2. 3. Модули на быстродействующих тиристорах

Представляют собой комбинации тиристоров быстродействующих (МТБТБ). Модули на быстродействующих тиристорах представлены следующими типоисполнениями:

МТБТБ4/3-50, МТБТБ4/3-63.

Предназначены для работы в высокочастотных цепях переменного тока. Применяются в преобразователях электрической энергии.

Схема соединения элементов модуля на быстродействующих тиристорах приведена на рис. 2. 57.

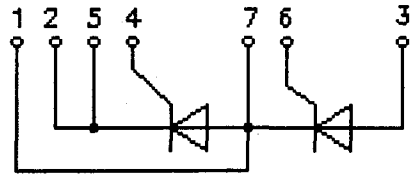


Рис. 2. 57. Схема соединения полупроводниковых элементов модуля на быстродействующих тиристорах

Предельно допустимые значения параметров модулей на быстродействующих тиристорах приведены в табл. 2. 9, параметры и характеристики - табл. 2. 10, параметры и характеристики модулей с охладителями - табл. 2. 11, 2. 12.

Таблица 2. 9.

Предельно допустимые значения параметров модулей на быстродействующих тиристорах

Параметр		Значение параметра		Условия установления норм на параметры
Обозначение	Наименование, единица измерения	Тип модуля		
		МТБТБ4/3-50	МТБТБ4/3-63	
1	2	3	4	5
U_{DRM} U_{RRM}	Повторяющееся импульсное напряжение в закрытом состоянии и повторяющееся импульсное обратное напряжение, В, для классов 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12	 200 300 400 500 600 700 800 900 1000 1100 1200		T_{jm} = 125 °С. Импульс напряжения синусоидальный, однополупериодный длительностью 10 мс, частота 50 Гц.
U_{DSM} U_{RSM}	Неповторяющееся импульсное напряжение в закрытом состоянии и неповторяющееся импульсное обратное напряжение, В	$1,12U_{DRM}$ $1,12U_{RRM}$		T_{jm} = 125 °С. Импульс напряжения синусоидальный, однополупериодный длительностью 10 мс,частота 50 Гц.
U_{DWM} U_{RWM}	Рабочее импульсное напряжение в закрытом состоянии и рабочее импульсное обратное напряжение, В	$0,8U_{DRM}$		T_{jm} = 125 °С. Импульс напряжения синусоидальный, однополупериодный длительностью 10 мс, частота 50 Гц.

Продолжение табл. 2. 9

1	2	3	4	5
U_D U_R	Постоянное напряжение в закрытом состоянии и постоянное обратное напряжение, В	$0{,}6U_{DRM}$ $0{,}6U_{RRM}$		$T_c = 85$ °C.
$I_{T(AV)}$	Максимально допустимый средний ток в открытом состоянии, А	50	63	$T_c = 85$ °C. Импульс тока синусоидальный, однополупериодный длительностью 10 мс, частота 50 Гц.
I_{TRMS}	Действующий ток в открытом состоянии, А	78	100	Импульс тока синусоидальный, однополупериодный длительностью 10 мс, частота 50 Гц.
I_{TSM}	Ударный ток в открытом состоянии, А	1100	1200	$T_j = 25$ °C; $U_R = 0$. Импульс тока синусоидальный, однополупериодный, одиночный, длительностью 10 мс.
		1000	1100	$T_j = T_{jm}$; $U_R = 0$. Импульс тока синусоидальный, однополупериодный, одиночный, длительностью 10 мс.
$\left(\frac{di_T}{dt}\right)_{crit}$	Критическая скорость нарастания тока в открытом состоянии, А/мкс	160		$T_j = T_{jm}$; $U_D = 0{,}67U_{DRM}$ $2I_{TAV} \le I_{TM} \le 5I_{TAV}$. Импульс тока синусоидальный, однополупериодный частота 1 - 5 Гц, время испытаний не более 10 с. Режим цепи управления: форма - трапецеидальная; длительность импульса тока 50 мкс длительность фронта - 1 мкс; амплитуда импульса тока управления - 3 I_{GT} при Tj = минус 40 °C. Внутреннее сопротивление источника управления 20 Ом.
U_{isol}	Электрическая прочность изоляции между беспотенциальным основанием модуля и его выводами (действующее значение), В	2500		Напряжение синусоидальное, частота 50 Гц. Время выдержки под напряжением - 60 с. Выводы 1,2,3 закорочены между собой.
T_{jm} T_{jmin}	Температура перехода, °C: максимально допустимое значение; минимально допустимое значение.	125 минус 40		–
T_{stgm} T_{stgmin}	Температура хранения, °C: максимально допустимое значение; минимально допустимое значение.	40 (для У2), 50 (для Т3) минус 40		–

Таблица 2. 10.

Характеристики и параметры модулей на быстродействующих тиристорах

Параметр		Значение параметра		Условия установления норм на параметры
Обозначение	Наименование, единица измерения	Тип модуля		
		МТБТБ4/3-50	МТБТБ4/3-63	
1	2	3	4	5
U_{TM}	Импульсное напряжение в открытом состоянии, В, не более	2,3		T_j = 25 °C; $I_{TM} = 3{,}14 I_{T(AV)}$.
$U_{T(TO)}$	Пороговое напряжение в открытом состоянии, В	1,2	1,2	T_j = 125 °C.
r_T	Динамическое сопротивление в открытом состоянии, Ом	0,0070	0,0056	T_j = 125 °C.
I_{DRM} I_{RRM}	Повторяющийся импульсный ток в закрытом состоянии и повторяющийся импульсный обратный ток, мА, не более	9,0	12,0	T_j = 125 °C; $U_D = U_{DRM}$; $U_R = U_{RRM}$.
I_H	Ток удержания, мА, не более	120		Tj = 25 °C; U_D = 12 В. Цепь управления разомкнута.
$\left(\frac{dU_D}{dt}\right)_{crit}$	Критическая скорость нарастания напряжения в закрытом состоянии, В/мкс, для групп: 2 4 6 7	 50 200 500 1000		$T_j = T_{jm}$; $U_{DM} = 0{,}67 U_{DRM}$; t_{UD} = 200 мкс . Цепь управления разомкнута.
t_{gt}	Время включения, мкс, не более, для групп: 0 1 2	Не нормируется 4,0 3,2		T_j = 25 °C; U_D = 100 В. Режим цепи управления: Форма импульса - трапецеидальная; амплитуда - $3I_{GT}$, при $T_j = T_{jmin}$; длительность импульса - 50 мкс; длительность фронта - 1 мкс.
t_q	Время выключения, мкс, не более, для групп: 4 5 6 7	 32 25 20 16		$T_j = T_{jm}$; $I_{TM} = I_{T(AV)}$; $\left(\frac{di_T}{dt}\right)_f$ = 5 А/мкс; $t_{it} \le$ 500 мкс; U_R = 100 В; форма - трапецеидальная . Повторное напряжение в закрытом состоянии: $\left(\frac{dU_D}{dt}\right)$ = 50 В/мкс; $U_{DM} = 0{,}67 U_{DRM}$; $t_U \le$ 200 мкс.

Продолжение табл. 2. 10

1	2	3	4	5
U_{GT}	Отпирающее постоянное напряжение управления, В, не более	4,0		T_{jmin} = минус 40 °С; U_D = 12 В. Сопротивление цепи тока в открытом состоянии 10 Ом.
		3,0		T_j = 25 °С; U_D = 12 В. Сопротивление цепи тока в открытом состоянии 10 Ом.
I_{GT}	Отпирающий постоянный ток управления, мА, не более	150		T_j = 25 °С; U_D = 12 В. Сопротивление цепи тока в открытом состоянии 10 Ом.
		300		T_{jmin} = минус 40 °С; U_D = 12 В. Сопротивление цепи тока в открытом состоянии 10 Ом .
U_{GD}	Неотпирающее постоянное напряжение управления, В, не более	0,25		$T_j = T_{jm}$; $U_D = 0{,}67U_{DRM}$. Напряжение источника управления постоянное.
R_{thic}	Тепловое сопротивление переход - корпус, °С/Вт, на элемент	0,35	0,30	Постоянный ток.

Таблица 2. 11.

Характеристики и параметры модулей на быстродействующих тиристорах с охладителем О127

Параметр		Значение параметра		Условия установления норм на параметры
Обозначение	Наименование, единица измерения	Тип модуля		
		МТБТБ4/3-50	МТБТБ4/3-63	
		Тип охладителя		
		О127		
1	2	3	4	5
$I_{T(AV)}$	Средний ток в открытом состоянии, А	36 25 15 11	40 27 16 12	Естественное охлаждение. T_a = 40 °С. Ток синусоидальный, частота 50 Гц. В проводящем состоянии находится: 1 элемент 2 элемента 4 элемента 6 элементов.
R_{thja}	Тепловое сопротивление переход - среда одного элемента, °С/Вт	1,25 2,05 3,65 5,25	1,20 2,00 3,60 5,20	В проводящем состоянии находится: 1 элемент 2 элемента 4 элемента 6 элементов.
R_{thch}	Тепловое сопротивление корпус - контактная поверхность охладителя, °С/Вт	0,1		Естественное охлаждение. Постоянный ток.

Таблица 2. 12.

Характеристики и параметры модулей на быстродействующих тиристорах с охладителем О227

Параметр		Значение параметра		Условия установления норм на параметры
Обозначение	Наименование, единица измерения	Тип модуля		
		МТБТБ4/3-50	МТБТБ4/3-63	
		Тип охладителя		
		О227		
1	2	3	4	5
$I_{T(AV)}$	Средний ток в открытом состоянии, А	40 28 18 13	44 30 19 14	Естественное охлаждение. T_a = 40 °С. Ток синусоидальный, частота 50 Гц. В проводящем состоянии находится: 1 элемент 2 элемента 4 элемента 6 элементов.
R_{thja}	Тепловое сопротивление переход - среда одного элемента, °С/Вт	1,11 1,77 3,09 4,41	1,06 1,72 3,04 4,36	В проводящем состоянии находится: 1 элемент 2 элемента 4 элемента 6 элементов.
R_{thch}	Тепловое сопротивление корпус - контактная поверхность охладителя, °С/Вт	0,1		Естественное охлаждение. Постоянный ток.

Предельные вольтамперные характеристики СПМ на быстродействующих тиристорах в открытом состоянии приведены на рис. 2. 58.

Зависимости допустимого среднего тока в открытом состоянии от температуры корпуса показаны на рис. 2. 59 и 2. 60.

Зависимости допустимой амплитуды ударного тока в открытом состоянии от его длительности приведены на рис. 2. 61.

Зависимости средней рассеиваемой мощности от тока в открытом состоянии при различных углах проводимости показаны на рис. 2. 62 и 2. 63.

Зависимость времени включения и времени задержки от амплитуды управляющего импульса представлена на рис. 2. 64.

Зависимость времени задержки включения от скорости нарастания тока управляющего импульса показана на рис. 2. 65.

Зависимость времени выключения модуля от обратного напряжения - на рис. 2. 66, от значения предшествующего тока в открытом состоянии - на рис. 2. 67, от скорости спада тока в открытом состоянии - на рис. 2. 68.

Зависимость времени выключения модуля от скорости нарастания напряжения в закрытом состоянии показана на рис. 2. 69. Зависимость времени выключения от температуры перехода приведена на рис. 2. 70.

Предельные характеристики цепей управления модулей показаны на рис. 2. 71.

Зависимость отпирающего импульсного тока управления от длительности управляющего импульса приведена на рис. 2. 72.

Зависимости допустимого среднего тока модулей в открытом состоянии при различных условиях от температуры окружающей среды приведены на рис. 2. 73 и 2. 74.

Зависимости переходных тепловых сопротивлений показаны на рис. 2. 75.

Зависимости допустимых нагрузок модулей при использовании охладителей приведены на рис. 2. 76 - 2. 81.

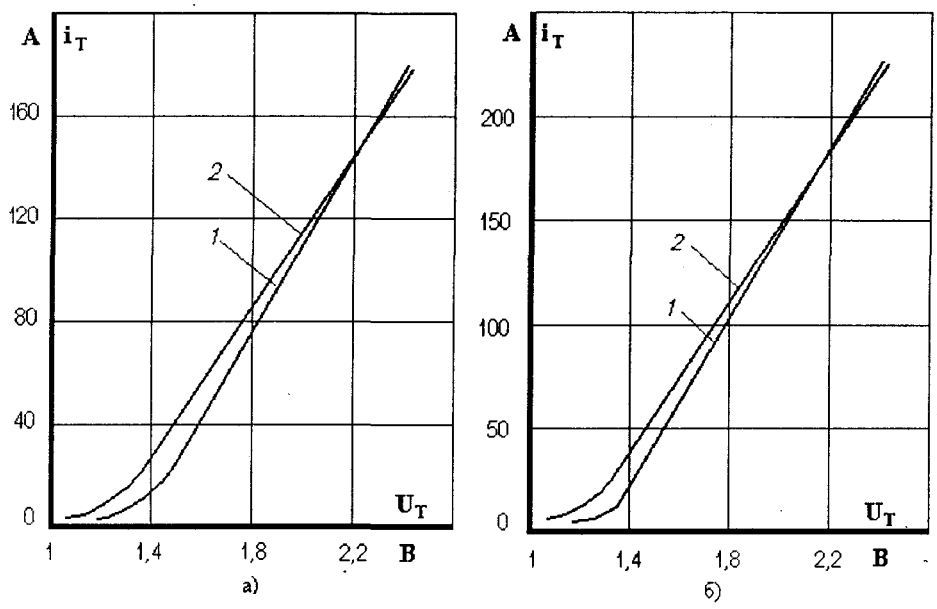


Рис. 2. 58. Предельные вольтамперные характеристики в открытом состоянии при температуре перехода T_j = 25 °С (1) и максимальной температуре перехода T_{jm} = 125 °С (2):

а) МТБТБ4/3-50;
б) МТБТБ4/3-63.

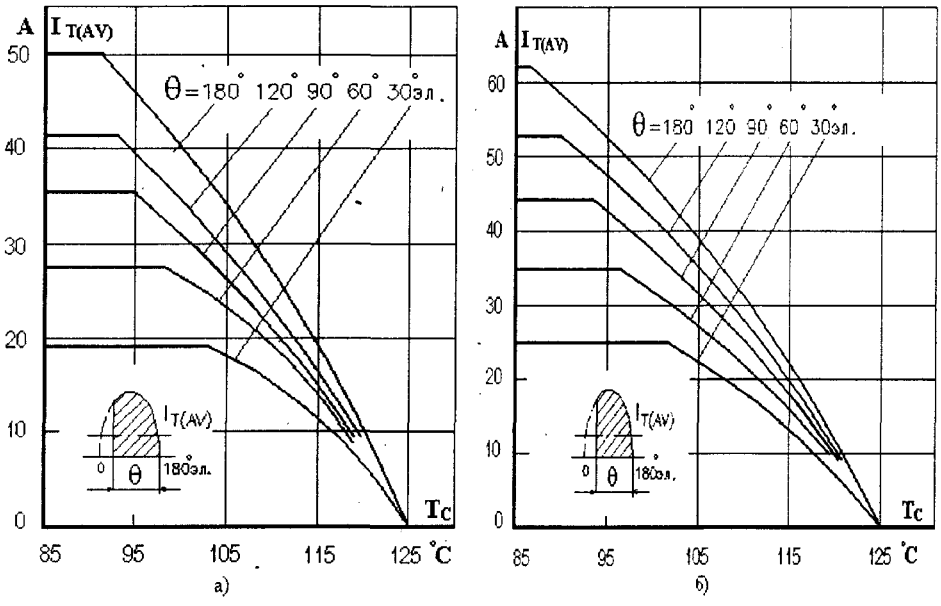


Рис. 2. 59. Зависимости допустимого среднего тока модуля синусоидальной формы в открытом состоянии $I_{T(AV)}$, частотой 50 Гц, от температуры корпуса T_C при различных углах проводимости:

а)МТБТБ4/3-50;
б)МТБТБ4/3-63.

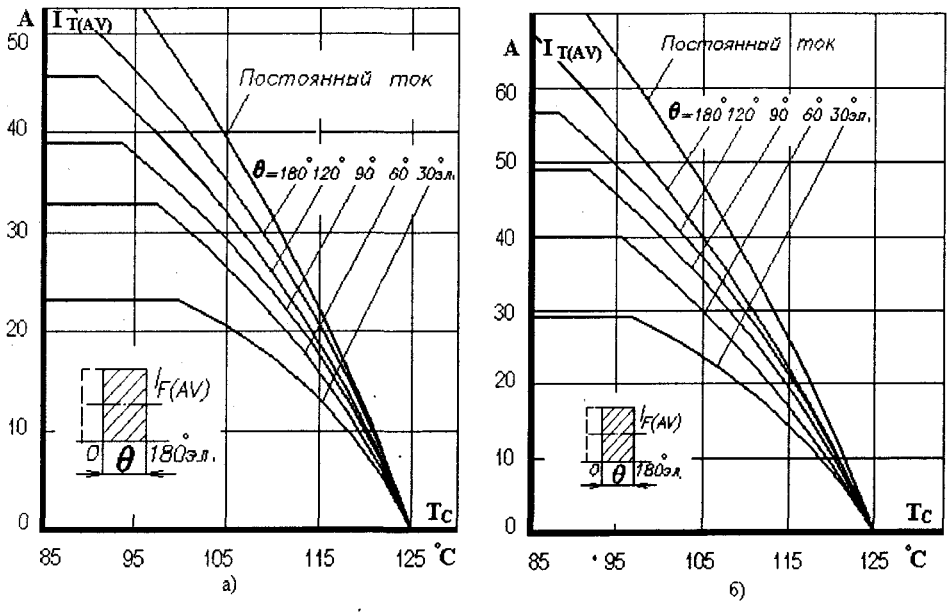


Рис. 2. 60. Зависимости допустимого среднего тока прямоугольной формы в открытом состоянии $I_{T(AV)}$, частотой 50 Гц, от температуры корпуса T_C при различных углах проводимости:

а)МТБТБ4/3-50;
б)МТБТБ4/3-63.

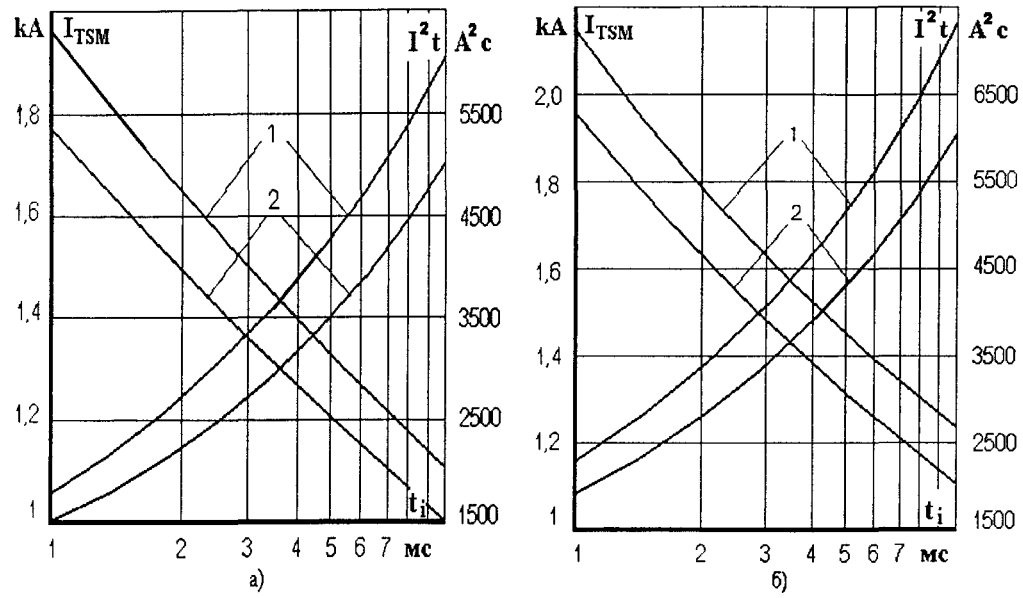


Рис. 2. 61. Зависимости допустимой амплитуды ударного тока в открытом состоянии I_{TSM} и защитного показателя I^2t от длительности импульса тока t_i при температуре перехода $T_j = 25\ ^oC$ (1) и максимальной температуре перехода $T_{jm} = 125\ ^oC$ (2):

а)МТБТБ4/3-50;
б)МТБТБ4/3-63.

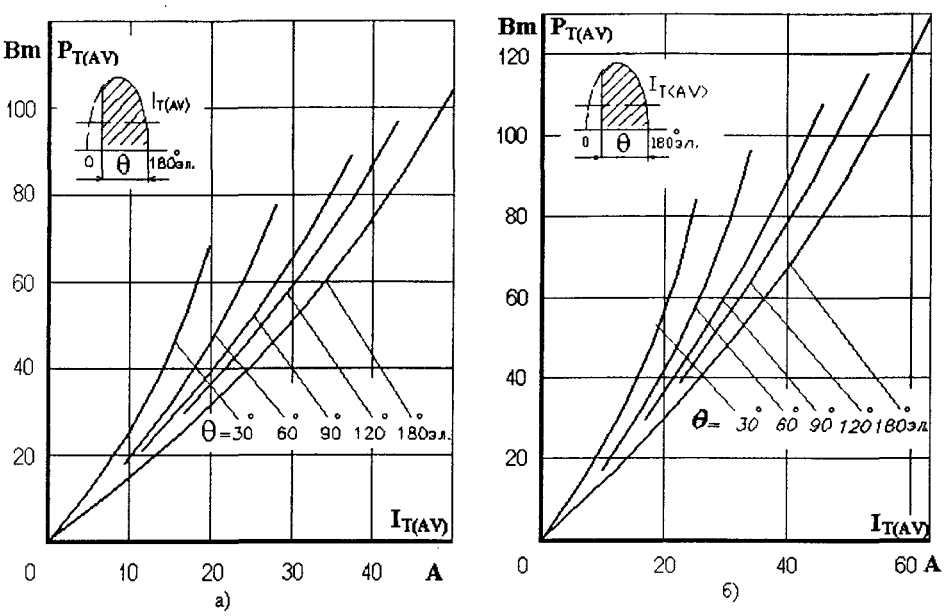


Рис. 2. 62. Зависимости средней рассеиваемой мощности $P_{T(AV)}$ от среднего тока синусоидальной формы в открытом состоянии $I_{T(AV)}$ при различных углах проводимости:

а)МТБТБ4/3-50;
б)МТБТБ4/3-63.

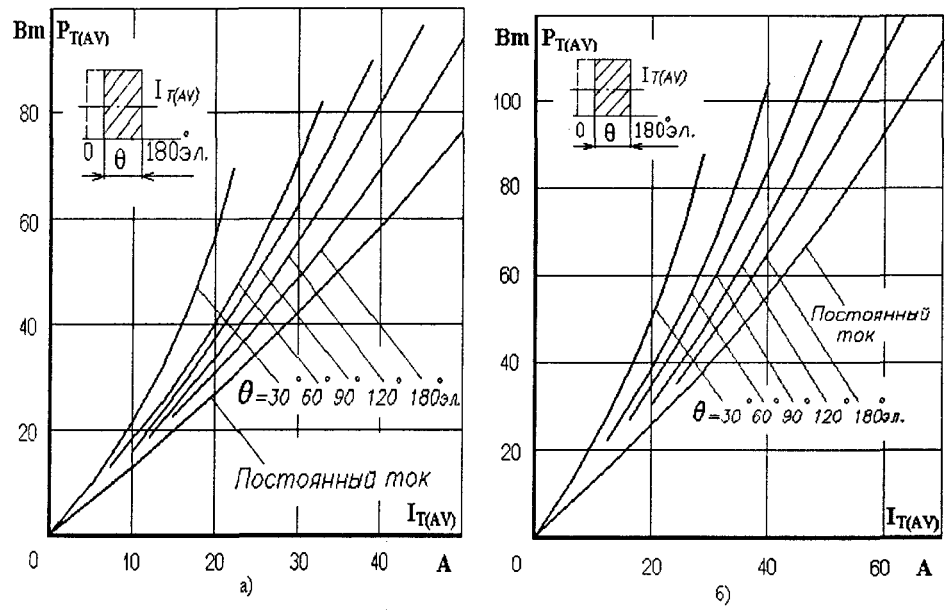


Рис. 2. 63. Зависимости средней рассеиваемой мощности $P_{T(AV)}$ от среднего тока прямоугольной формы в открытом состоянии $I_{T(AV)}$ при различных углах проводимости:

а)МТБТБ4/3-50;
б)МТБТБ4/3-63.

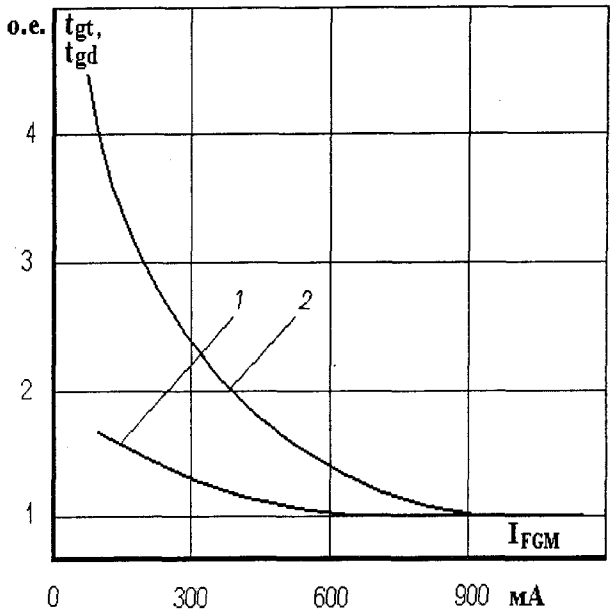


Рис. 2. 64. Зависимости времени включения t_{gt} (1) и времени задержки t_{gd} (2) от амплитуды управляющего импульса I_{FGM} при температуре перехода T_j = 25 °C, t_G = 50 мкс, di_G/dt = 1 А/мкс, U_D s = 100 В; I_{TM} = $I_{T(AV)}$

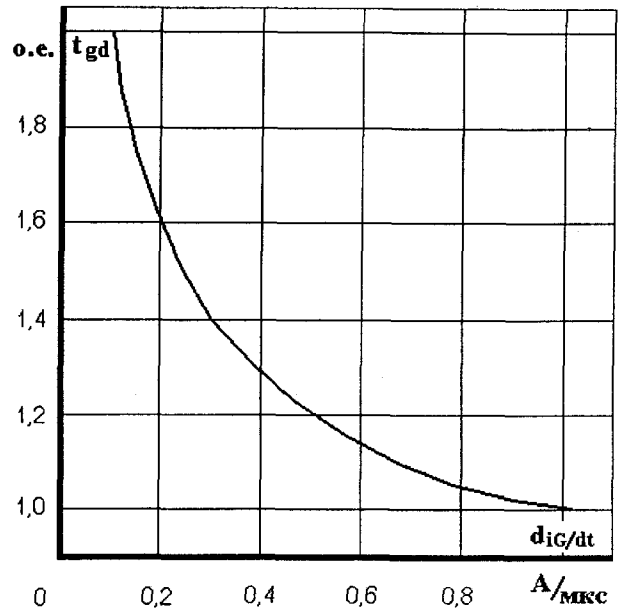


Рис. 2. 65. Зависимость времени задержки t_{gd} от скорости нарастания тока управляющего импульса di_G / dt при температуре перехода T_j = 25 °C, t_G = 50 мкс, U_D = 100 В, I_G = 900 мА

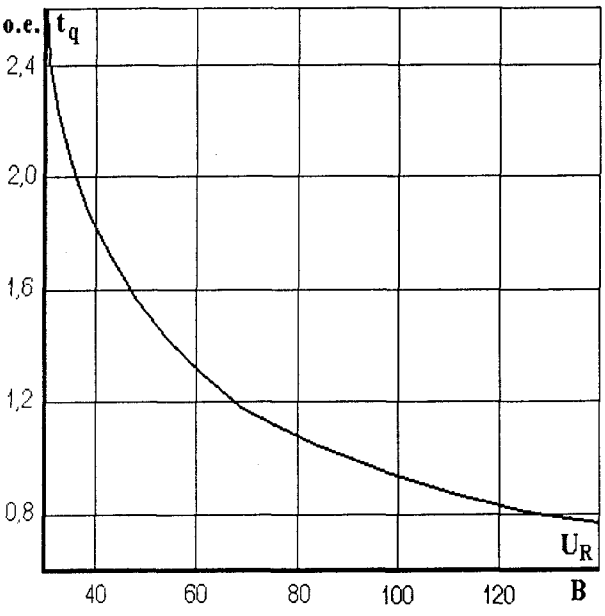


Рис. 2. 66. Зависимость времени выключения t_q от обратного напряжения U_R при максимальной температуре перехода T_{jm} = 125 °C, I_{TM} = $I_{T(AV)}$, dU_D/dt = 50 В/мкс, U_D = 0,67U_{DRM}, $(di_T/dt)_f$ = 5 А/мкс

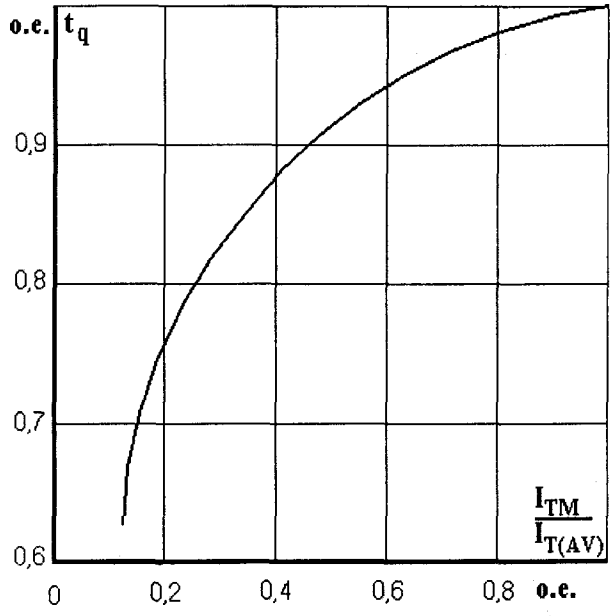


Рис. 2. 67. Зависимость времени выключения t_q от амплитуды предшествующего тока в открытом состоянии $I_{TM}/I_{T(AV)}$ при T_{jm} = 125 °C, U_R=100 В, $(di_T/dt)_f$ = 5 А/мкс, dU_D/dt = 50 В/мкс, U_D = 0,67U_{DRM}

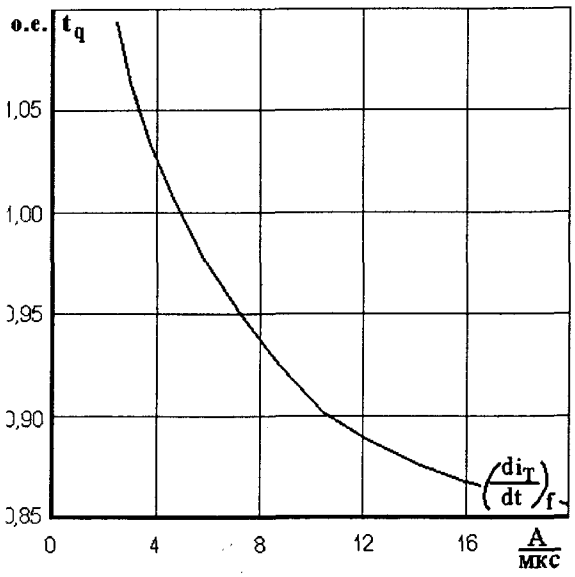


Рис. 2. 68. Зависимость времени выключения t_q от скорости спада тока в открытом состоянии $(di_T/dt)_f$ при T_{jm} = 125 °С, $I_{TM} = I_{T(AV)}$, dU_D/dt = 50 В/мкс, $U_D = 0{,}67U_{DRM}$, U_R = 100 В

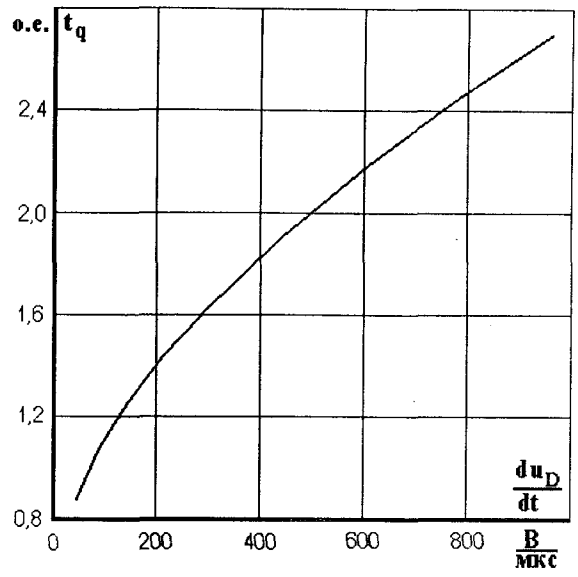
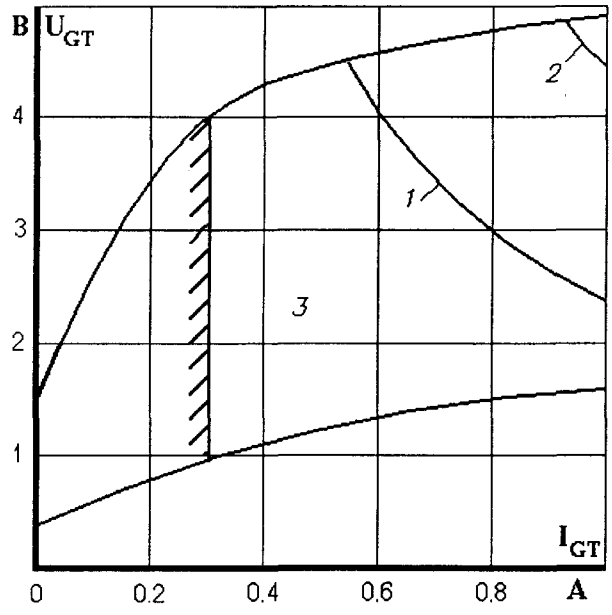


Рис. 2. 69. Зависимость времени выключения t_q от скорости нарастания напряжения в закрытом состоянии dU_D/dt при T_{jm} = 125 °С, $I_{TM} = I_{T(AV)}$, $U_D = 0{,}67U_{DRM}$, U_R = 100 В, $(di_T/dt)_f$ = 5 А/мкс



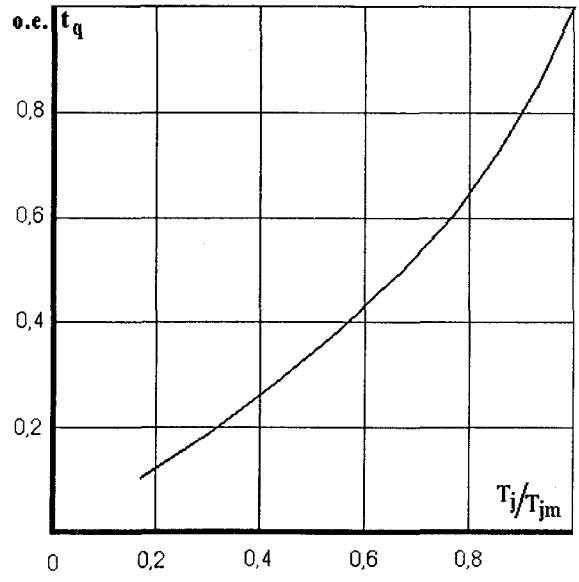


Рис. 2. 70. Зависимость времени выключения t_q от температуры перехода T_j / T_{jm} при $I_{TM} = I_{T(AV)}$, U_R = 100 В, $\left(\frac{di_t}{dt}\right)_f$ = 5 А/мкс, $U_D = 0{,}67U_{DRM}$, $\left(\frac{dU_D}{dt}\right)$ = 50 В/мкс

Рис. 2. 71. Предельные характеристики цепи управления

Позиция на рис.	Скважность	Длительность импульса тока управления t_G, мс	Допустимая импульсная мощность управления P_{GM}, Вт
1	Пост. ток	-	2,4
2	2	10	4,5

3 - область гарантированного отпирания при T_j минус 40 °С

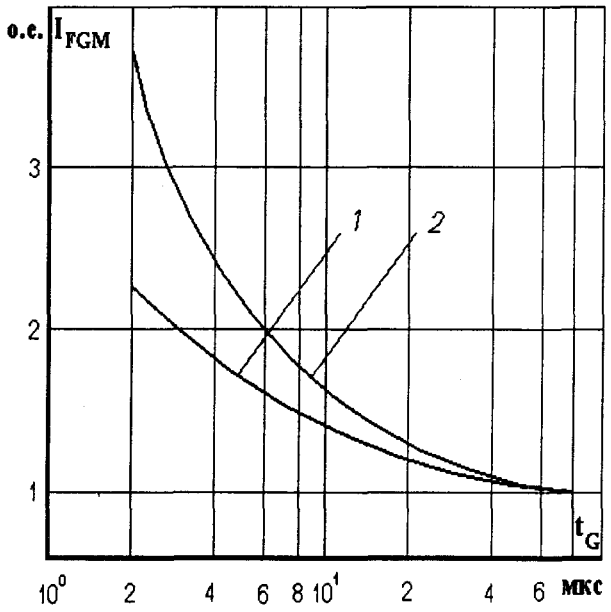
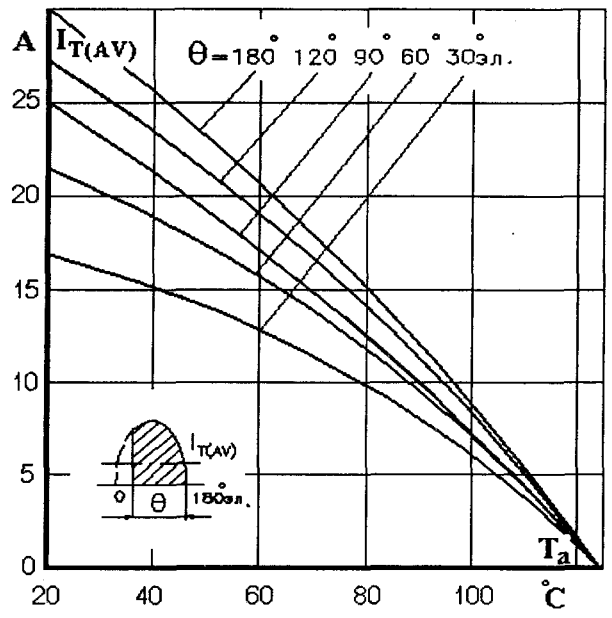
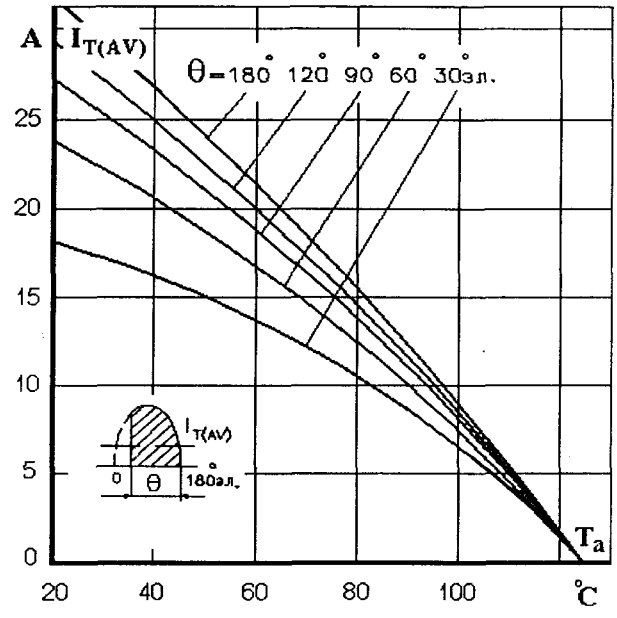


Рис. 2. 72. Зависимости отпирающего импульсного тока управления I_{FGM} от длительности управляющего импульса t_G при температуре перехода $T_j = 25$ °C(1) и минимально допустимой температуре T_{jmin} (2), $U_D = 12$ В



а)



б)

Рис. 2. 73. Зависимости допустимого среднего тока синусоидальной формы частотой 50 Гц в открытом состоянии $I_{T(AV)}$ от температуры окружающей среды T_a при различных углах проводимости и естественном охлаждении на охладителе О127:

а)МТБТБ4/3-50; б)МТБТБ4/3-63.