

# Многоканальный силовой полупроводниковый модуль

Владимир Бойко, Павел Коваленко, Виктор Шевяков, Андрей Игнатов (г. Пермь)

В статье описан 4-канальный силовой полупроводниковый модуль М16-5-1 УХЛЗ, созданный в результате сотрудничества ОАО «СТАР» (Системы топливопитания и автоматического регулирования, г. Пермь), ОАО «ВЗПП-С» (Воронежский завод полупроводниковых приборов – сборка), ЗАО «ВЗПП-Микрон» (Воронежский завод полупроводниковых приборов – Микрон) и ОАО «ДЗРД» (Донской завод радиодеталей). Статья ориентирована на разработчиков электронного оборудования, предназначенного для управления агрегатами и системами современных авиационных двигателей.

## ВВЕДЕНИЕ

Коммутация силовых и сигнальных электрических цепей является одной из наиболее распространённых функций управления газотурбинными двигателями. К особенностям элементов коммутации относятся эксплуатация в

условиях жёстких воздействий окружающей среды, широкий диапазон напряжений и высокие требования к надёжности.

К устойчивости авиационного оборудования под воздействием сильных электромагнитных полей и переход-

ных процессов, вызванных молниями, предъявляются всё более жёсткие требования, которые призваны обеспечить безопасность полётов в условиях излучения РЛС и грозových разрядов (квалификационные требования КТ-160D,F и соответствующие зарубежные требования DO-160D,F).

Учёт этих требований должен способствовать поддержанию работоспособности устройств коммутации в следующих условиях:

- среднее значение напряжённости электрической составляющей электромагнитного излучения до 300 В/м, импульсное значение до 3000 В/м;
- пиковое значение тока в выходных цепях устройств коммутации до 40 А при длительности импульса до 1 мс.

Ужесточение требований происходит с одновременным уменьшением массогабаритных характеристик электронной аппаратуры. В ходе разработки электронного регулятора для перспективного авиационного двигателя ПД-14 была поставлена задача создания модуля М16-5-1, при решении которой были достигнуты устойчивость к указанным выше воздействиям и уменьшение габаритных размеров. Это удалось сделать за счёт применения специально разработанных и не имеющих аналогов элементов в бескорпусном исполнении, в том числе мощного ограничителя напряжения и n-канального полевого транзистора с низким пороговым напряжением.

Основные технические характеристики модуля:

- четыре канала управления;
- широкий диапазон коммутируемых напряжений 10...80 В;
- диапазон коммутируемых токов 0...3,5 А;
- управление от логических элементов КМОП с напряжением питания 3,3...5,0 В;
- защита выходных электрических цепей модуля от внешних импульсных воздействий (экспоненциальный импульс тока с пиковым значением до 40 А и длительностью до 1 мс на уровне 0,5);
- рабочая температура –60...85°C;

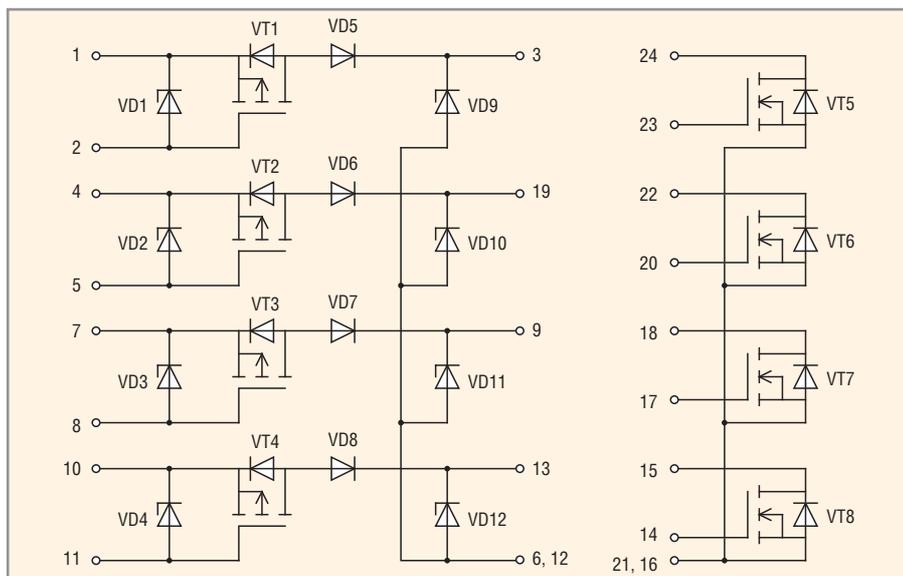


Рис. 1. Принципиальная электрическая схема модуля

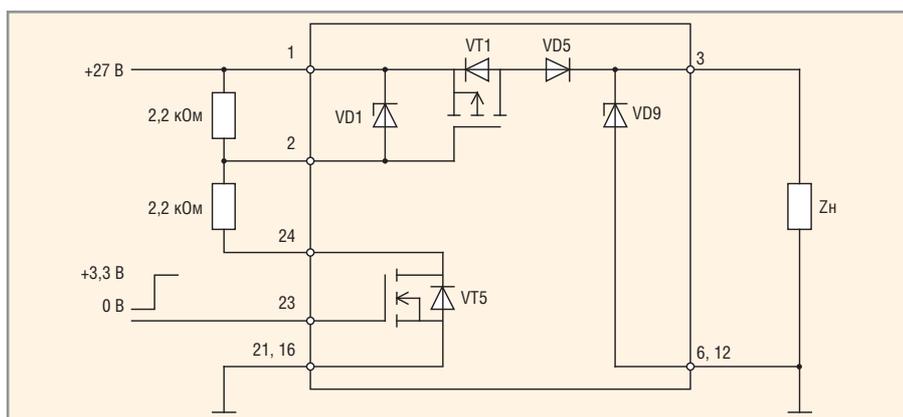


Рис. 2. Схема включения одного из каналов модуля

- ускорение до 20g в диапазоне частот синусоидальной вибрации до 2000 Гц;
- тепловое сопротивление между элементами и основанием 2°С/Вт;
- тепловое сопротивление корпус – окружающая среда (без теплоотвода) при температуре окружающего воздуха +85°С – 14°С/Вт.

## ЭЛЕМЕНТЫ, СТРУКТУРА И КОНСТРУКЦИЯ МОДУЛЯ

При разработке модуля были решены вопросы обеспечения надёжности в условиях указанных выше воздействий с помощью полупроводниковых ограничителей напряжения. Непосредственное управление работой модуля сигналами логических элементов с напряжением питания 3,3...5 В осуществляется n-канальными полевыми транзисторами с низким пороговым напряжением. Высокочастотное импульсное управление нагрузкой обеспечивают низкие входные ёмкости n-канального и р-канального транзисторов.

Ограничитель напряжения и n-канальный транзистор специально разработаны для модуля М16-5-1 и по совокупности функциональных и габаритных характеристик не имеют аналогов. Применение элементов в бескорпусном исполнении позволило уменьшить габаритные размеры модуля.

Подробные технические характеристики модуля приведены в технических условиях главного конструктора ВЛЕИ.435714.002ТУ ГК. Принципиальная электрическая схема модуля представлена на рисунке 1.

Модуль содержит только полупроводниковые элементы, выполняющие функции коммутации, управления и защиты. Вспомогательные элементы являются внешними по отношению к модулю. Такой подход позволяет оптимальным образом задать режим работы элементов модуля в зависимости от диапазона коммутируемых напряжений и требуемую скорость переключения при импульсном формировании напряжения на нагрузке.

Основными элементами схемы являются р-канальные полевые транзисторы, соединённые с выходами через диоды, предотвращающие протекание тока от выхода к входу при соединении выходов нескольких модулей по схеме «монтажное «ИЛИ». Выходы модуля защищены ограничителями напряжения, одновременно выполняющими функцию обратных диодов при

управлении индуктивными нагрузками. Затворы р-канальных транзисторов защищены стабилитроном.

Схема включения одного из каналов модуля представлена на рисунке 2. Напряжение на затворе р-канального транзистора, необходимое для включения модуля, формируется делителем напряжения, подключённым к стоку n-канального транзистора.

При разработке модуля основное внимание было уделено гибкости структуры модуля, получению заданных электрических характеристик компонентов и технологической подготовке производства, включая автоматическую сборку и проверку модуля. Конструктивное исполнение модуля обеспечило низкое сопротивление соединений элементов модуля и высокую теплопроводность между элементами и основанием корпуса.

Модуль выполнен по гибридной технологии, его элементы размещены в металлокерамическом корпусе, имеющем медное теплопроводящее основание. На основании установлены изолирующие теплоотводящие керамические подложки с двухсторонней металлизацией (нижняя сторона сплошная, верхняя – с рисунком для соединения элементов). На площадках верхней металлизации установлены кристаллы элементов, верхние выводы которых соединены с другими площадками ультразвуковой сваркой. Внешний вид модуля показан на ри-

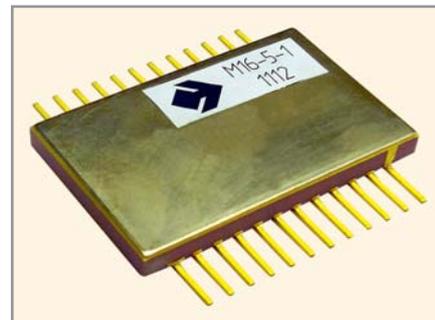


Рис. 3. Внешний вид модуля

сунке 3, габаритные размеры (без учёта выводов) составляют 54×33,4 мм.

## ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МОДУЛЕЙ

Использование модуля для коммутации напряжений повышает уровень интеграции и исключает необходимость введения в схему крупногабаритных элементов защиты от внешних электрических воздействий.

Модули входят в состав электронной системы управления двигателем ПД-14 для создаваемого в настоящее время среднемагистрального самолёта МС-21 и планируются для использования в перспективных разработках ОАО «СТАР».

Модули могут быть использованы в устройствах с аналогичными требованиями по диапазону коммутируемых напряжений и токов и параметрам окружающей среды (авиастроение, автомобилестроение, космическая техника).

