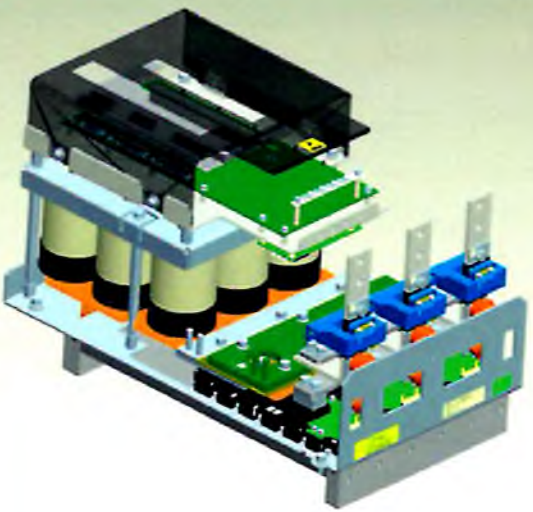
«Инфра-Инженерия»



И. К. НИКИФОРОВ

ЭЛЕКТРОННАЯ АППАРАТУРА

БИПОЛЯРНЫЕ ТРАНЗИСТОРЫ С ИЗОЛИРОВАННЫМ ЗАТВОРОМ. СИЛОВЫЕ МОДУЛИ

ОГЛАВЛЕНИЕ

Обозначения физических величин 3
Условные сокращения 4
Предисловие 9

1. IGBT. Общие вопросы и технологии структур 10
1.1. Общие вопросы 10
1.2. Сравнение IGBT с другими транзисторными структурами 18
1.3. Технологии IGBT 28
1.4. Тенденции развития и примеры других IGBT-структур 45
Контрольные вопросы 63
Список литературы 64

2. Надежность и диагностирование параметров IGBT-модулей 67
2.1. Надежность силовых модулей 67
2.2. Диагностирование и измерение ряда параметров IGBT-модулей 121
Контрольные вопросы 149
Список литературы 151

3. Основные конструктивы IGBT-модулей 155
3.1. Конструктивные особенности, общие технологии и материалы, применяемые в производстве модулей 155
3.2. Конструктивы IGBT-модулей 202
3.2.1. IGBT-модули отечественных фирм 202
3.2.2. IGBT-модули компании Semikron 209
3.2.3. IGBT-модули фирмы Infineon 262
3.2.4. IGBT-модули фирмы Mitsubishi Electric и Fuji Electric 279
3.2.5. IGBT-модули других фирм и компаний 291
3.3. Системы охлаждения модулей 297
3.3.1. Пассивное охлаждение 300
3.3.2. Активное охлаждение модулей 306
Контрольные вопросы 323
Список литературы 325

4. Управление и режимы работы IGBT-модулей 331
4.1. Драйверы и контроллеры управления 331
4.1.1. Драйверы и их назначение 331
4.1.2. Затворный резистор 347
4.1.3. Динамические режимы работы драйверов 359
4.1.4. Примеры реализации драйверов 381
4.2. Электрические режимы IGBT 401
4.2.1. Электрические режимы и параметры 401
4.2.2. Защитные цепи 466
4.2.3. Примеры схем и применений модулей 480
Контрольные вопросы 501
Список литературы 502

Приложение 1. Характеристики ТПМ в виде паст 507
Приложение 2. Основные характеристики высоконадежных резисторов компании Vishay 508
Приложение 3. Основные характеристики высоконадежных резисторов компании Vishay 509
Приложение 4. Основные характеристики высоконадежных конденсаторов компании Vishay 510
Приложение 5. Примеры основных характеристик катушек индуктивности компании Vishay 511
Приложение 6. Паразитные элементы IGBT-структуры 511