

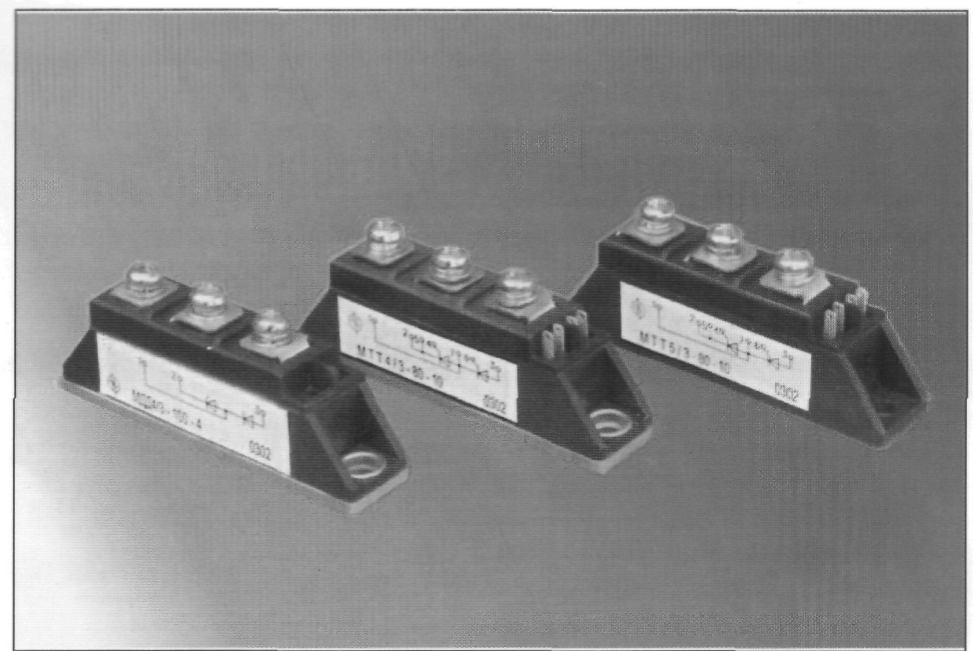
ЭЛЕМЕНТ-ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ

СИЛОВЫЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ

ПРИБОРЫ

МОДУЛИ

25 - 100 А



Запорожье

ООО “ЭЛЕМЕНТ - ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ”

Силовые полупроводниковые приборы

Модули 25 -100 А

ИНФОРМАЦИОННЫЙ КАТАЛОГ

Запорожье “Альфа - Омега” 2002

УДК 621. 382
ББК 32. 852
С 36

Руководитель проекта Солодовник А. И.

Составители: В. Г. Богодерова, В. В. Веревкин, Н. Н. Высочина, Р. И. Рыбак,
А. Л. Санчугов.

С 36 Силовые полупроводниковые приборы. Модули 25 - 100 А.- Запорожье: Альфа-Омега, 2002. - 108 с.

Приведены технические характеристики силовых полупроводниковых модулей на токи 25 - 100 А. Включены данные о модулях диодных, тиристорных, оптотиристорных и комбинированных. Представлены конструкции и схемы исполнения, указаны назначение и область применения приборов. Приведены наиболее важные для практического применения характеристики полупроводниковых приборов. Показаны способы практического использования приведенных характеристик, даны методики определения допустимых нагрузок модулей в однофазных и трехфазных схемах. Предназначен для разработчиков силовой преобразовательной техники, конструкторов, аспирантов, студентов, может быть использован широким кругом заинтересованных читателей.

ББК 32. 852

С 36 Силові напівпровідникові прилади. Модулі 25 - 100 А.- Запоріжжя: Альфа-Омега, 2002. - 108 с.

Наведені технічні характеристики силових напівпровідникових модулів на струми 25 - 100 А. Включені дані по модулях діодних, тиристорних, оптотиристорних та комбінованих. Представлені конструкції й схеми виконання, вказано призначення та сферу застосування приладів. Викладені найбільш важливі для практичного використання характеристики напівпровідникових приладів. Показані методи практичного застосування наведених характеристик, методики визначення допустимих навантажень модулів у однофазних та трифазних схемах. Призначений для інженерно-технічних працівників підприємств - розробників силовій перетворювальної техніки, конструкторів, аспірантів, студентів навчальних закладів, може бути використаний широким колом зацікавлених читачів.

ББК 32. 852

© ООО "Элемент - Преобразователь", 2002
© ООО "НПП Альфа-Омега", 2002
© ЗАО "Запорожский аналитический центр", 2002

ВВЕДЕНИЕ

Предлагаемое издание содержит данные о силовых полупроводниковых приборах - модулях на токи 25 – 100 А, выпускаемых ООО “Элемент - Преобразователь”.

Предназначено для широкого круга специалистов в области разработки силовых электротехнических устройств. Позволяет повысить качество разработок благодаря использованию достоверных данных от производителя. Отличается расширенным числом параметров и характеристик силовых полупроводниковых модулей, полученных в результате многолетнего практического опыта разработки и изготовления силовых полупроводниковых приборов.

Модули состоят из структур двух силовых полупроводниковых элементов: диодов, тиристоров, оптотиристоров. В зависимости от набора составляющих их структур, приборы подразделяются на следующие функциональные группы:

- модули тиристорные и комбинированные;
- модули оптотиристорные и комбинированные;
- модули на быстродействующих тиристорах;
- модули диодные;
- модули на частотных диодах.

Издание содержит следующие сведения об указанных приборах:

- назначение и область применения;
- влияние климатических и механических внешних воздействующих факторов;
- технические характеристики;
- предельно допустимые параметры и характеристики;
- указания по монтажу и эксплуатации модулей с охладителем;
- характеристики и параметры модулей с охладителем;

Приведены следующие необходимые для практического использования зависимости:

- предельные прямые вольт-амперные характеристики;
- нагрузочные характеристики в открытом состоянии;
- допустимые аварийные перегрузки приборов;
- характеристики цепей управления;
- параметры и характеристики переключения, обратного восстановления;
- тепловые характеристики.

Даны методики и рекомендации по применению информационных материалов.

Указанные параметры и характеристики представлены законченными блоками, для каждой функциональной группы приборов отдельно.

Представлены внешний вид, основные размеры и схемы соединения элементов модулей, указаны назначение и область их применения.

Описаны наиболее важные для практического применения параметры и характеристики модулей, приведены примеры практического определения допустимых нагрузок при использовании приборов в однофазных и трехфазных мостовых схемах, а также соотношения для расчета допустимых амплитудных значений тока в зависимости от длительности рабочей перегрузки.

Отражены особенности реализации, условий эффективного практического использования отдельных групп и исполнений функциональных элементов.

Зависимости параметров и характеристик от условий работы модулей приведены в таблицах и на рисунках по тексту соответствующих глав.

Содержатся сведения, необходимые потребителям для формулирования заказа указанных типов силовых полупроводниковых приборов.

В первой главе изложены общие сведения, во второй главе - основные технические данные и характеристики по функциональным группам, указанных выше силовых полупроводниковых модулей.

Данное издание призвано обеспечить на достаточном уровне необходимую информационную поддержку профессионального использования силовых полупроводниковых модулей на различных стадиях разработки и изготовления, конструирования и эксплуатации полупроводниковой техники. Может быть полезно в научной и образовательной сферах.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

1. 1. Назначение и область применения

Силовые полупроводниковые модули (СПМ), согласно приведенной классификации, представляют собой наборы следующих функциональных элементов, интегрированных в одном корпусе.

1. Тиристорные и комбинированные - МТТ4/3-25, МТД4/3-25, МДТ4/3-25, МТТ5/3-25, МТД5/3-25, МДТ5/3-25, МТТ4/3-40, МТД4/3-40, МДТ4/3-40, МТТ5/3-40, МТД5/3-40, МДТ5/3-40, МТТ4/3-63, МТД4/3-63, МДТ4/3-63, МТТ5/3-63, МТД5/3-63, МДТ5/3-63, МТТ4/3-80, МТД4/3-80, МДТ4/3-80, МТТ5/3-80, МТД5/3-80, МДТ5/3-80, МТТ4/3-100, МТД4/3-100, МДТ4/3-100.

2. Опотиристорные и комбинированные - МТОТО4/3-40, МТОД4/3-40, МДТО4/3-40, МТОТО4/3-63, МТОД4/3-63, МДТО4/3-63, МТОТО4/3-80, МТОД4/3-80, МДТО4/3-80.

3. На быстродействующих тиристорах - МТБТБ4/3-50, МТБТБ4/3-63.

4. Диодные - МДД4/3-25, МДД5/3-25, МДД4/3-40, МДД5/3-40, МДД4/3-63, МДД5/3-63, МДД4/3-80, МДД5/3-80, МДД4/3-100, МДД5/3-100.

5. На частотных диодах - МДЧДЧ4/3-25, МДЧДЧ4/3-40, МДЧДЧ4/3-50, МДЧДЧ4/3-63, МДЧДЧ4/3-80, МДЧДЧ4/4-25, МДЧДЧ4/4-40, МДЧДЧ4/4-50, МДЧДЧ4/4-63, МДЧДЧ4/4-80, МДЧДЧ4/5-25, МДЧДЧ4/5-40, МДЧДЧ4/5-50, МДЧДЧ4/5-63, МДЧДЧ4/5-80.

Состоят из двух силовых полупроводниковых элементов: диодных, тиристорных, опотиристорных, и предназначены для применения в полупроводниковых преобразователях электроэнергии, а также в цепях постоянного и переменного тока различных силовых электротехнических установок.

Вся продукция унифицирована, соответствует требованиям отраслевых стандартов, рекомендациям МЭК.

1. 2. Климатические и механические внешние воздействующие факторы

Климатическое исполнение СПМ и категория их размещения У2 и Т3 для эксплуатации в атмосфере типа I и II по ГОСТ 15150-69.

По условиям применения модули предназначены для эксплуатации во взрывобезопасных и химически неактивных средах, в условиях, исключающих воздействие различных излучений (нейтронного, электронного, γ -излучения).

Модули допускают воздействие вибрационных нагрузок в диапазоне частот от 10 до 100 Гц с ускорением 50 м/с² и одиночных ударов длительностью импульса 50 мс и ускорением 40 м/с².

Группа условий эксплуатации М27 по ГОСТ 17516.1-90.

Рекомендуется применение охладителей типов О127 и О227 по ТУ 16-729.377-83.

Модули по своим параметрам и характеристикам соответствуют ТУ У: 32.1-30077685-026:2006.

* **Изменение в каталоге:** в связи со снятием с производства рекомендуемых охладителей заменить О127 на ОР344-120, О227 на ОР344-180 по ТУ У 32.1-30077685-015-2004 (Габаритные чертежи на www.element.zp.ua в Списке продукции/Охладители). При этом все тепловые расчеты и характеристики сохраняются.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

1. 3. Структура условного обозначения модулей

Тип модуля	<input type="checkbox"/> М	- Модуль беспотенциальный;
	<input type="checkbox"/>	- Обозначение первого полупроводникового элемента: Т - тиристор, ТБ - тиристор быстродействующий, ТО - тиристор оптронный, Д - диод, ДЧ - диод частотный;
	<input type="checkbox"/>	- Обозначение второго полупроводникового элемента: Т - тиристор, ТБ - тиристор быстродействующий, ТО - тиристор оптронный, Д - диод, ДЧ - диод частотный;
	<input type="checkbox"/>	- Модификация (условное обозначение корпуса);
	<input type="checkbox"/> /	- разделитель;
	<input type="checkbox"/>	- Обозначение вида схемы ("3" - последовательное соединение элементов с выводом средней точки, "4" - встречно-последовательное с выводом общей точки катодов ; "5" - встречно-последовательное с выводом общей точки анодов);
	<input type="checkbox"/>	- Значение максимально допустимого тока;
	<input type="checkbox"/>	- Класс напряжения модуля;
	<input type="checkbox"/>	- Группа критической скорости нарастания напряжения в закрытом состоянии;
	<input type="checkbox"/>	- Группа по времени выключения (для МТБТБ);
	<input type="checkbox"/>	- Группа по времени включения (для МТБТБ);
	<input type="checkbox"/>	- Группа по времени обратного восстановления (для МДЧДЧ);
	<input type="checkbox"/> А	- Индекс модуля с оптоотиристорными элементами с постоянным током управления;
	<input type="checkbox"/> У2	- Климатическое исполнение, категория размещения.

Отдельные позиции в структуре обозначения модуля, соответствующие значениям максимально допустимого тока, класса и группы критической скорости нарастания напряжения в закрытом состоянии, могут дополнительно выделяться дефисами.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

1. 4. Комплектность поставки и формулирование заказа

Модули выпускаются без охладителей. По дополнительному согласованию с предприятием-изготовителем могут поставляться с охладителем и комплектом крепежных деталей.

К каждой партии модулей, транспортируемых в один адрес, прилагается этикетка.

При заказе модулей необходимо указать следующие данные:

- тип, класс, группу по критической скорости нарастания напряжения в закрытом состоянии;
- климатическое исполнение, категорию размещения;
- комплектность поставки, количество, номер технических условий.

Пример заказа: 50 штук модулей тиристорно-диодных 4 модификации, с последовательным соединением элементов, на средний ток в открытом состоянии 80 А, шестого класса, с критической скоростью нарастания напряжения в закрытом состоянии 200 В/мкс (группа 4), климатического исполнения и категории размещения У2.

МТД4/3-80-6-4У2 ТУ У 32.1-30077685-026:2006 50 шт, без охладителей.

1. 4. 1. Сведения о разработчике, изготовителе и поставщике

Держателем подлинника технических условий является ОАО "Запорожский завод "Преобразователь"

Адрес почтовый: Украина, 69069, г. Запорожье, Днепропетровское шоссе, 9

Е - mail: preobr@reis.zp.ua
<http://www.reis.zp.ua/preobraz>

Тел. / факс: (0612) 52-71-48

Телефон: (0612) 59-83-25 - отдел технической информации

Держателем подлинника информационных материалов на модули, их разработчиком, изготовителем и поставщиком является ООО "Элемент - Преобразователь".

Адрес почтовый: Украина, 69069, г. Запорожье, Днепропетровское шоссе, 9

Е-mail: postmaster@element.marka.net.ua
<http://www.region-expo.zp.ua/elpreobr>

Тел./факс: (0612) 52-43-09 - директор
(0612) 57-35-65 - отдел сбыта.

Телефоны: (0612) 59-83-87 - директор
(0612) 57-39-83 - главный конструктор п/п приборов
(0612) 59-82-71 - заместитель главного конструктора
(0612) 59-82-21 - бюро разработки п/п приборов
(0612) 59-82-75 - бюро разработки п/п приборов (конструкции)
(0612) 57-35-92 - руководитель службы маркетинга
(0612) 59-82-58 - отдел разработки ТУ и информационных материалов

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

1. 5. Конструктивные особенности модулей

Конструктивно СПМ состоят из пластмассового корпуса, медного или металлизированного основания, полупроводниковых структур и конструктивных элементов, предназначенных для монтажа.

Основание прибора беспотенциальное. Электрическая прочность изоляции между основанием и выводами для всех модификаций СПМ $U_{ibm} = 2,5$ кВ.

Габаритные и установочные размеры, соответствующие основным конструктивным исполнениям СПМ приведены на рис. 1. 1. и 1. 2.

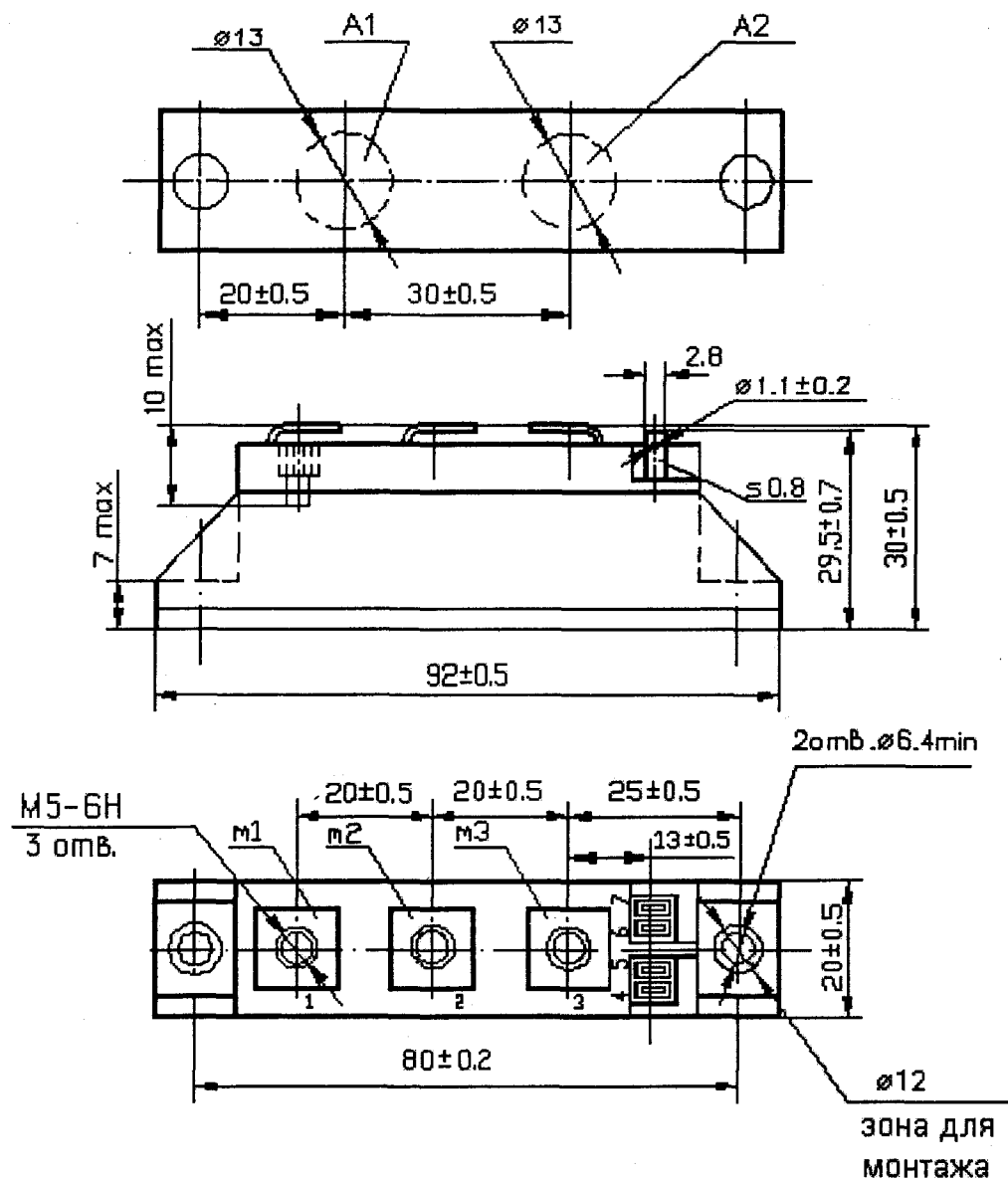


Рис. 1. 1. Общий вид модуля модификации корпуса 4:

A1, A2 - области контроля температуры корпуса модуля;

m1, m2, m3 - контрольные точки измерения импульсного напряжения в открытом состоянии.

Масса, кг, не более - 0,135.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

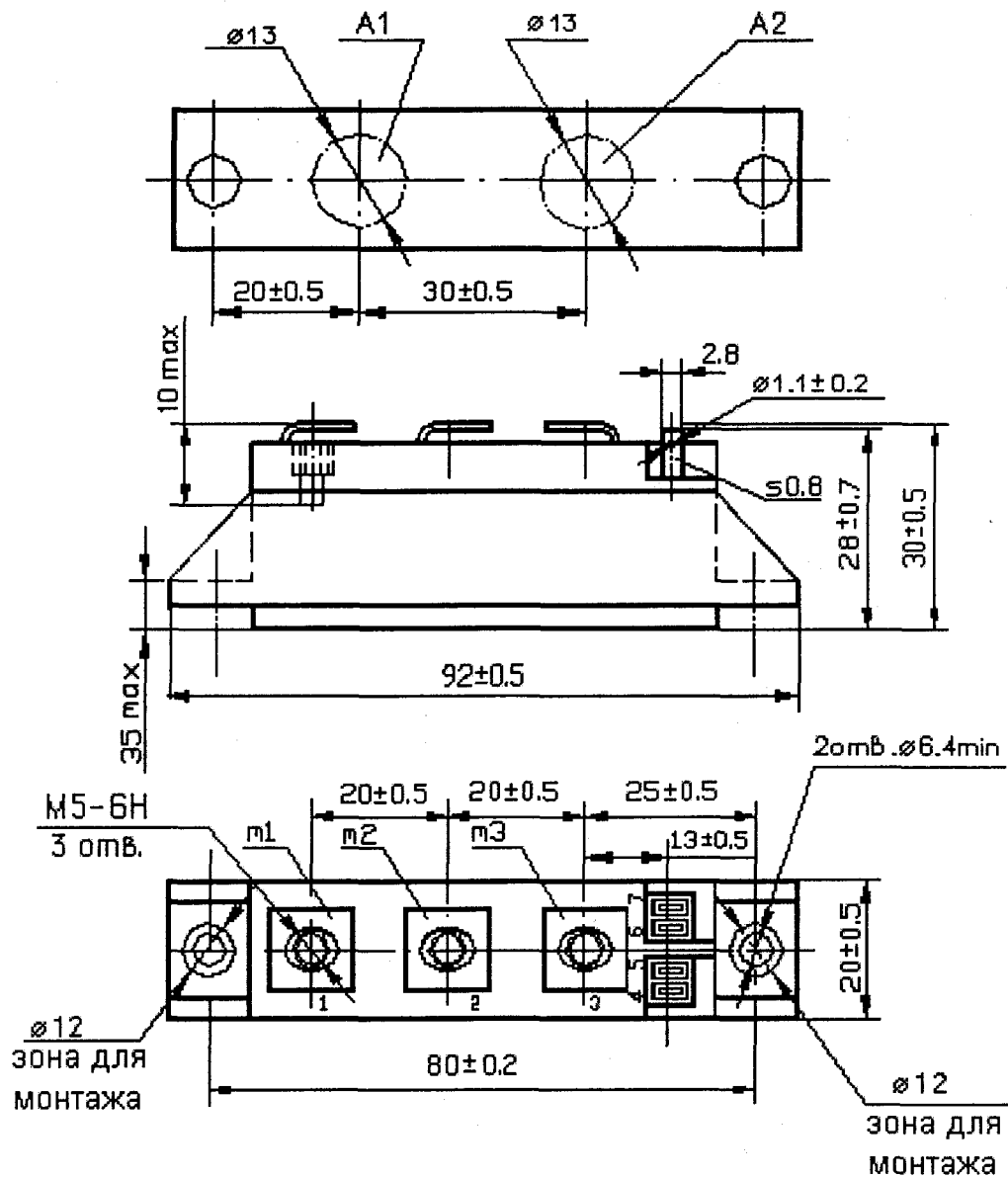


Рис. 1. 2. Общий вид модуля модификации корпуса 5:
 A1, A2 - области контроля температуры корпуса модуля.
 Масса, кг, не более - 0,135.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

1. 6. Указания по монтажу и эксплуатации модулей с охладителями

Для обеспечения длительной и надежной эксплуатации модулей с охладителями, необходимо учитывать и выполнять следующие основные требования.

При монтаже прибора на охладителе прикладывать силу следует так, чтобы усилие прижатия равномерно распределялось по всей площади основания модуля.

Перекося корпуса приводит к неравномерному распределению рассеиваемой мощности по площади, локальному перегреву модуля и, в конечном итоге, выходу его из строя. Перекося корпуса модуля с керамическим основанием может повлечь его механическое разрушение.

Для надежного теплового контакта контактная поверхность охладителя должна иметь шероховатость не более 1,6 мкм, неплоскостность - не более 0,02 мм. Контактную поверхность необходимо покрыть равномерным слоем теплопроводящей пасты КПТ-8, ГОСТ 19783-74, толщиной около 0,1 мм.

Крепежные винты необходимо закручивать постепенно и поочередно, обеспечивая равномерность распределения нагрузок.

При эксплуатации модулей с охладителями необходимо обеспечить их беспрепятственное воздушное охлаждение.

При наличии дополнительного подогрева со стороны соседних узлов аппаратуры, его необходимо учитывать при расчете режимов работы модулей.

1. 7. Основные характеристики закрытого состояния

При работе модуля, составляющие его полупроводниковые элементы могут подвергаться воздействию внешних неповторяющихся импульсов напряжения U_{RS} и U_{DS} .

Для безопасной работы модулей эти перенапряжения не должны превышать допустимых значений, указанных в соответствующих таблицах:

$$U_{RS} < U_{RSM}; U_{DS} < U_{DSM}.$$

Повторяющиеся перенапряжения, возникающие при восстановлении обратного напряжения U_{RR} и напряжения в закрытом состоянии U_{DR} не должны превышать допустимых значений указанных в соответствующих таблицах:

$$U_{RR} < U_{RRM}; U_{DR} < U_{DRM}.$$

Для надежной работы модулей рабочее импульсное обратное напряжение U_{RWM} и импульсное напряжение в закрытом состоянии U_{DWM} должно составлять не более 80% от напряжения класса ($U_{RWM} = 0,8 U_{RRM}; U_{DWM} = 0,8 U_{DRM}$). Постоянное напряжение в закрытом состоянии не должно превышать 60% от напряжения класса ($U_D \leq 0,6 U_{DRM}; U_R \leq 0,6 U_{RRM}$).

Важной характеристикой закрытого состояния тиристорного элемента является скорость нарастания напряжения. Превышение значения $\left(\frac{dU_{T_{off}}}{dt}\right)_{crit}$, указанного в соответствующих таблицах, может привести к произвольному включению тиристорного элемента. Причем включение может произойти в локальной области структуры, что приведет к ее перегреву и выходу из строя тиристорного элемента модуля.

1. 8. Основные характеристики открытого состояния

Максимально допустимые значения средних токов $I_{T(AV)}$ и действующие токи I_{TRMS} , приведенные в таблицах, соответствуют определенной температуре корпуса. Эти значения токов превышать недопустимо, так как они являются предельными токами конструкции. Если в открытом состоянии температура корпуса модуля превышает указанное значение, необходимо снижать ток нагрузки, согласно графика зависимости допустимого среднего тока от температуры корпуса. Значения токов и их ограничения рассчитаны с учетом коэффициента формы тока при различных углах проводимости.

Если модуль работает в сборе с охладителем при контроле температуры окружающей среды, то для определения допустимого тока необходимо воспользоваться графиком зависимости среднего тока от температуры окружающей среды.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Ударный прямой ток диодных и ударный ток в открытом состоянии тиристорных модулей допускается в виде однократного импульса длительностью 10 мс через структуру элемента. При воздействии ударного тока происходит кратковременное превышение максимально допустимой температуры структуры, которая в этот момент теряет способность выдерживать допустимое обратное напряжение.

Одиночный импульс ударного тока не выводит модуль из строя, но повторение этого тока не допускается. С этой целью на графике зависимости ударного тока от длительности импульса приведена также характеристика защитного показателя I^2t . Чтобы предотвратить повторное воздействие ударного тока, необходимо, чтобы предохранитель, защищающий модуль, имел значение I^2t ниже, чем значение максимально допустимого защитного показателя модуля.

При включении тиристорных элементов модуля важно, чтобы скорость нарастания тока не превышала значение $\left(\frac{di_T}{dt}\right)_{crit}$, указанное в таблице. При этом необходимо обеспечить достаточно высокую скорость нарастания тока управления при заданной его амплитуде, что гарантирует быстрое включение тиристорного элемента.

1. 9. Особенности эксплуатации модулей с оптотиристорными элементами

Управляющим элементом оптотиристорных модулей служит инфракрасный светодиод.

При длительной работе светодиодов на постоянном токе происходит ухудшение их излучающей способности, поэтому для увеличения срока службы рекомендуется использовать преимущественно импульсный ток управления длительностью импульса 50-100 мкс.

Необходимо стремиться к минимально возможным значениям отпирающего тока управления в рабочем интервале температур. Обратное напряжение на светодиоде не должно превышать 3В ($U_{GR} \leq 3В$).

Модули с оптотиристорными элементами для эксплуатации на постоянном токе управления обозначаются буквой "А" и поставляются по согласованию с заказчиком.

1. 10. Определение допустимых нагрузок модулей на охладителе*

Приведены зависимости допустимой суммарной рассеиваемой мощности P_{tot} и допустимого среднего выпрямленного тока I_d от температуры окружающего воздуха T_a и температуры корпуса T_c при работе одного, двух и трех модулей, установленных на одном охладителе при естественном охлаждении.

Определить допустимую нагрузку из соответствующего графика зависимости можно следующим образом:

- 1) измерить значение установившейся температуры воздуха вокруг охладителя (с учетом подогрева со стороны окружающей аппаратуры);
- 2) из точки, соответствующей этому значению температуры, на оси T_a восстановить перпендикуляр до пересечения с линией, соответствующей выбранному охладителю;
- 3) из полученной точки провести горизонтальную прямую влево до пересечения с графиком зависимости $P_{tot} = f(I_d)$ и опустить перпендикуляр на горизонтальную ось. Полученное значение укажет допустимый средний выпрямленный ток I_d .

Если горизонтальную прямую между полученными точками продлить влево до пересечения с осью мощностей, получим значение допустимой рассеиваемой мощности при данных условиях охлаждения. Продление этой прямой вправо до пересечения с осью T_c , укажет значение температуры корпуса модуля.

Если задача поставлена таким образом, что необходимо определить условия работы модуля для обеспечения среднего выпрямленного тока I_d , тогда необходимо поступить следующим образом:

- 1) из точки, соответствующей значению тока I_d , восстановить перпендикуляр до пересечения с графиком $P_{tot} = f(I_d)$;
- 2) из полученной точки провести горизонтальную прямую вправо до пересечения с графиком, соответствующим выбранному охладителю;
- 3) из точки пересечения опустить перпендикуляр на горизонтальную ось T_a . Полученная точка на оси укажет, при какой температуре окружающего воздуха модуль не будет перегреваться.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Примеры*

1. Три модуля МТТ4-80 установлены на охладителе О227. Температура окружающего воздуха не превышает 35 °С. Восстанавливаем перпендикуляр в точке $T_a = 35$ °С до пересечения с графиком О227 (точка А) рис. 1. 4. Из точки А проводим горизонтальную прямую влево до пересечения с графиком $P_{tot} = f(I_d)$ (точка В). Перпендикуляр из точки В на горизонтальную ось указывает значение допустимого выпрямленного тока $I_d = 55$ А.

2. Необходимо определить условия надежной работы трехфазной мостовой схемы, собранной из трех модулей МТТ4 на охладителе О127 на ток $I_d = 45$ А.

Перпендикуляр из точки $I_d = 45$ А пересекает график в точке С (см. рис. 1. 4.) Горизонтальная прямая, проведенная из точки С вправо, пересекает график О127 в точке Д. Перпендикуляр из точки Д, опущенный на горизонтальную ось, указывает значение $T_a = 40$ °С. Следовательно, надежная работа модулей может быть обеспечена при температуре окружающего воздуха, не превышающей 40 °С.

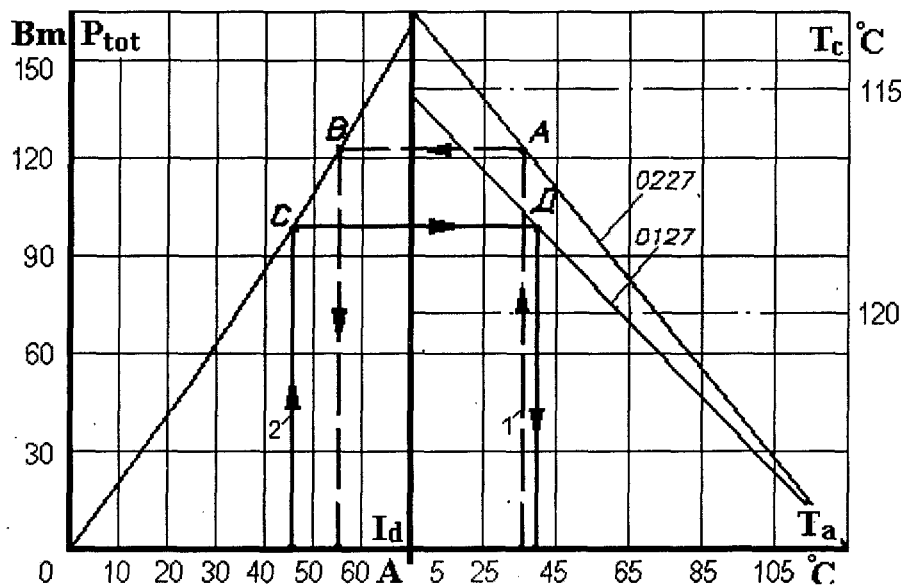


Рис. 1. 4. Схема определения токов рабочей нагрузки.

1. 11. Расчет токов рабочей перегрузки

При эксплуатации модулей в режиме кратковременных токовых нагрузок (от 1 с до $6 \cdot 10^2$ с) и длительной паузой между нагрузочными интервалами (более $6 \cdot 10^2$ с) допускается превышение допустимых значений среднего тока, указанных в таблицах.

Амплитудное значение тока $I_{T(OV)}$, называемое током рабочей перегрузки, можно получить, пользуясь графиком зависимости переходного теплового сопротивления от времени.

Если предшествующий перегрузке ток равен нулю, значение допустимой величины однополупериодного тока рабочей перегрузки определяется по формуле:

$$I_{T(OV)} = \sqrt{\frac{U_{T(ТО)}^2 + 4r_T \frac{T_{jm} - T_a}{0,3Z_{th}(t) + 0,7Z_{th}(26) - Z_{th}(20) + Z_{th}(6)} - U_{T(ТО)}}{2r_T}}$$

где $U_{T(ТО)}$ - пороговое напряжение;

r_T - динамическое сопротивление;

T_{jm} - максимально допустимая температура структуры;

T_a - температура окружающей среды;

$Z_{th}(t)$ - значение теплового сопротивления, соответствующее времени рабочей перегрузки на графике зависимости $Z_{th(t)a} = f(t)$;

$Z_{th}(26)$, $Z_{th}(20)$, $Z_{th}(6)$ - значение теплового сопротивления, соответствующее времени 26 мс, 20 мс, 6 мс на графике зависимости.

* см. изменение на стр. 5 pdf (стр. 4 каталога)