2.2. Модули оптотиристорные и комбинированные

Представляют собой комбинации тиристоров оптронных (МТОТО), тиристора оптронного и диода (МТОД), диода и тиристора оптронного (МДТО). Представлены следующими типоисполнениями:

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.

Предназначены для работы в цепях постоянного и переменного тока частотой до 500 Гц. Применяются в устройствах, требующих гальванической развязки силовых и управляющих цепей.

Схемы соединений элементов, соответствующие приведенным типоисполнениям модулей, показаны на рис. 2. 33.

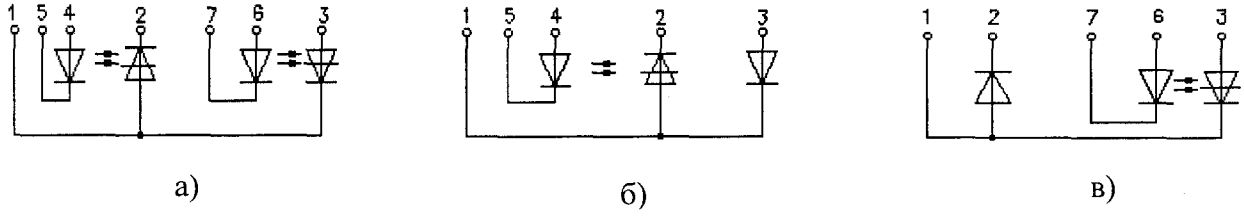

Рис. 2. 33. Схемы соединения полупроводниковых элементов модулей оптотиристорных и комбинированных :

а) МТОТО4/3-40, МТОТО4/3-63, МТОТО4/3-80,

б) МТОД4/3-40, МТОД4/3-63, МТОД4/3-80,

в) МДТО4/3-40, МДТО4/3-63, МДТО4/3-80.

Предельно допустимые значения параметров модулей приведены в табл. 2. 5, параметры и характеристики - табл. 2. 6, параметры и характеристики модулей с охладителями - табл. 2. 7, 2. 8.

Таблица 2. 5.

Предельно допустимые значения параметров модулей оптотиристорных и комбинированных

Параметр		Значение параметра			Условия установления норм на параметры
		Тип модуля			
Обозначение	Наименование, единица измерения	МТОТО4/3-40 МТОД4/3-40 МДТО4/3-40	МТОТО4/3-40 МТОД4/3-40 МДТО4/3-40	МТОТО4/3-40 МТОД4/3-40 МДТО4/3-40	
1	2	3	4	5	6
U_{DRM} U_{RRM}	Повторяющееся импульсное напряжение в закрытом состоянии и повторяющееся импульсное обратное напряжение, В, для классов:				T_{jm} = 100 °С. Импульс напряжения синусоидальный, однополупериодный длительностью 10 мс, частота 50 Гц.
	4		400		
	5		500		
	6		600		
	7		700		
	8		800		
	9		900		
	10		1000		
	11		1100		
	12		1200		

Продолжение табл. 2. 5

1	2	3	4	5	6
U_{DSM} U_{RSM}	Неповторяющееся импульсное напряжение в закрытом состоянии и неповторяющееся импульсное обратное напряжение, В		$1{,}12U_{DRM}$ $1{,}12U_{RRM}$		Tjm = 100 °C. 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		$0{,}8U_{DRM}$ $0{,}8U_{RRM}$		T_{jm} = 100 °C. Импульс напряжения синусоидальный, однополупериодный, длительностью 10 мс, частота 50 Гц.
U_D U_R	Постоянное напряжение в закрытом состоянии и постоянное обратное напряжение, В		$0{,}6U_{DRM}$ $0{,}6U_{RRM}$		T_c = 60 °C.
$I_{T(AV)}$ $I_{F(AV)}$	Максимально допустимый средний ток в открытом состоянии и средний прямой ток, А	40	63	80	T_c = 60 °C. Импульс тока синусоидальный, однополупериодный, длительностью 10 мс, частота 50 Гц.
I_{TRMS} I_{FRMS}	Действующий ток в открытом состоянии и действующий прямой ток, А	63	100	125	T_{jm} = 100 °C Импульс тока синусоидальный, однополупериодный, длительностью 10 мс, частота 50 Гц.
I_{TSM} I_{FSM}	Ударный ток в открытом состоянии и ударный прямой ток, кА	1,37	1,60	1,65	T_j = 25 °C ; U_R = 0. Импульс тока синусоидальный, однополупериодный, одиночный, длительностью 10 мс.
		1,25	1,45	1,50	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 отрытом состоянии, А/мкс		100		T_{jm} = 100 °C; $U_D = 0{,}67U_{DRM}$; $2I_{TAV} \le I_{TM} \le 5I_{TAV}$. Импульс тока синусоидальный, однополупериодный, частота 1 - 5 Гц. Режим цепи управления: форма - трапецеидальная; длительность импульса тока 50 мкс; длительность фронта - 1 мкс; амплитуда импульса тока управления 250 мА; Внутреннее сопротивление источника управления 20 Ом.
U_{isol}	Электрическая прочность изоляции между беспотенциальным основанием модуля и его выводами, В, (действующее значение)		2500		Напряжение синусоидальное, частота 50 Гц . Время выдержки под напряжением - 60 с . Выводы 1,2,3 закорочены между собой.

Продолжение табл.2.5

1	2	3	4	5	6
U_{iG}	Электрическая прочность изоляции между основными выводами и выводами управляющих электродов, В, (действующее значение)		2500		Напряжение синусоидальное, частота 50 Гц. Время выдержки под напряжением - 60 с. Выводы 1,2,3 модуля закорочены между собой. Управляющие выводы закорочены между собой.
T_{jm} T_{jmin}	Температура перехода, °С: максимально допустимое значение; минимально допустимое значение		100 минус 40		–
T_{stgm} T_{stgmin}	Температура хранения , °С: максимально допустимое значение минимально допустимое значение		40 (для У2), 50 (для Т3) минус 40		–

Таблица 2. 6.

Характеристики и параметры оптотиристорных и комбинированных модулей

Параметр		Значение параметра			Условия установления норм на параметры
		Тип модуля			
Обозначение	Наименование, единица измерения	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	
1	2	3	4	5	6
U_{TM} U_{FM}	Импульсное напряжение в открытом состоянии и импульсное прямое напряжение, В, не более		1,75		$T_j = 25$ °С; $I_{TM} = 3,14I_{T(AV)}$ $I_{FM} = 3,14I_{F(AV)}$.
$U_{T(TO)}$ U_{TO}	Пороговое напряжение в открытом состоянии и пороговое напряжение, В		1,1		$T_j = 100$ °С.
r_T	Динамическое сопротивление, Ом	0,0052	0,0033	0,0026	$T_j = 100$ °С.
I_{DRM} I_{RRM}	Повторяющийся импульсный ток в закрытом состоянии и повторяющийся импульсный обратный ток, мА, не более		6,0		$T_j = 100$ °С ; $U_D = U_{DRM}$; $U_D = U_{RRM}$.
I_L	Ток включения, мА	70	100		$T_j = 25$ °С; $U_D = 12$ В. **Режим цепи управления:** Форма импульса - трапецеидальная ; амплитуда -250 мА; длительность импульса -50 мкс ; длительность фронта - 1 мкс .
I_H	Ток удержания, мА, не более	50	70		$T_j = 25$ °С; $U_D = 12$ В. Цепь управления разомкнута.

Продолжение табл. 2. 6

1	2	3	4	5	6
$\left(\frac{dU_D}{dt}\right)_{crit}$	Критическая скорость нарастания напряжения в закрытом состоянии, В/мкс, для групп: 0 1 2 3 4 5		• Не нормируется 0 50 100 200 320		T_j = 100 °C; U_{DM} = 0,67U_{DRM} ; tu_D ≥ 200 мкс. Цепь управления разомкнута.
t_{gd}	Время задержки, мкс		7		T_j = 25 °C; U_D = 100В. Режим цепи управления: Форма импульса - трапецеидальная ; амплитуда -250 мА; длительность импульса - 50 мкс; длительность фронта - 1 мкс .
t_{gt}	Время включения, мкс		15		T_j = 25 °C; U_D = 100В. Режим цепи управления: Форма импульса - трапецеидальная ; амплитуда - 250 мА; длительность импульса - 50 мкс; длительность фронта - 1 мкс .
t_q	Время выключения, мкс, не более		100		T_j = 100 °C;I_{TM} = $I_{T(AV)}$; $\left(\frac{di_T}{dt}\right)_f$ = 5А/мкс; t_i = 500 мкс; U_R = 100 В; U_{DM} = 0,67U_{DRM}; t_U = 200 мкс; $\left(\frac{dU_d}{dt}\right)_{crit}$ = 50 В/мкс.
Q_{rr}	Заряд обратного восстановления, мкКл	120	150	175	T_j = 100 °C; I_{TM} = $I_{T(AV)}$; $\left(\frac{di_T}{dt}\right)_f$ = 5 А/мкс; I_{FM} = $I_{F(AV)}$; $\left(\frac{di_F}{dt}\right)_f$ = 5 А/мкс; t_i = 500 мкс; U_R = 100 В.
t_{rr}	Время обратного восстановления, мкс	8.0	9.0	10.0	
U_{GTM}	Отпирающее импульсное напряжение управления, В, не более		2,0		T_j = 25 °C ;t_u = 100 мкс.
			3,0		T_{jmin} = минус 40 °C; t_u = 100 мкс.
I_{GTM}	Отпирающий импульсный ток управления, мА, не более		250		T_j=25 °C; t_u=100 мкс.
			600		T_{jmin} = минус 40 °C; t_u = 100 мкс.
U_{GD}	Неотпирающее импульсное напряжение управления, В , не менее		0,90		T_j = 100 °C; t_u = 100 мкс.
U^*_{GT}	Отпирающее постоянное напряжение управления , В, не более		1,6		T_j = 25 °C.
			1,8		T_j = минус 40 °C.

Продолжение табл. 2. 6

1	2	3	4	5	6
I^*_{GT}	Отпирающий постоянный ток управления, мА, не более	80			T_j = 25 °С.
I_{GTmax}	Максимально допустимый постоянный ток управления, мА	100			–
I_{GTMmax}	Максимально допустимый импульсный ток управления, мА	700			t_u = 100 мкс, скважность 10.
R_{thjc}	Тепловое сопротивление переход - корпус, °С/Вт	0,60	0,36	0,30	Постоянный ток.

Таблица 2. 7.

Характеристики и параметры модулей с охладителем О127

Параметр		Значение параметра			Условия установления норм на параметры
Обозначение	Наименование, единица измерения	Тип модуля			
		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	
		Тип охладителя			
		О127			
1	2	3	4	5	6
$I_{T(AV)}$ $I_{F(AV)}$	Средний ток в открытом состоянии и средний прямой ток на элемент, А	30 21 13 9	38 25 14 10	41 27 15 11	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	1,50 2,30 3,90 5,50	1,26 2,06 3,66 5,26	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. 8.

Характеристики и параметры модулей оптотиристорных и комбинированных с охладителем О227

Параметр		Значение параметра			Условия установления норм на параметры.
		Тип модуля			
Обозначение	Наименование, единица измерения	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	
		Тип охладителя			
		О227			
1	2	3	4	5	6
$I_{T(AV)}$ $I_{F(AV)}$	Средний ток в открытом состоянии и средний прямой ток на элемент, А	33 24 16 11	43 29 17 13	47 31 18 13	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	1,36 2,02 3,34 4,66	1,12 1,78 3,10 4,42	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 оптотиристорных и комбинированных в открытом состоянии приведены на рис. 2. 34. Зависимости допустимого среднего тока в открытом состоянии от температуры корпуса показаны на рис. 2. 35 и 2. 36. Зависимости допустимой амплитуды ударного тока в открытом состоянии от его длительности приведены на рис. 2. 37. Зависимости средней рассеиваемой мощности от формы тока в открытом состоянии при различных углах проводимости показаны на рис. 2. 38 и 2. 39.

Зависимости отпирающего импульсного тока управления от длительности управляющего импульса модулей оптотиристорных и комбинированных приведены на рис. 2. 14б.

Зависимость времени выключения модуля от обратного напряжения приведена на рис. 2. 40, от значения предшествующего тока в открытом состоянии - на рис. 2. 41, от скорости спада тока в открытом состоянии - на рис. 2. 42. Зависимость времени выключения модуля от скорости нарастания напряжения в закрытом состоянии показана на рис. 2. 43. Зависимость времени выключения от температуры перехода приведена на рис. 2. 44.

Предельные характеристики цепей управления модулей показаны на рис. 2. 45. Зависимость отпирающего импульсного тока управления от длительности управляющего импульса приведена на рис. 2. 46. Зависимости переходного теплового сопротивления переход - корпус и переход - среда от времени приведены на рис. 2. 47. Зависимости допустимых нагрузок модулей МТОТО при их эксплуатации на охладителях приведены на рис. 2. 48 - 2. 56. Указанные зависимости распространяются и на комбинированные модули МТОД и МДТО соответствующих типоисполнений.

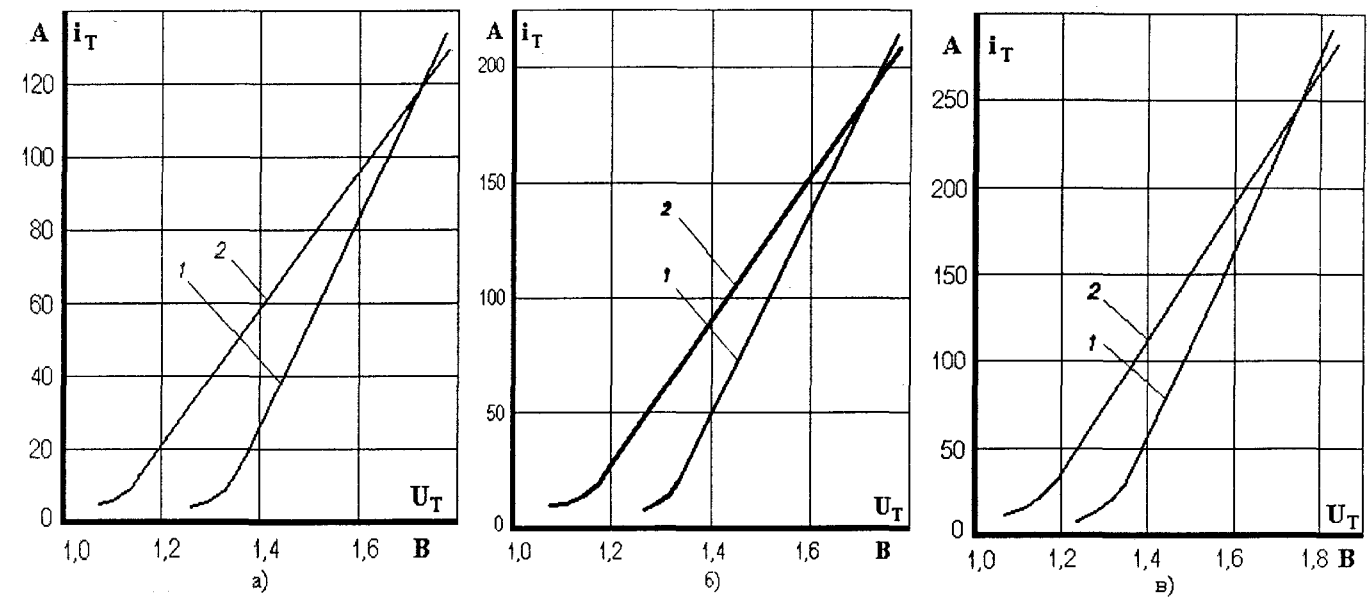

Рис. 2. 34. Предельные вольтамперные характеристики в открытом состоянии при температуре перехода $T_j = 25$ °С (1) и максимальной температуре перехода $T_{jm} = 100$ °С (2):

а)МТОТО4/3-40, МТОД4/3-40, МДТО4/3-40;

б)МТОТО4/3-63, МТОД4/3-63, МДТО4/3-63.

в)МТОТО4/3-80, МТОД4/3-80, МДТО4/3-80.

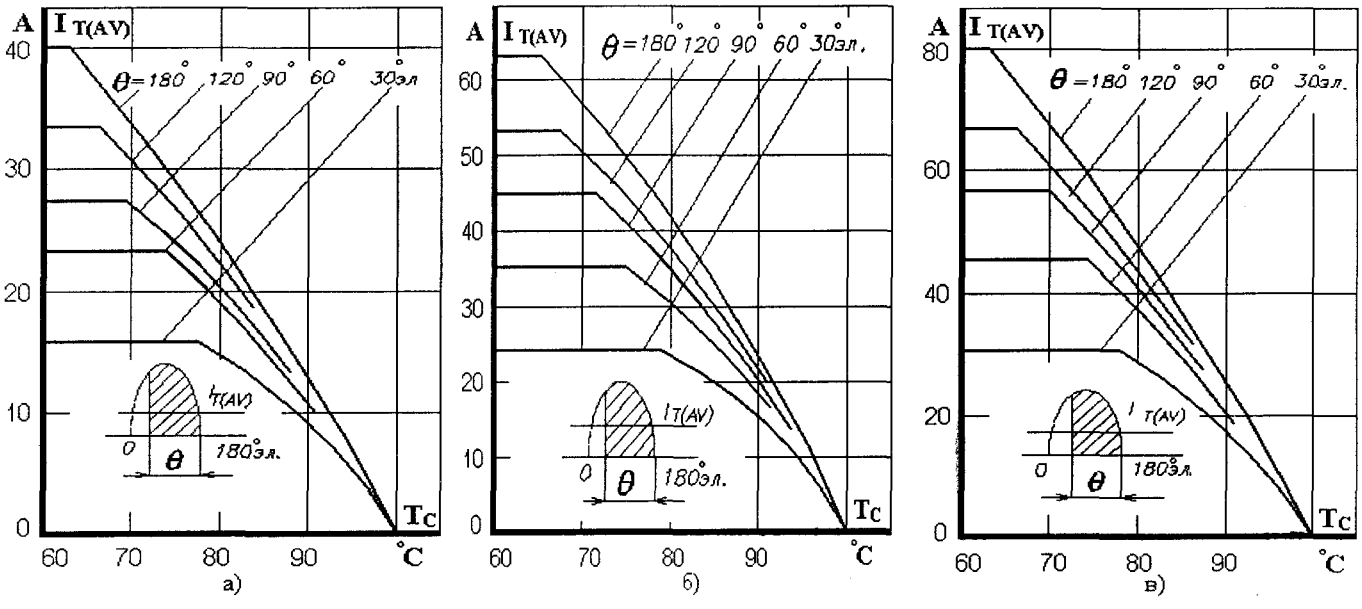

Рис. 2. 35. Зависимость допустимого среднего тока синусоидальной формы в открытом состоянии $I_{T(AV)}$, частотой 50 Гц, от температуры корпуса T_C при различных углах проводимости:

а)МТОТО4/3-40, МТОД4/3-40, МДТО4/3-40;

б)МТОТО4/3-63, МТОД4/3-63, МДТО4/3-63;

в)МТОТО4/3-80, МТОД4/3-80, МДТО4/3-80.

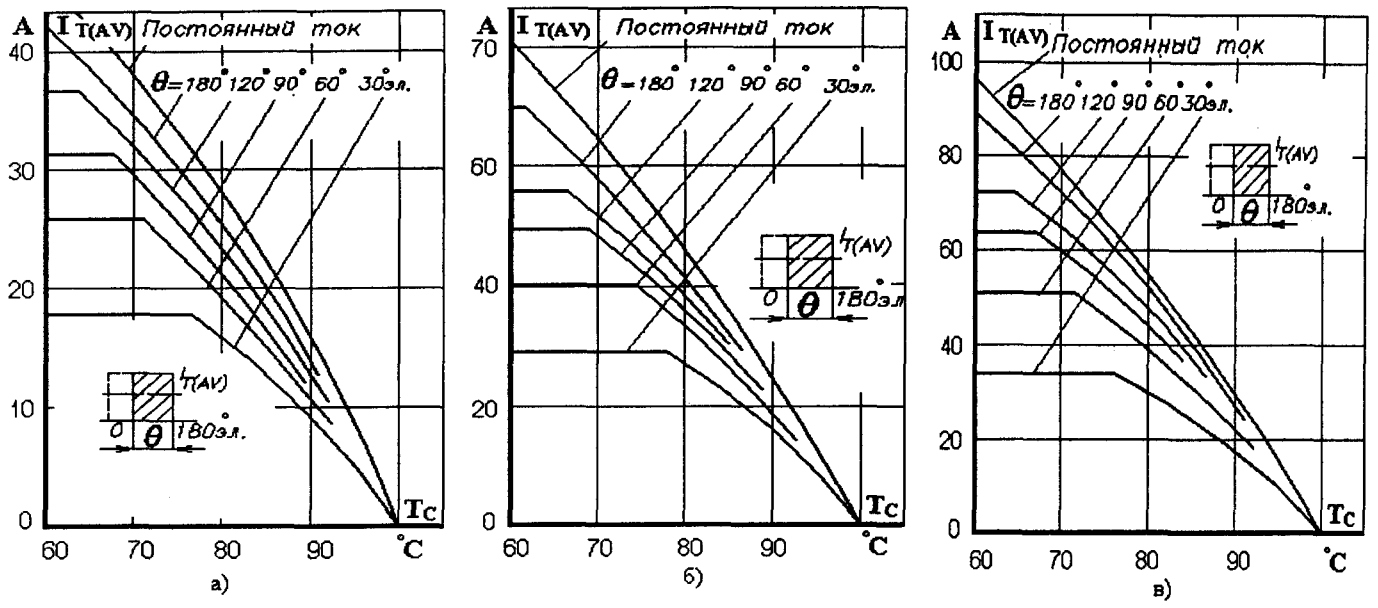

Рис. 2. 36. Зависимость допустимого среднего тока прямоугольной формы в открытом состоянии $I_{T(AV)}$, частотой 50 Гц, от температуры корпуса T_C при различных углах проводимости:

а)МТОТО4/3-40, МТОД4/3-40, МДТО4/3-40;

б)МТОТО4/3-63, МТОД4/3-63, МДТО4/3-63;

в)МТОТО4/3-80, МТОД4/3-80, МДТО4/3-80.

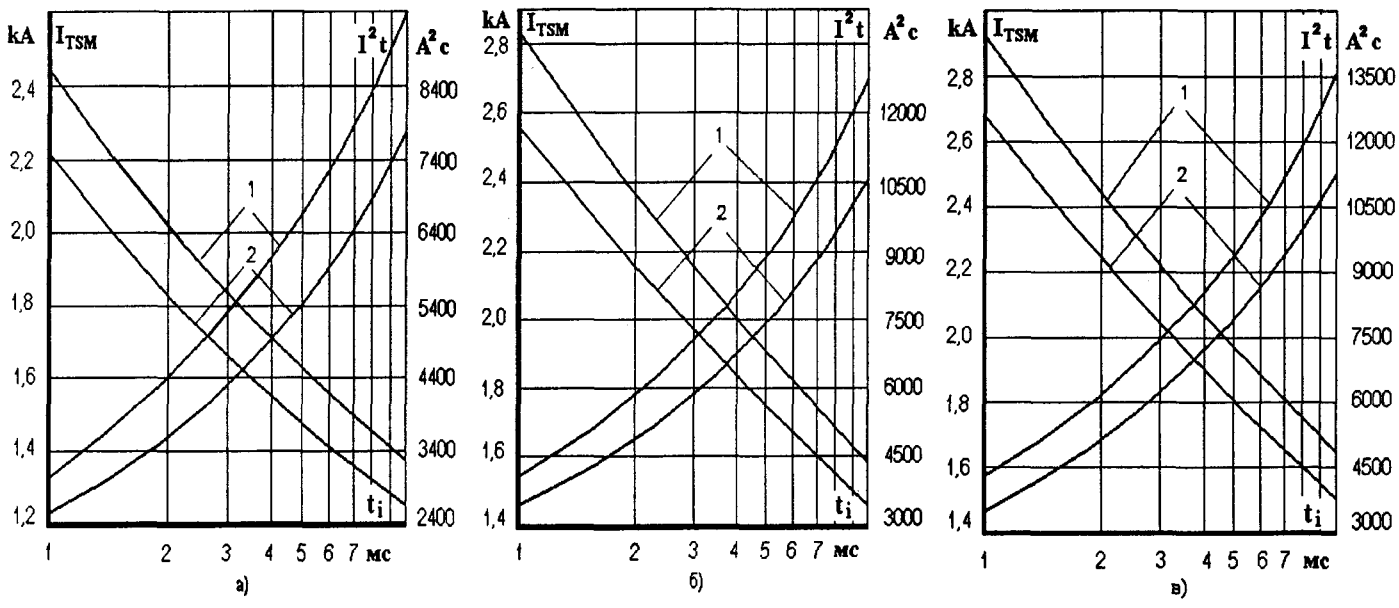

Рис. 2. 37. Зависимость допустимой амплитуды ударного тока в открытом состоянии I_{TSM} и защитного показателя I^2t от длительности импульса тока t_i при температуре перехода $T_j = 25$ °C (1) и максимальной температуре перехода $T_{jm} = 100$ °C (2):

а)МТОТО4/3-40, МТОД4/3-40, МДТО4/3-40;

б)МТОТО4/3-63, МТОД4/3-63, МДТО4/3-63;

в)МТОТО4/3-80, МТОД4/3-80, МДТО4/3-80.

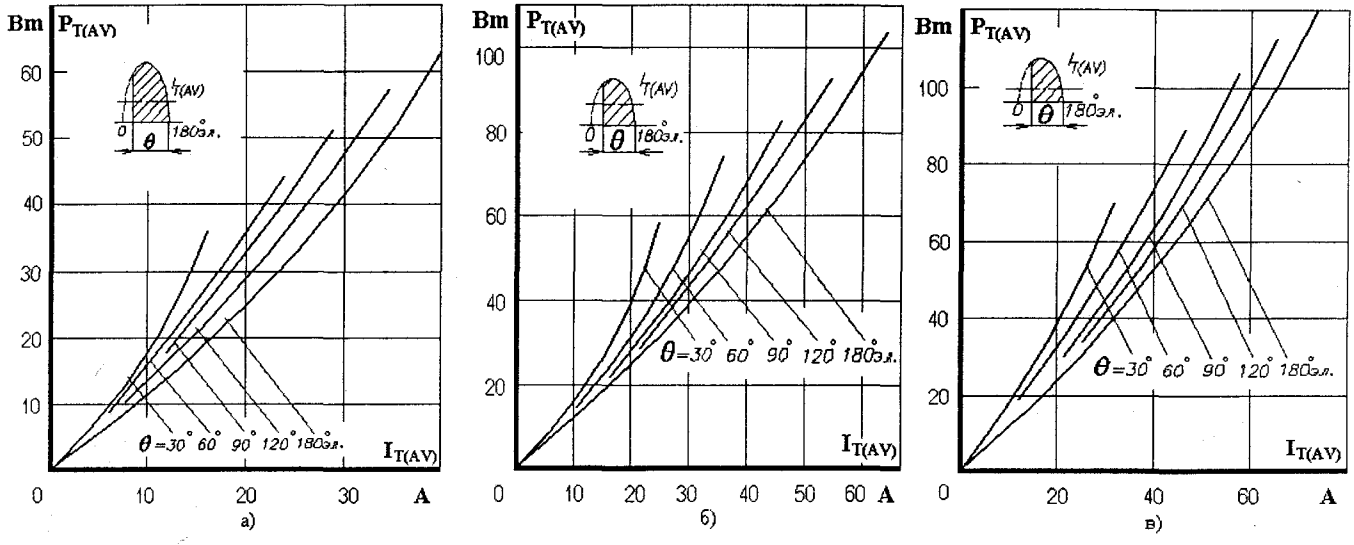

Рис. 2. 38. Зависимость средней рассеиваемой мощности $P_{T(AV)}$ от среднего тока синусоидальной формы в открытом состоянии $I_{T(AV)}$ при различных углах проводимости:

а)МТОТО4/3-40, МТОД4/3-40, МДТО4/3-40;
б)МТОТО4/3-63, МТОД4/3-63, МДТО4/3-63;
в)МТОТО4/3-80, МТОД4/3-80, МДТО4/3-80.

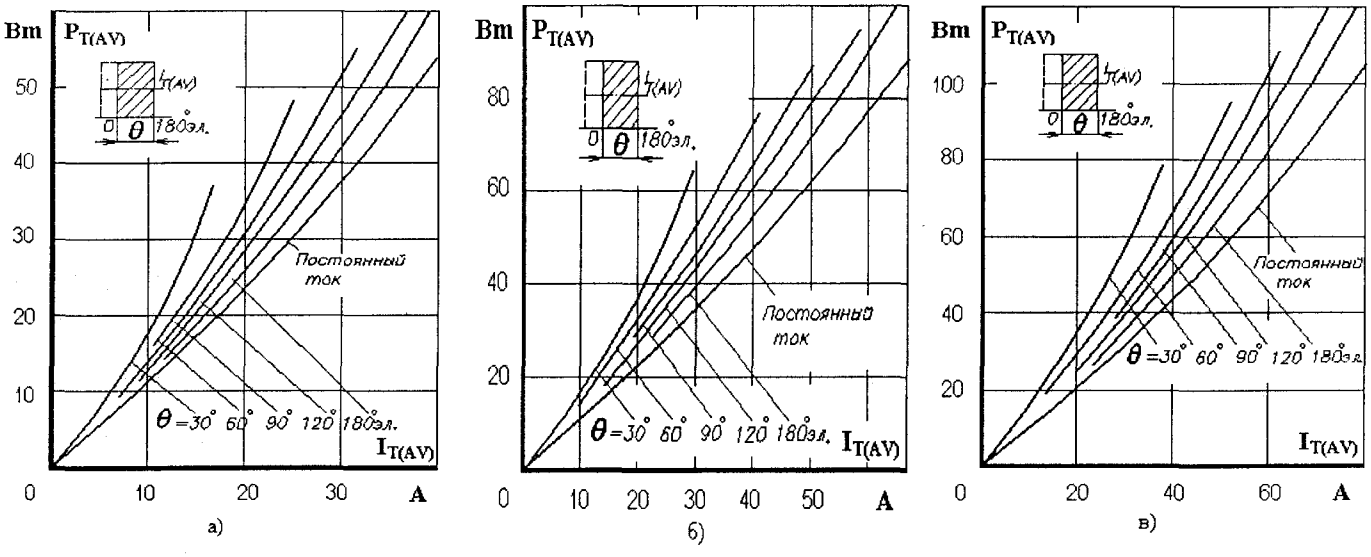

Рис. 2. 39. Зависимость средней рассеиваемой мощности $P_{T(AV)}$ от среднего тока прямоугольной формы в открытом состоянии $I_{T(AV)}$ при различных углах проводимости:

а)МТОТО4/3-40, МТОД4/3-40, МДТО4/3-40;
бМТОТО4/3-63, МТОД4/3-63, МДТО4/3-63;
в)МТОТО4/3-80, МТОД4/3-80, МДТО4/3-80.

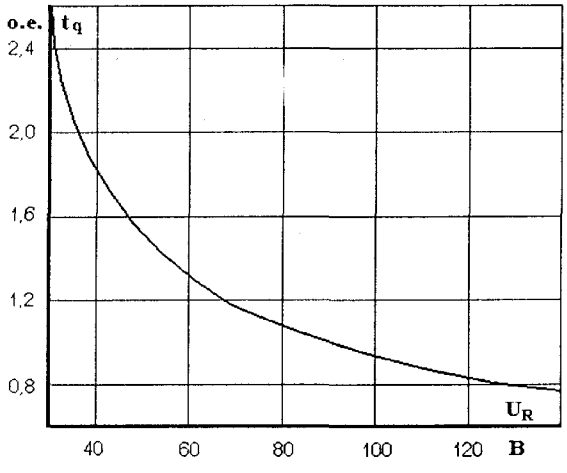

Рис. 2. 40. Зависимость времени выключения t_q от обратного напряжения U_R при максимальной температуре перехода T_{jm} = 100 °C, I_{TM} = $I_{T(AV)}$, dU_D/dt = 50 В/мкс, U_D = 0,67U_{DRM}, $(di_T/dt)_f$ = 5 А/мкс

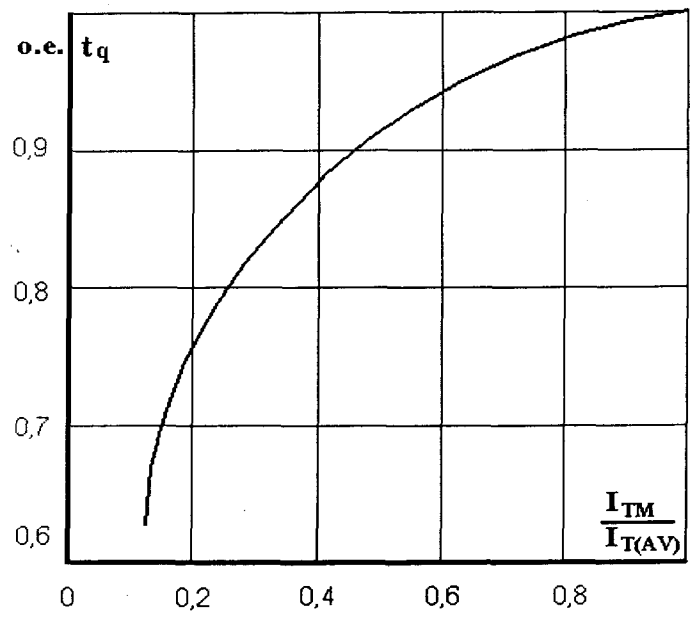

Рис. 2. 41. Зависимость времени выключения t_q от амплитуды предшествующего тока в открытом состоянии I_{TM} / $I_{T(AV)}$ при T_{jm} = 100 °C, $(di_T/dt)_f$ = 5 А/мкс, dU_D/dt = 50 В/мкс, U_R = 100 В, U_D = 0,67U_{DRM}

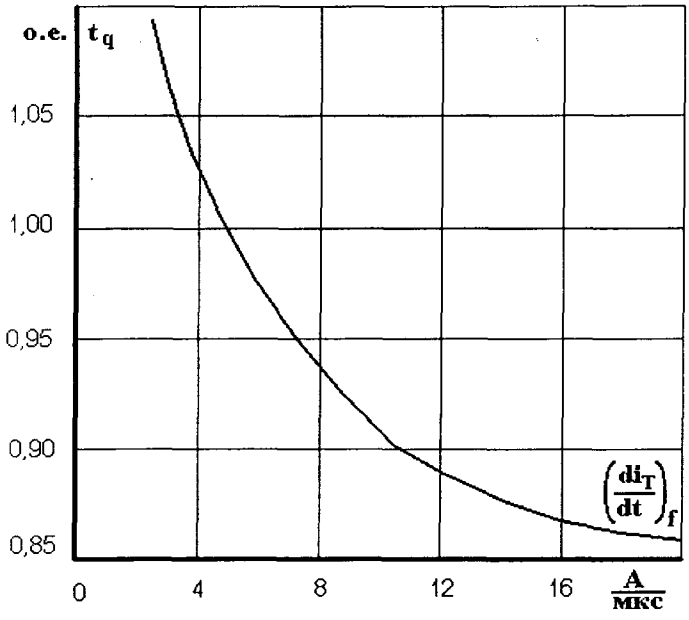

Рис. 2. 42. Зависимость времени выключения t_q от скорости спада тока в открытом состоянии $(di_T/dt)_f$ при T_{jm} = 100 °C, I_{TM} = $I_{T(AV)}$, dU_D/dt = 50 В/мкс, U_D = 0,67U_{DRM}, U_R = 100 В

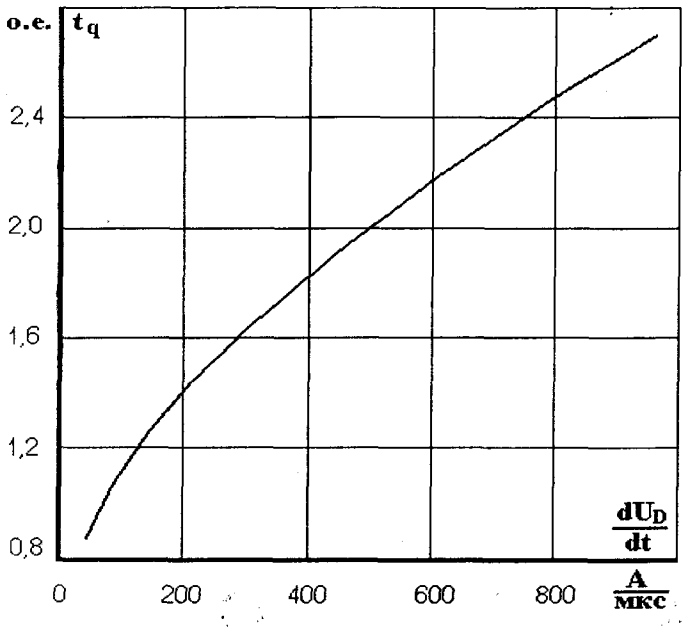

Рис. 2. 43. Зависимость времени выключения t_q от скорости нарастания напряжения в закрытом состоянии dU_D/dt при T_{jm} = 100 °C, I_{TM} = $I_{T(AV)}$, U_D = 0,67U_{DRM}, U_R = 100 В, $(di_T/dt)_f$ = 5 А/мкс