устройств в системах электропитания с ветрогенераторами. Внешний вид инвертора с выходной мощностью 4 кВт представлен на рис. 3.



Рис. 3. Инвертор ШТИЛЬ PS200/4000