МОДУЛИ ОПТОТИРИСТОРНЫЕ И КОМБИНИРОВАННЫЕ

Модули оптотиристорные (МТОТО) и комбинированные : тиристора оптронного и диода (МТОД), диода и тиристора оптронного (МДТО) представлены следующими типоисполнениями:

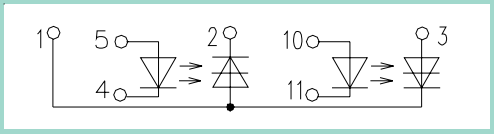
МТОТО6/3-100, МТОД6/3-100, МДТО6/3-100
МТОТО6/3-125, МТОД6/3-125, МДТО6/3-125
МТОТО6/3-160, МТОД6/3-160, МДТО6/3-160

МТОТО8/3-100, МТОД8/3-100, МДТО8/3-100
МТОТО8/3-125, МТОД8/3-125, МДТО8/3-125
МТОТО8/3-160, МТОД8/3-160, МДТО8/3-160

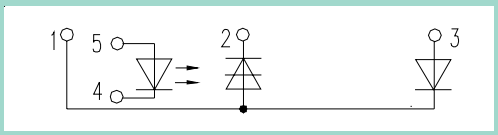
Предназначены для работы в цепях постоянного и переменного тока, частотой до 500 Гц. Применяются в устройствах, требующих гальванической развязки силовых и управляющих цепей.

Схемы внутреннего соединения полупроводниковых элементов в модулях

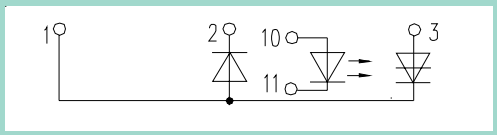
МТОТО6/3-100, МТОТО6/3-125, МТОТО6/3-160
МТОТО8/3-100, МТОТО8/3-125, МТОТО8/3-160



МТОД6/3-100, МТОД6/3-125, МТОД6/3-160
МТОД8/3-100, МТОД8/3-125, МТОД8/3-160

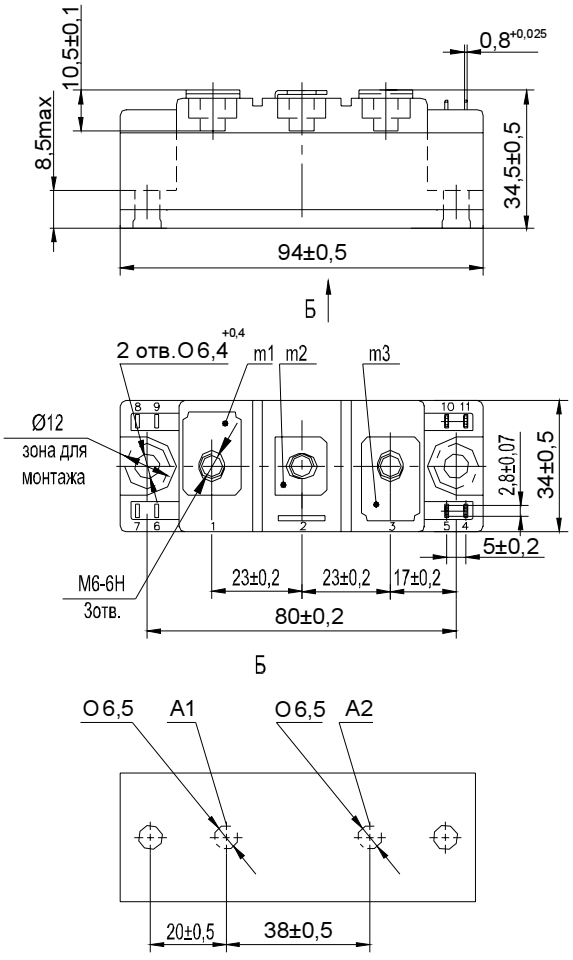


МДТО6/3-100, МДТО6/3-125, МДТО6/3-160
МДТО8/3-100, МДТО8/3-125, МДТО8/3-160



Габаритно-присоединительные размеры модулей

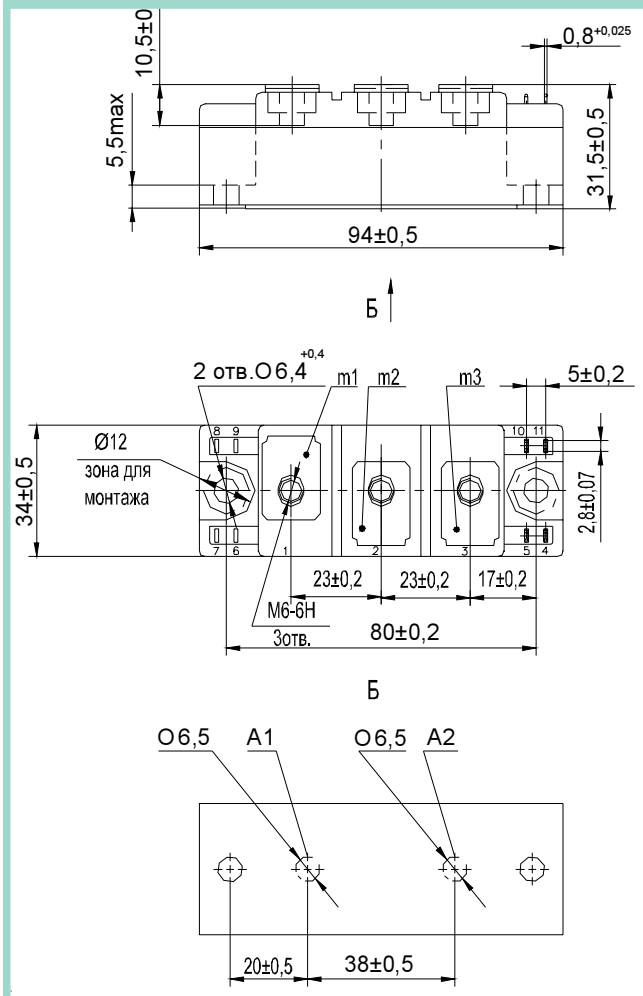
МТОТО6/3-100, МТОД6/3-100, МДТО6/3-100
МТОТО6/3-125, МТОД6/3-125, МДТО6/3-125
МТОТО6/3-160, МТОД6/3-160, МДТО6/3-160



A1, A2 - области контроля температуры корпуса модуля;
m1, m2, m3 - контрольные точки измерения импульсного напряжения в открытом состоянии; импульсного прямого напряжения;
1, 2, 3 - основные выводы;
4,5,10,11 - управляющие выводы

Масса , кг, не более - 0,21

МТОТО8/3-100, МТОД8/3-100, МДТО8/3-100
МТОТО8/3-125, МТОД8/3-125, МДТО8/3-125
МТОТО8/3-160, МТОД8/3-160, МДТО8/3-160



A1, A2 - области контроля температуры корпуса модуля;
m1, m2, m3 - контрольные точки измерения импульсного напряжения в открытом состоянии; импульсного прямого напряжения;
1, 2, 3 - основные выводы;
4,5,10,11 - управляющие выводы

Масса , кг, не более - 0,15

Предельно допустимые значения параметров модулей

Обозначение параметра	Наименование, единица измерения	Тип модуля			Условия установления норм на параметры
		МТОТО6/3-100 МТОД6/3-100 МДТО6/3-100 МТОТО8/3-100 МТОД8/3-100 МДТО8/3-100	МТОТО6/3-125 МТОД6/3-125 МДТО6/3-125 МТОТО8/3-125 МТОД8/3-125 МДТО8/3-125	МТОТО6/3-160 МТОД6/3-160 МДТО6/3-160 МТОТО8/3-160 МТОД8/3-160 МДТО8/3-160	
1	2	3	4	5	6
U_{DRM}, U_{RRM}	Повторяющееся импульсное напряжение в закрытом состоянии и повторяющееся импульсное обратное напряжение, В, для класса: 4 5 6 8 9 10 11 12	400 500 600 800 900 1000 1100 1200			T_{jm} = 100 °С, Импульс напряжения синусоидальный, однополупериодный, t_i = 10 мс, f = 50 Гц Цепь управления разомкнута
U_{DSM}, U_{RSM}	Неповторяющееся импульсное напряжение в закрытом состоянии и неповторяющееся импульсное обратное напряжение, В, для класса: 4 5 6 8 9 10 11 12	450 560 670 900 1000 1100 1200 1300			T_{jm} = 100 °С, Импульс напряжения синусоидальный,одиночный, однополупериодный, t_i = 10 мс Цепь управления разомкнута
U_D, U_R	Постоянное напряжение в закрытом состоянии и постоянное обратное напряжение, В	$0{,}6U_{DRM}$ (U_{RRM})			T_c = 60 °С
U_{DWM}, U_{RWM}	Рабочее импульсное напряжение в закрытом состоянии и рабочее импульсное обратное напряжение, В	$0{,}8U_{DRM}$ (U_{RRM})			T_{jm} = 100 °С, Импульс напряжения синусоидальный, однополупериодный,t_i = 10 мс, f = 50 Гц
I_{TAVM} I_{FAVM}	Максимально допустимый средний ток в открытом состоянии и средний прямой ток, А	100	125	160	T_c = 60 °С Импульс тока синусоидальный,однополупериодный, t_i = 10 мс, f = 50 Гц
I_{TRMS} I_{FRMS}	Действующий ток в открытом состоянии и действующий прямой ток, А	160	200	250	Импульс тока синусоидальный, однополупериодный, t_i = 10 мс, f = 50 Гц
I_{TSM} I_{FSM}	Ударный ток в открытом состоянии и ударный прямой ток , кА, не менее	2,4	2,7	3,3	T_{jm} = 100 °С, U_R = 0,импульс одиночный, t_i = 10 мс
		2,2	2,5	3,0	T_j = 25 °С, U_R = 0,импульс одиночный, t_i = 10 мс
$(di_T/dt)_{crit}$	Критическая скорость нарастания тока в открытом состоянии, А/мкс, не менее	100			T_{jm} = 100 °С, U_D = 0,67 U_{DRM}; I_{TM} = $2I_{TAVM}$ Импульс тока синусоидальный, однополупериодный, f = 1-5 Гц. Режим цепи управления: форма импульса тока - трапецеидальная; I_G = 250 мА; t_G = 50 мкс; длительность фронта не более 1мкс. Внутреннее сопротивление источника управления не более 20 Ом. Время испытаний не более 10 с.

1	2	3	4	5	6
R_{isol}	Сопротивление изоляции между беспотенциальным основанием модуля и его выводами, МОм, не менее	50			Нормальные климатические условия.
		5			Повышенная влажность (>80%). Напряжение 1000 В,длительность 10 с
U_{isol}	Электрическая прочность изоляции между беспотенциальным основанием модуля и его выводами, В, (действующее значение)	2500			Нормальные климатические условия.
		1500			Повышенная влажность (>80%). Напряжение синусоидальное, f = 50 Гц. Основные выводы закорочены между собой.
T_{jm}	Максимально допустимая температура перехода,°С	100			
T_{jmin}	Минимально допустимая температура перехода,°С	минус 40			
$T_{stg\ m}$	Максимально допустимая температура хранения,°С	40 (для У2), 50 (для Т3)			
$T_{stg\ min}$	Минимально допустимая температура хранения,°С	минус 40			

Характеристики и параметры модулей

Обозначение параметра	Наименование, единица измерения	Тип модуля			Условия установления норм на параметры
		МТОТО6/3-100 МТОД6/3-100 МДТО6/3-100 МТОТО8/3-100 МТОД8/3-100 МДТО8/3-100	МТОТО6/3-125 МТОД6/3-125 МДТО6/3-125 МТОТО8/3-125 МТОД8/3-125 МДТО8/3-125	МТОТО6/3-160 МТОД6/3-160 МДТО6/3-160 МТОТО8/3-160 МТОД8/3-160 МДТО8/3-160	
1	2	3	4	5	6
U_{TM} U_{FM}	Импульсное напряжение в открытом состоянии и импульсное прямое напряжение, В, не более	1,75		1,60	T_j = 25 °С, I_T = 3,14 I_{TAVM}, I_F = 3,14 I_{FAVM}
$U_{T(TO)}$ U_{TO}	Пороговое напряжение в открытом состоянии и пороговое напряжение, В	1,0			T_{jm} = 100 °С
r_T	Динамическое сопротивление в открытом состоянии, Ом	0,0024	0,0019	0,0011	T_{jm} = 100 °С
I_{DRM} I_{RRM}	Повторяющийся импульсный ток в закрытом состоянии и повторяющийся импульсный обратный ток , мА,не более	2,0	2,0		T_j= 25 °С,
		12,0	15,0		T_{jm}= 100 °С,U_D = U_{DRM},U_R = U_{RRM} Цепь управления разомкнута
$(dU_D/dt)_{crit}$	Критическая скорость нарастания напряжения взакрытом состоянии, В/мкс, не менее, для группы: 0 1 2 3 4 5 6 7	не нормируется, но не менее 10 20 50 100 200 320 500 1000			T_{jm}= 100 °С,U_D = 0,67U_{DRM}, t_u ≧ 200 мс Цепь управления разомкнута
Q_{rr}	Заряд восстановления, мкКл, не более	450	516	586	T_{jm} = 125 °С, I_T = I_{TAVM}, t_i = 250 мкс,$(di_T/dt)_f$ = 5 А/мкс, U_R= 100 В
t_{rr}	Время обратного восстановления, мкс, не более	14	16	17,5	
t_q	Время выключения ,мкс, не более	250			T_{jm}= 100 °С, I_T = I_{TAVM}, U_D= 0,67U_{DRM}, di_T/dt = 5 А/мкс, U_R= 100 В, t_i ≧ 500 мкс,dU_D/dt = $(dU_D/dt)_{crit}$
I_H	Ток удержания, мА, не более	100			T_j = 25 °С, U_D = 12 В Цепь управления разомкнута
U_{gd}	Неотпирающее постоянное напряжение управления, В, не менее	0,9			T_{jm}= 100 °С, U_D =0,67U_{DRM}

1	2	3	4	5	6
U_{GTM}	Отпирающее импульсное напряжение управления, В, не более	2,5			T_j = 25 °С,
		3,5			T_{jmin} = минус 40 °С, U_D = 12 В t_i = 100 мкс,скважность k ≧ 10
U_{GT}	Отпирающее постоянное напряжение управления, В, не более (для приборов с индексом "А")	1,8			T_j = 25 °С,U_D = 12 В
I_{GTM}	Отпирающий импульсный ток управле ния,мА,не более	250			T_j = 25 °С,
		600			T_{jmin} = минус 40 °С, U_D = 12 В t_i = 100 мкс,скважность k ≧ 10
I_{GT}	Отпирающий постоянный ток управле ния,мА,не более (для приборов с индексом "А")	60			T_j = 25 °С, U_D = 12 В
R_{thjc}	Тепловое сопротивление переход -корпус,°С/Вт, не более	0,25	0,21	0,20	Постоянный ток

Примечание: Максимально допустимый постоянный ток управления модулей, содержащих оптотиристорные элементы с индексом «А» в маркировке – 80 мА. Максимально допустимый импульсный ток управления – 700 мА при длительности импульса 100 мкс и скважности не менее 10.

При снижении температуры эксплуатации модулей с индексом «А» ниже 5 °С необходимо переходить на импульсный режим работы по цепи управления.

Характеристики и параметры модулей с рекомендуемыми охладителями

Обозначение параметра	Наименование, единица измерения	Тип модуля			Условия установления норм на параметры
		МТОТО6/3-100 МТОД6/3-100 МДТО6/3-100 МТОТО8/3-100 МТОД8/3-100 МДТО8/3-100	МТОТО6/3-125 МТОД6/3-125 МДТО6/3-125 МТОТО8/3-125 МТОД8/3-125 МДТО8/3-125	МТОТО6/3-160 МТОД6/3-160 МДТО6/3-160 МТОТО8/3-160 МТОД8/3-160 МДТО8/3-160	
R_{thch}	Тепловое сопротивление корпус -контактная поверхность охладителя,°С/Вт	0,10			Естественное охлаждение Постоянный ток
Охладитель ОР344-120					
I_{TAV} I_{FAV}	Средний ток в открытом состоянии и средний прямой ток, А	28	29	30	Естественное охлаждение, T_a = 40 °С, ток синусоидальный, f = 50 Гц
R_{thja}	Тепловое сопротивление переход - среда,°С/Вт, не более	1,85	1,81	1,80	Естественное охлаждение, T_a = 40 °С Постоянный ток
Охладитель ОР344-180					
I_{TAV} I_{FAV}	Средний ток в открытом состоянии и средний прямой ток, А	32	33	36	Естественное охлаждение, T_a = 40 °С, ток синусоидальный, f = 50 Гц
R_{thja}	Тепловое сопротивление переход - среда,°С/Вт, не более	1,57	1,53	1,52	Естественное охлаждение, T_a = 40 °С Постоянный ток
Охладитель ОР344-240					
I_{TAV} I_{FAV}	Средний ток в открытом состоянии и средний прямой ток, А	36	38	41	Естественное охлаждение, T_a = 40 °С, ток синусоидальный, f = 50 Гц
R_{thja}	Тепловое сопротивление переход - среда,°С/Вт, не более	1,35	1,31	1,30	Естественное охлаждение, T_a = 40 °С Постоянный ток
Охладитель ОР344-300					
I_{TAV} I_{FAV}	Средний ток в открытом состоянии и средний прямой ток, А	37	39	42	Естественное охлаждение, T_a = 40 °С, ток синусоидальный, f = 50 Гц
R_{thja}	Тепловое сопротивление переход - среда,°С/Вт, не более	1,31	1,27	1,26	Естественное охлаждение, T_a = 40 °С Постоянный ток
Охладитель ОР344-350					
I_{TAV} I_{FAV}	Средний ток в открытом состоянии и средний прямой ток, А	38	40	44	Естественное охлаждение, T_a = 40 °С, ток синусоидальный, f = 50 Гц
R_{thja}	Тепловое сопротивление переход - среда,°С/Вт, не более	1,27	1,23	1,22	Естественное охлаждение, T_a = 40 °С Постоянный ток

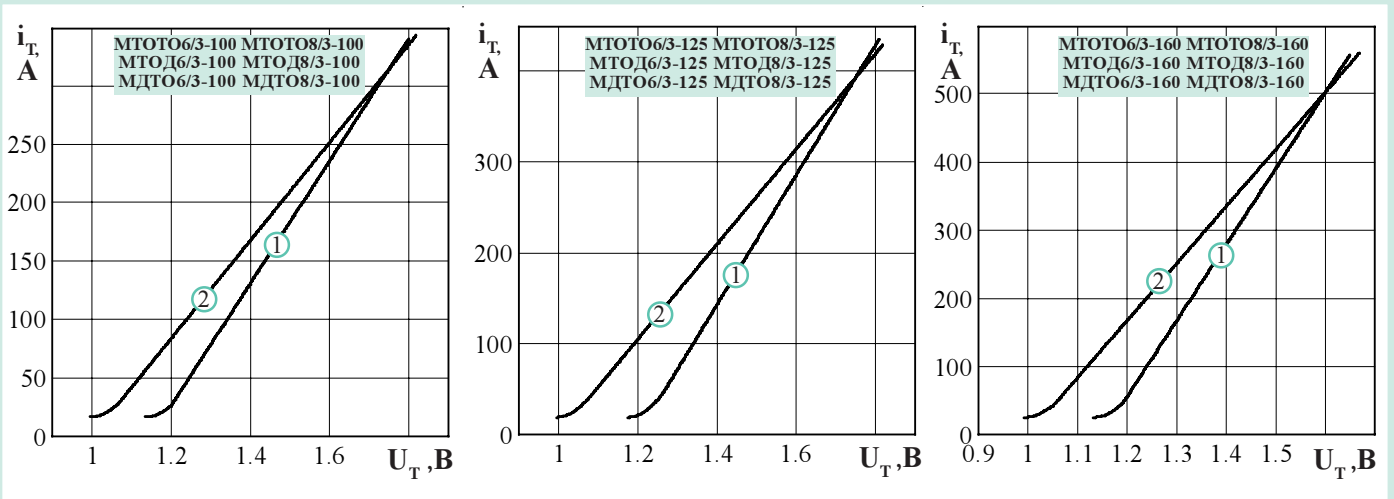


Рисунок 1 - Предельные вольтамперные характеристики в открытом состоянии при температуре T_j = 25 °С (1) и максимальной температуре перехода T_{jm} = 100 °С (2)

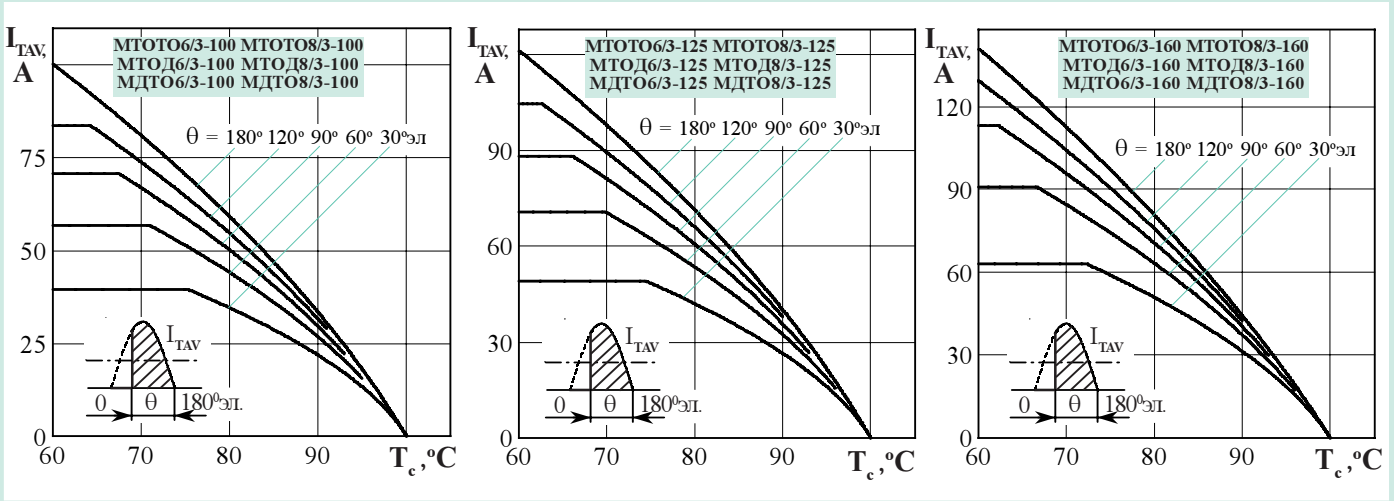


Рисунок 2 - Зависимость допустимого среднего тока синусоидальной формы I_{TAV} в открытом состоянии частотой 50 Гц от температуры корпуса T_c при различных углах проводимости

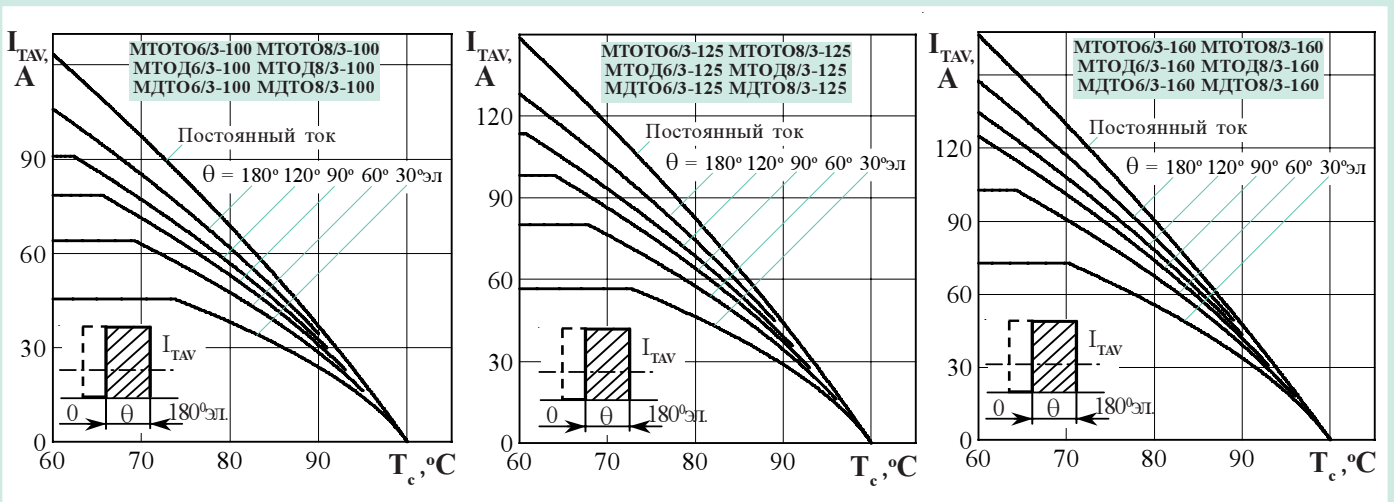


Рисунок 3 - Зависимость допустимого среднего тока I_{TAV} прямоугольной формы в открытом состоянии частотой 50 Гц и постоянного тока от температуры корпуса T_c при различных углах проводимости

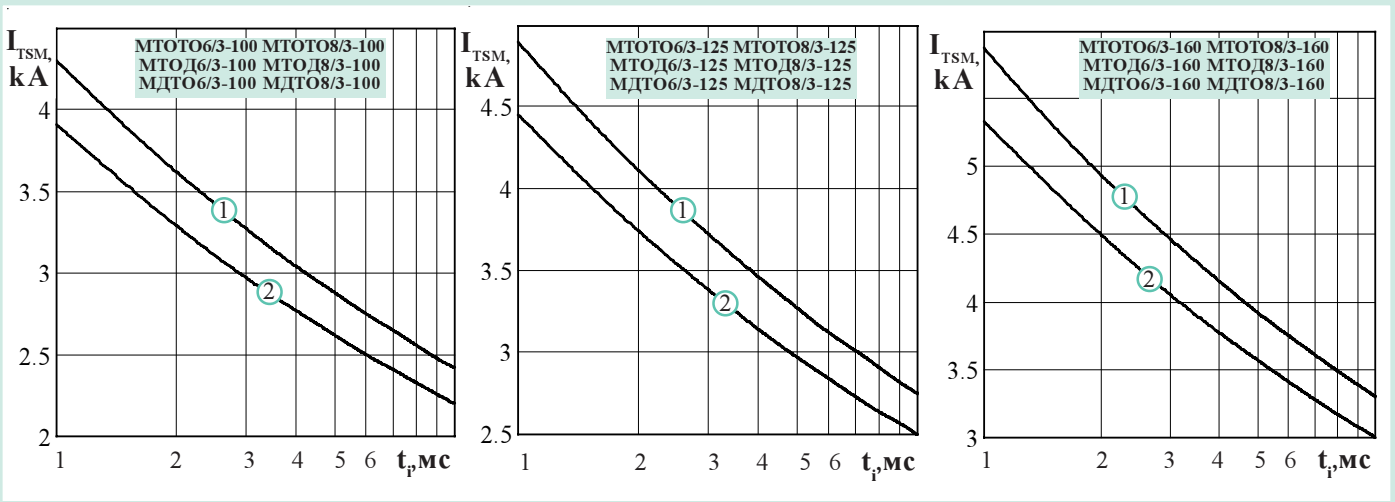


Рисунок 4 - Зависимость допустимой амплитуды ударного тока в открытом состоянии I_{TSM} от длительности импульса тока t_i при температуре T_j = 25 °С (1) и максимальной температуре перехода T_{jm} = 100 °С (2)

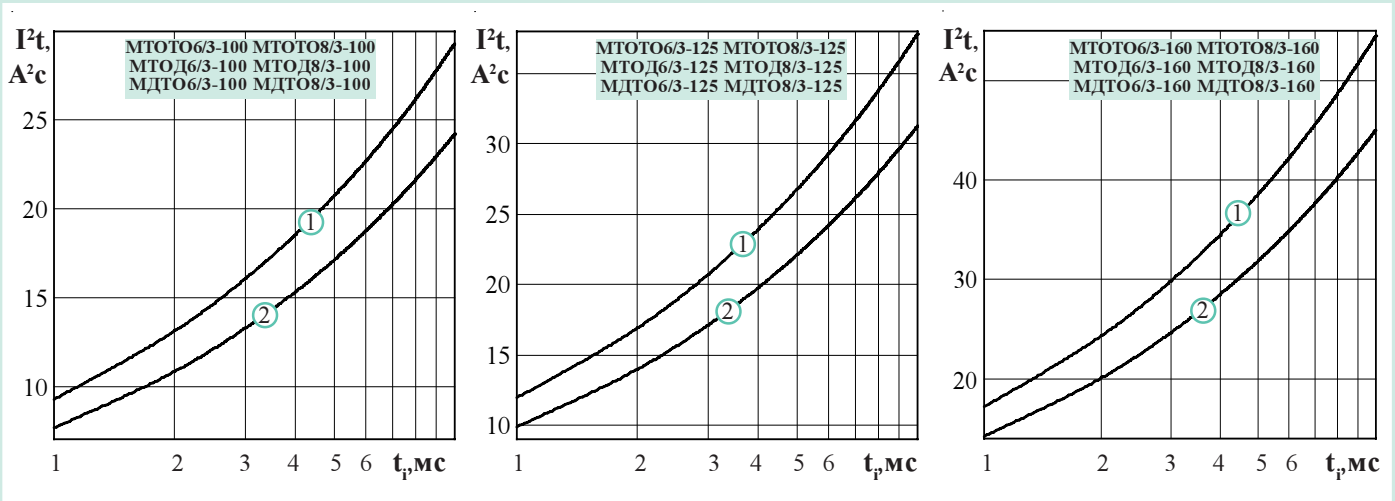


Рисунок 5 - Зависимость защитного показателя I^2t от длительности импульса тока t_i при температуре T_j = 25 °С (1) и максимальной температуре перехода T_{jm} = 100 °С (2)

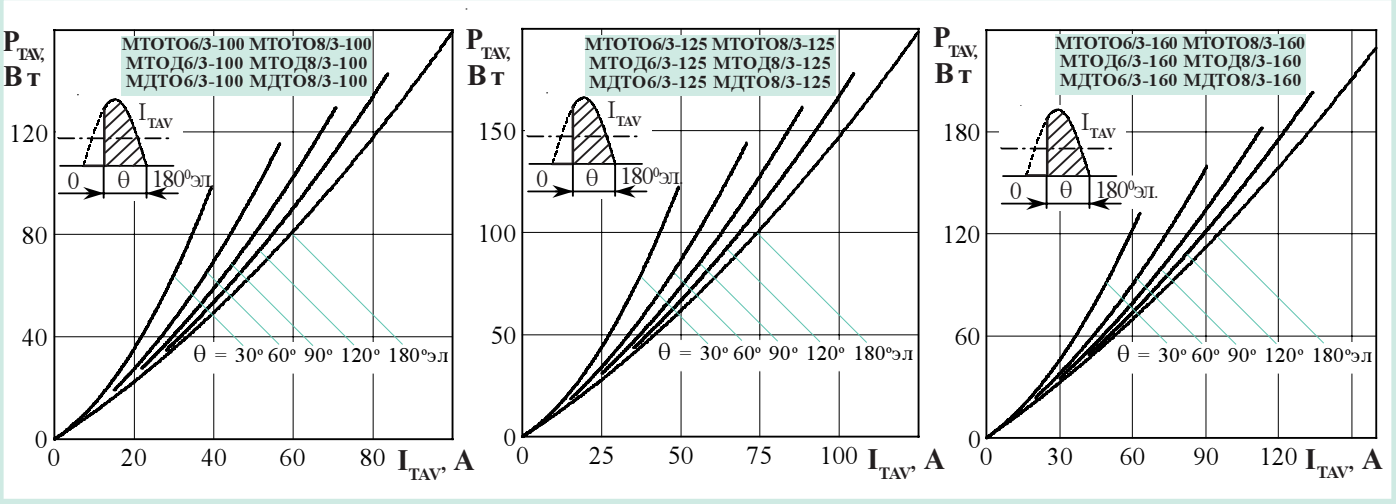


Рисунок 6 - Зависимость средней рассеиваемой мощности P_{TAV} от среднего тока в открытом состоянии I_{TAV} синусоидальной формы частотой f = 50 Гц при различных углах проводимости

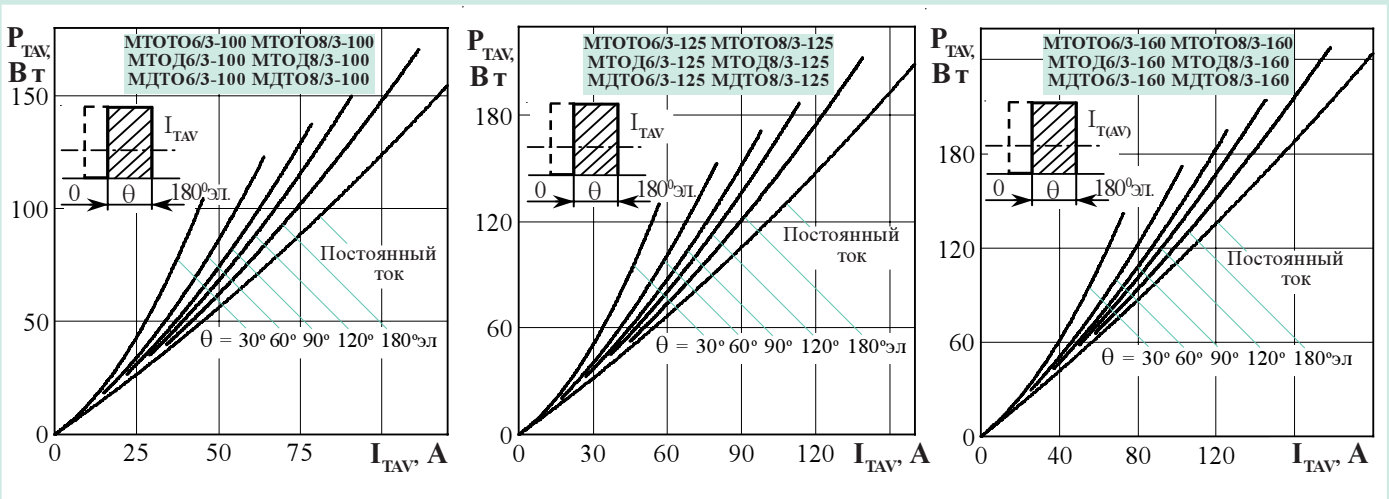


Рисунок 7 - Зависимость средней рассеиваемой мощности P_{TAV} от среднего тока в открытом состоянии I_{TAV} прямоугольной формы частотой f = 50 Гц и постоянного тока при различных углах проводимости

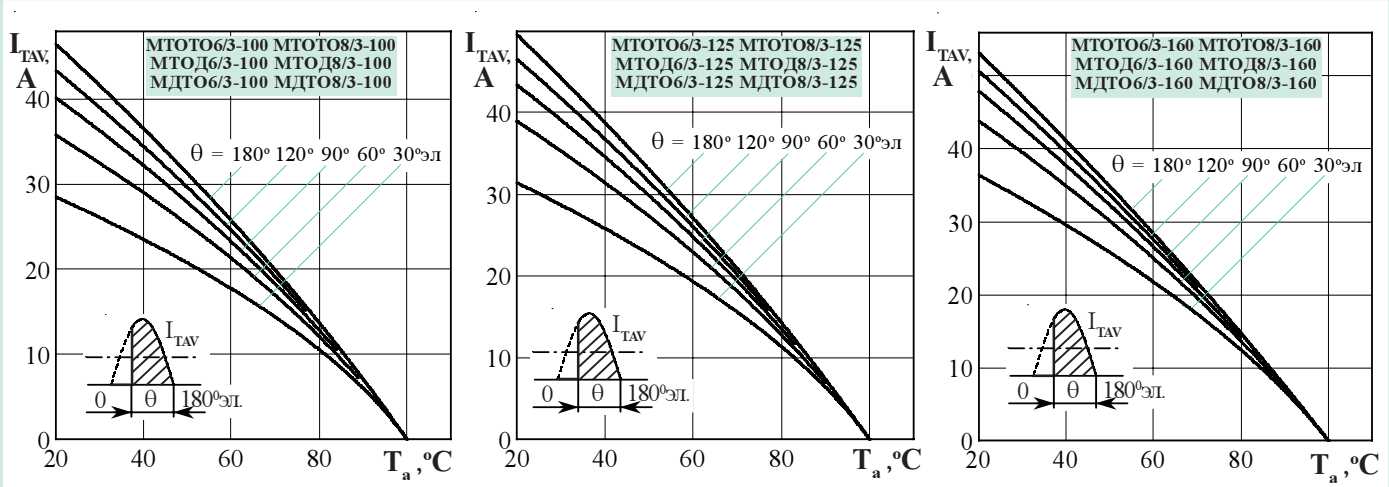


Рисунок 8.1 - Зависимость допустимого среднего тока в открытом состоянии I_{TAV} от температуры окружающей среды T_a при естественном охлаждении на охладителе **ОР344-240** при различных углах проводимости для токов синусоидальной формы частотой f = 50 Гц

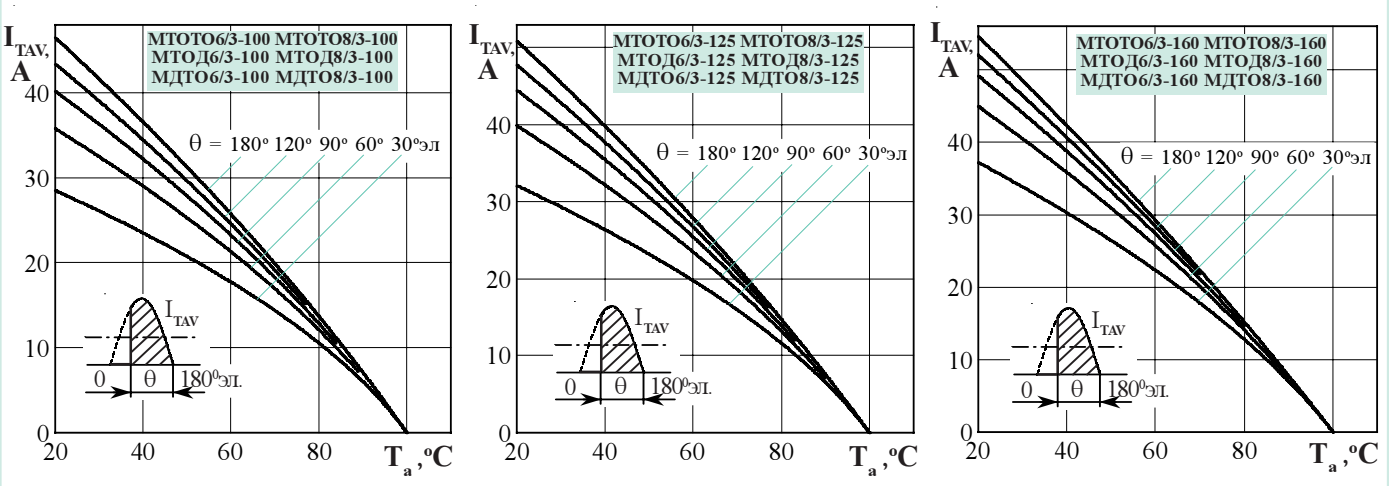


Рисунок 8.2 - Зависимость допустимого среднего тока в открытом состоянии I_{TAV} от температуры окружающей среды T_a при естественном охлаждении на охладителе **ОР344-300** при различных углах проводимости для токов синусоидальной формы частотой f = 50 Гц

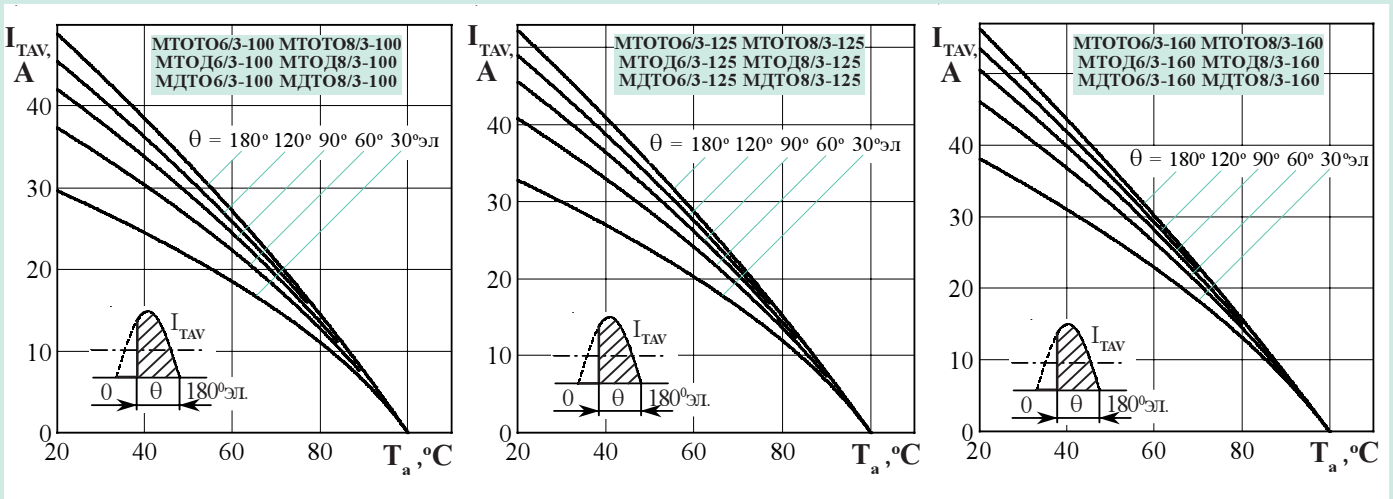


Рисунок 8.3 - Зависимость допустимого среднего тока в открытом состоянии I_{TAV} от температуры окружающей среды T_a при естественном охлаждении на охладителе **ОР344-350** при различных углах проводимости для токов синусоидальной формы частотой f = 50 Гц

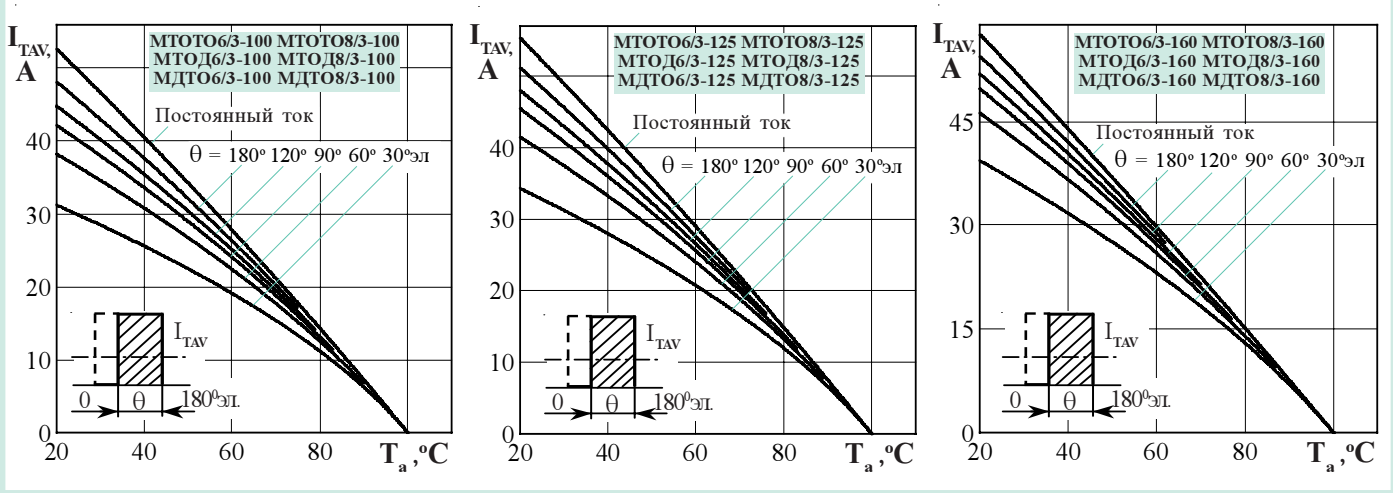


Рисунок 9.1 - Зависимость допустимого среднего тока в открытом состоянии I_{TAV} от температуры окружающей среды T_a при естественном охлаждении на охладителе **ОР344-240** при различных углах проводимости для токов прямоугольной формы частотой f = 50 Гц и постоянного тока

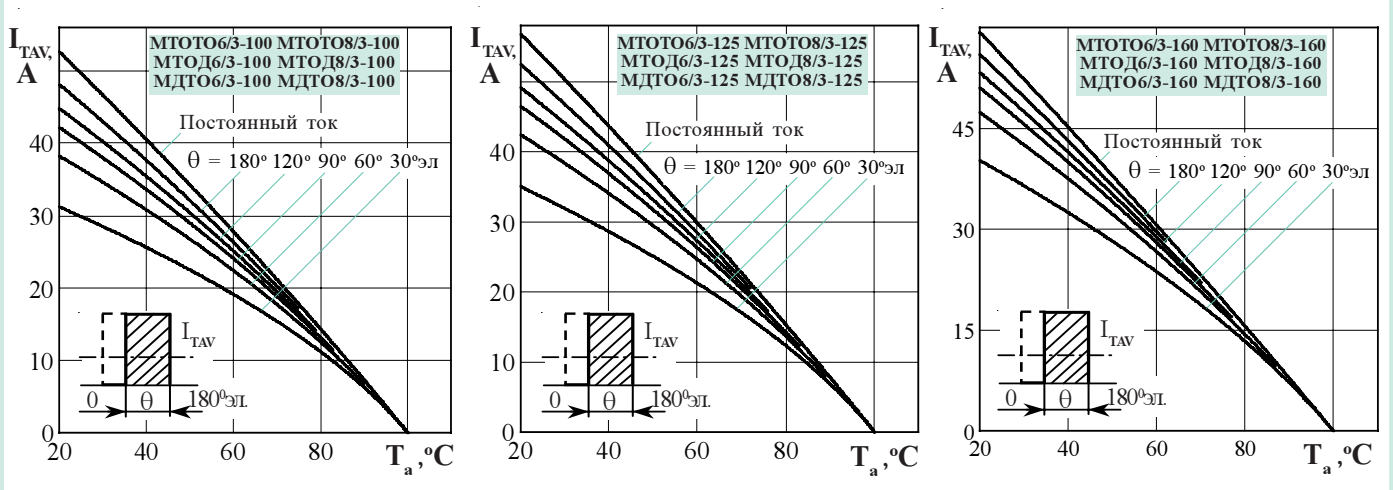


Рисунок 9.2 - Зависимость допустимого среднего тока в открытом состоянии I_{TAV} от температуры окружающей среды T_a при естественном охлаждении на охладителе **ОР344-300** при различных углах проводимости для токов прямоугольной формы частотой f = 50 Гц и постоянного тока

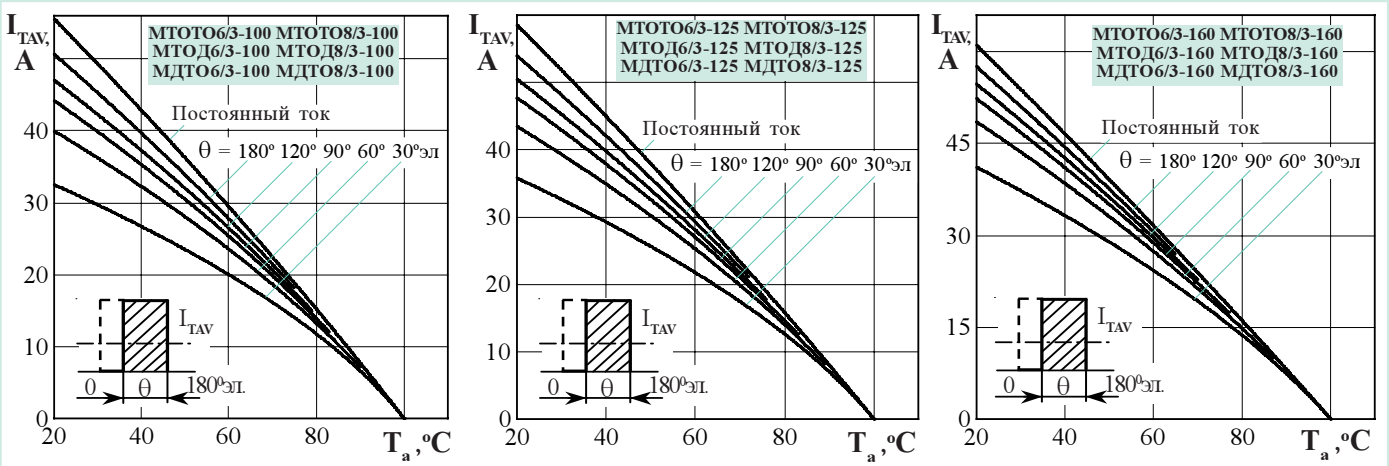


Рисунок 9.3 - Зависимость допустимого среднего тока в открытом состоянии I_{TAV} от температуры окружающей среды T_a при естественном охлаждении на охладителе **ОР344-350** при различных углах проводимости для токов прямоугольной формы частотой f = 50 Гц и постоянного тока

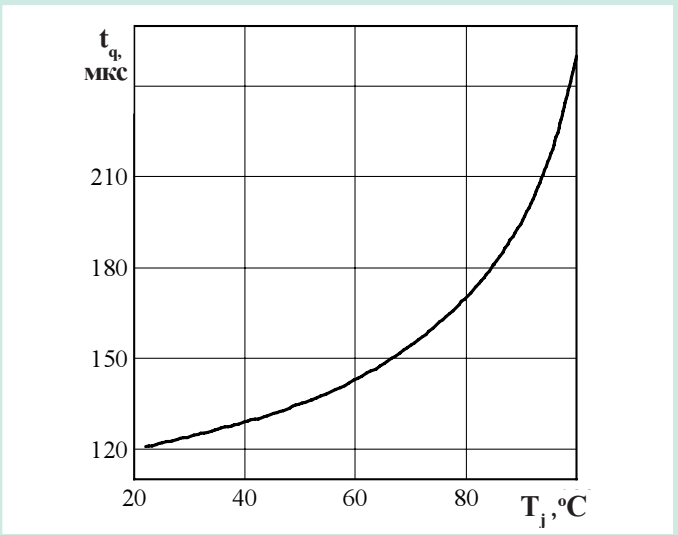


Рисунок 10 - Зависимость времени выключения t_q от температуры структуры T_j при $I_T = I_{TAVM}$; $U_D = 0,67\ U_{DRM}$; $U_R = 100$ В; $(di/dt)_f = 5$ А/мкс; $dU_D/dt = 50$ В/мкс

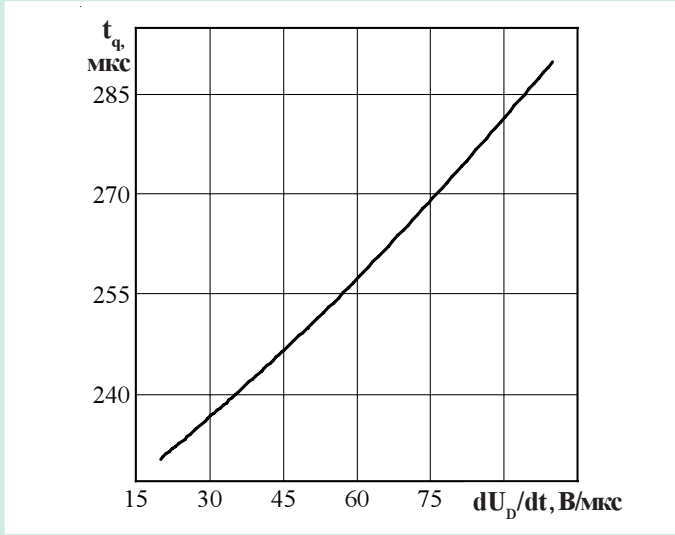


Рисунок 11 - Зависимость времени выключения t_q от скорости нарастания напряжения в закрытом состоянии dU_D/dt при $T_{jm} = 100$ °C; $I_T = I_{TAVM}$; $U_D = 0,67\ U_{DRM}$; $U_R = 100$ В; $(di/dt)_f = 5$ А/мкс

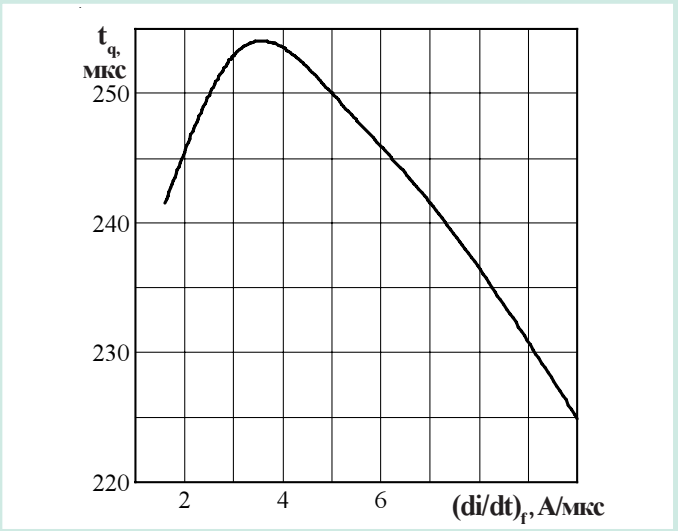


Рисунок 12 - Зависимость времени выключения t_q от скорости спада тока в открытом состоянии $(di/dt)_f$ при $T_{jm} = 100$ °C; $I_T = I_{TAVM}$; $U_R = 100$ В; $dU_D/dt = 50$ В/мкс; $U_D = 0,67\ U_{DRM}$

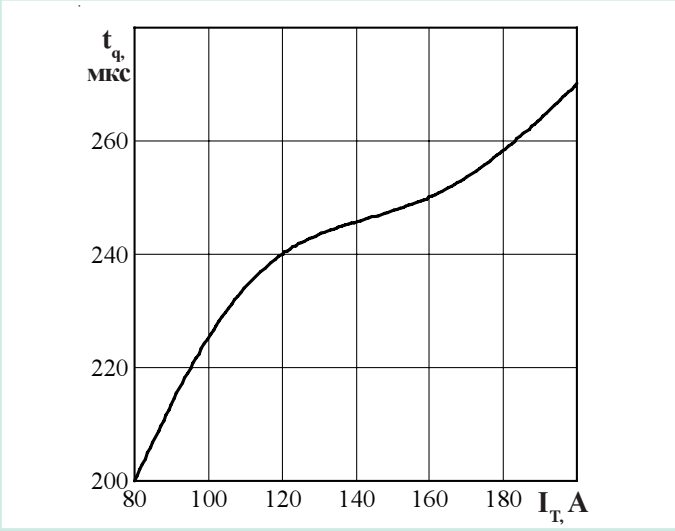


Рисунок 13 - Зависимость времени выключения t_q от амплитуды тока в открытом состоянии I_{TAV} при $T_{jm} = 100$ °C; $U_R = 100$ В; $(di/dt)_f = 5$ А/мкс; $dU_D/dt = 50$ В/мкс; $U_D = 0,67\ U_{DRM}$

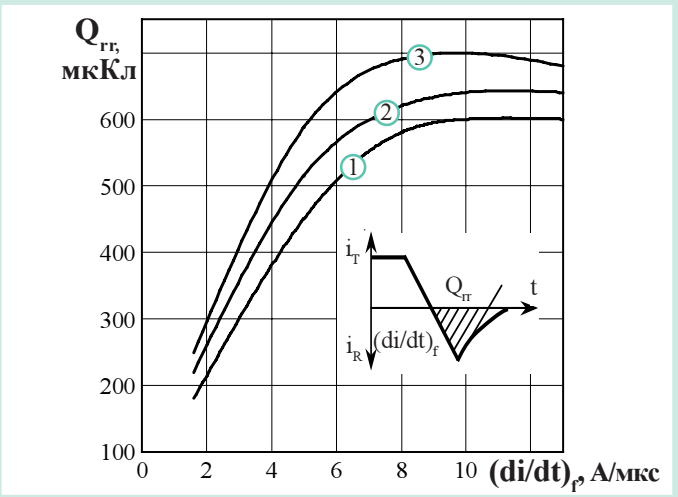


Рисунок 14 - Зависимость заряда восстановления Q_{rr} от скорости спада тока $(di/dt)_f$ в открытом состоянии при T_{jm} = 100 °C, U_R = 100 В; $I_T = I_{TAVM}$.

1- МТОТО6/3-100,МТОД6/3-100,МДТО6/3-100,МТОТО8/3-100,МТОД8/3-100,МДТО8/3-100
2- МТОТО6/3-125,МТОД6/3-125,МДТО6/3-125,МТОТО8/3-125,МТОД8/3-125,МДТО8/3-125
3- МТОТО6/3-160,МТОД6/3-160,МДТО6/3-160,МТОТО8/3-160,МТОД8/3-160,МДТО8/3-160

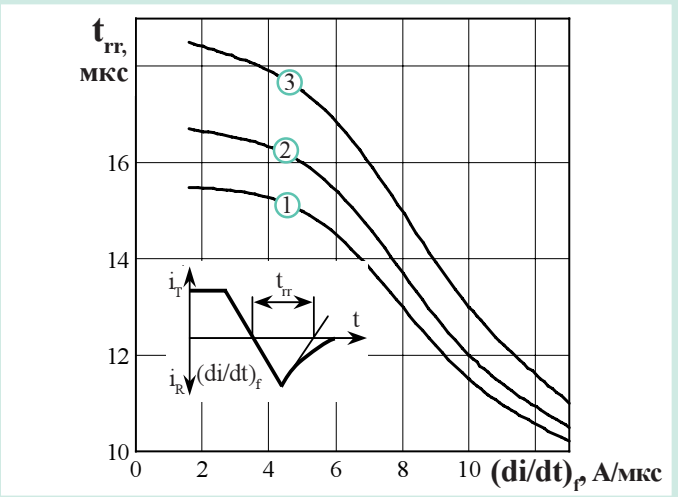


Рисунок 15 -Зависимость времени обратного восстановления t_{rr} от скорости спада тока $(di/dt)_f$ в открытом состоянии при T_{jm} = 100 °C, U_R = 100 В; $I_T = I_{TAVM}$.

1- МТОТО6/3-100,МТОД6/3-100,МДТО6/3-100,МТОТО8/3-100,МТОД8/3-100,МДТО8/3-100
2- МТОТО6/3-125,МТОД6/3-125,МДТО6/3-125,МТОТО8/3-125,МТОД8/3-125,МДТО8/3-125
3- МТОТО6/3-160,МТОД6/3-160,МДТО6/3-160,МТОТО8/3-160,МТОД8/3-160,МДТО8/3-160

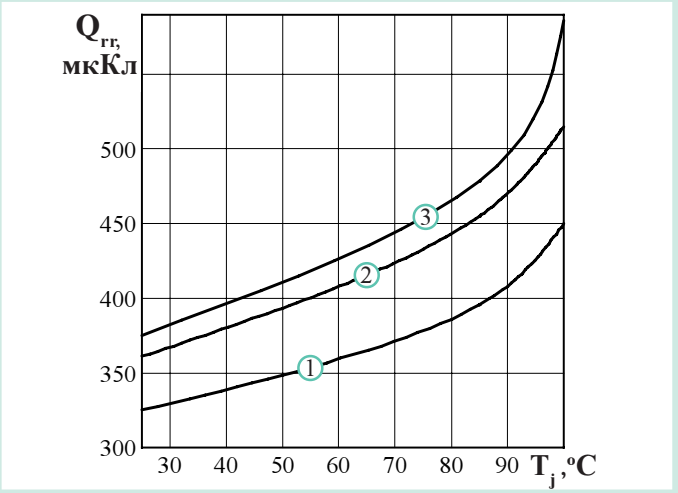


Рисунок 16- Зависимость заряда восстановления Q_{rr} от температуры структуры T_j при U_R = 100 В; $I_T = I_{TAVM}$; $(di/dt)_f$ = 5 А/мкс

1- МТОТО6/3-100,МТОД6/3-100,МДТО6/3-100,МТОТО8/3-100,МТОД8/3-100,МДТО8/3-100
2- МТОТО6/3-125,МТОД6/3-125,МДТО6/3-125,МТОТО8/3-125,МТОД8/3-125,МДТО8/3-125
3- МТОТО6/3-160,МТОД6/3-160,МДТО6/3-160,МТОТО8/3-160,МТОД8/3-160,МДТО8/3-160

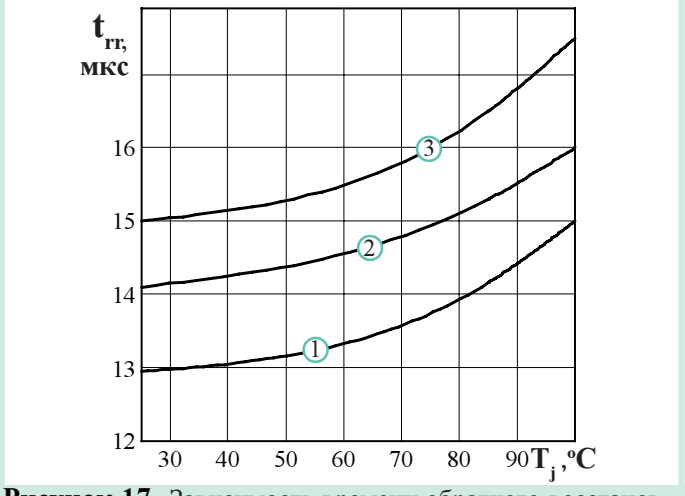


Рисунок 17 -Зависимость времени обратного восстановления t_{rr} от температуры структуры T_j при U_R = 100 В; $I_T = I_{TAVM}$; $(di/dt)_f$ = 5 А/мкс

1- МТОТО6/3-100,МТОД6/3-100,МДТО6/3-100,МТОТО8/3-100,МТОД8/3-100,МДТО8/3-100
2- МТОТО6/3-125,МТОД6/3-125,МДТО6/3-125,МТОТО8/3-125,МТОД8/3-125,МДТО8/3-125
3- МТОТО6/3-160,МТОД6/3-160,МДТО6/3-160,МТОТО8/3-160,МТОД8/3-160,МДТО8/3-160

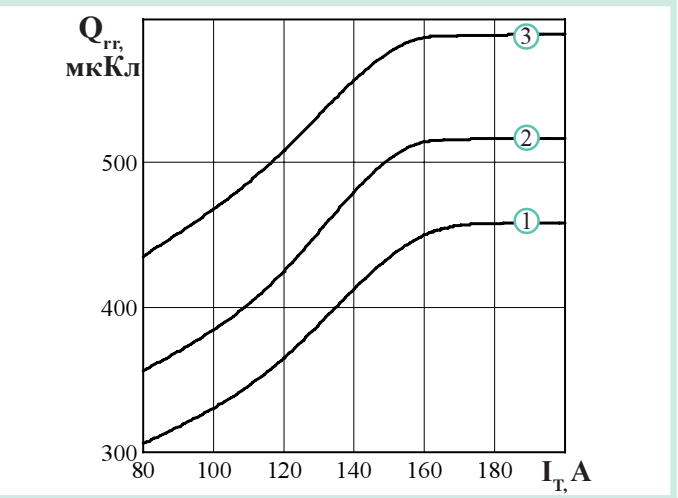


Рисунок 18 - Зависимость заряда восстановления Q_{rr} от амплитуды тока в открытом состоянии I_T при T_{jm} = 100 °C ; U_R = 100 В; $(di/dt)_f$ = 5 А/мкс

1- МТОТО6/3-100,МТОД6/3-100,МДТО6/3-100,МТОТО8/3-100,МТОД8/3-100,МДТО8/3-100
2- МТОТО6/3-125,МТОД6/3-125,МДТО6/3-125,МТОТО8/3-125,МТОД8/3-125,МДТО8/3-125
3- МТОТО6/3-160,МТОД6/3-160,МДТО6/3-160,МТОТО8/3-160,МТОД8/3-160,МДТО8/3-160

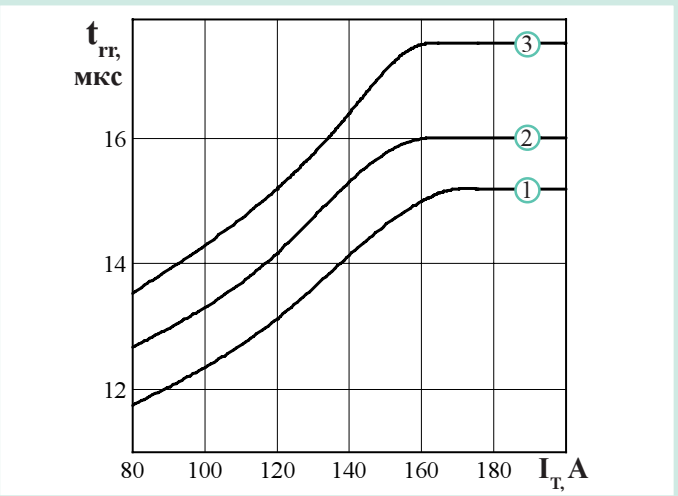


Рисунок 19 - Зависимость времени обратного восстановления t_{rr} от амплитуды тока в открытом состоянии I_T при T_{jm} = 100 °C ; U_R = 100 В; $(di/dt)_f$ = 5 А/мкс

1- МТОТО6/3-100,МТОД6/3-100,МДТО6/3-100,МТОТО8/3-100,МТОД8/3-100,МДТО8/3-100
2- МТОТО6/3-125,МТОД6/3-125,МДТО6/3-125,МТОТО8/3-125,МТОД8/3-125,МДТО8/3-125
3- МТОТО6/3-160,МТОД6/3-160,МДТО6/3-160,МТОТО8/3-160,МТОД8/3-160,МДТО8/3-160

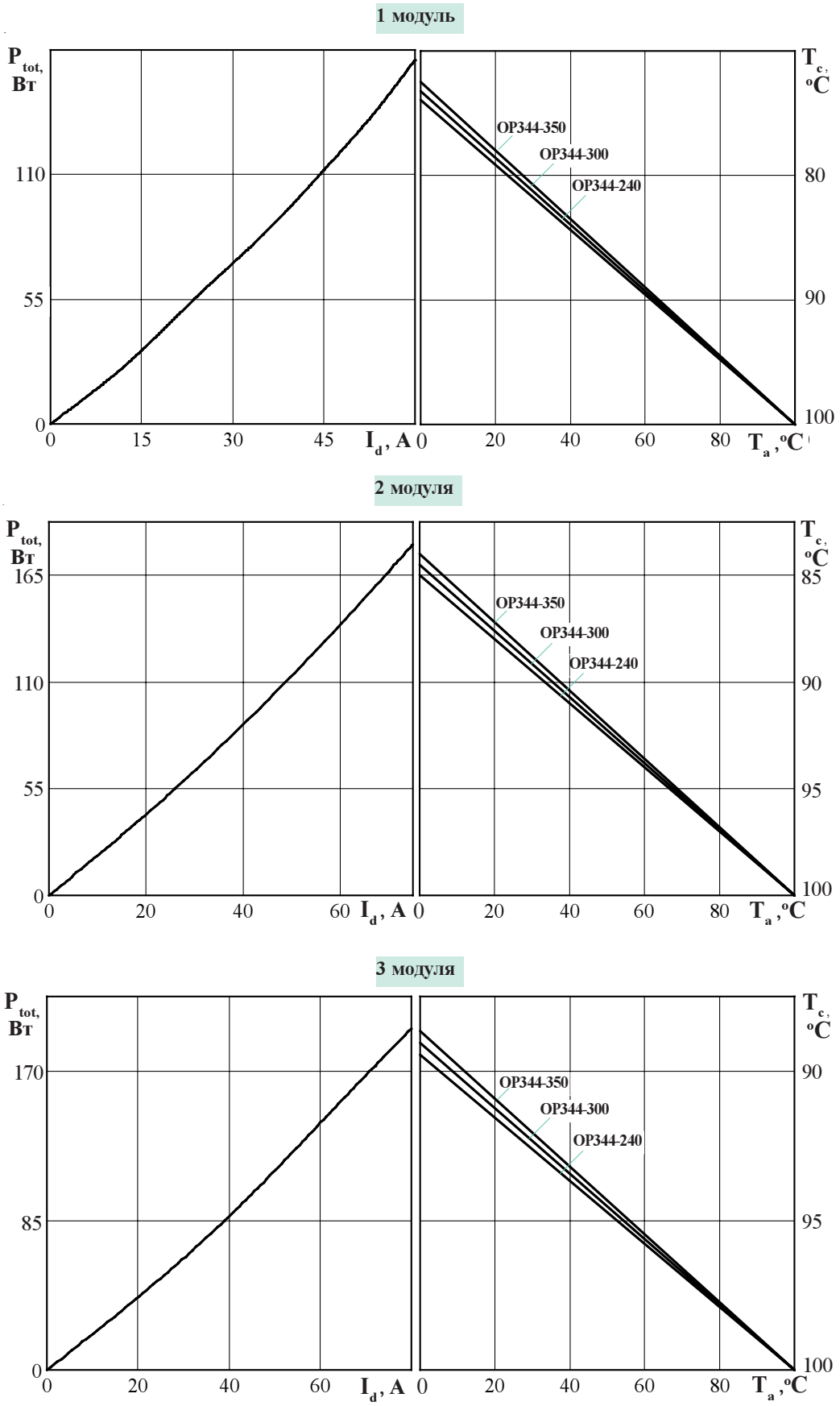


Рисунок 20.1 - Зависимость допустимой суммарной рассеиваемой мощности P_{tot} и допустимого выпрямленного тока I_d при эксплуатации одного, двух и трех модулей **МТОТО6/3-100**, **МТОТО8/3-100** на охладителях от температуры окружающей среды T_a и температуры корпуса T_c при естественном охлаждении

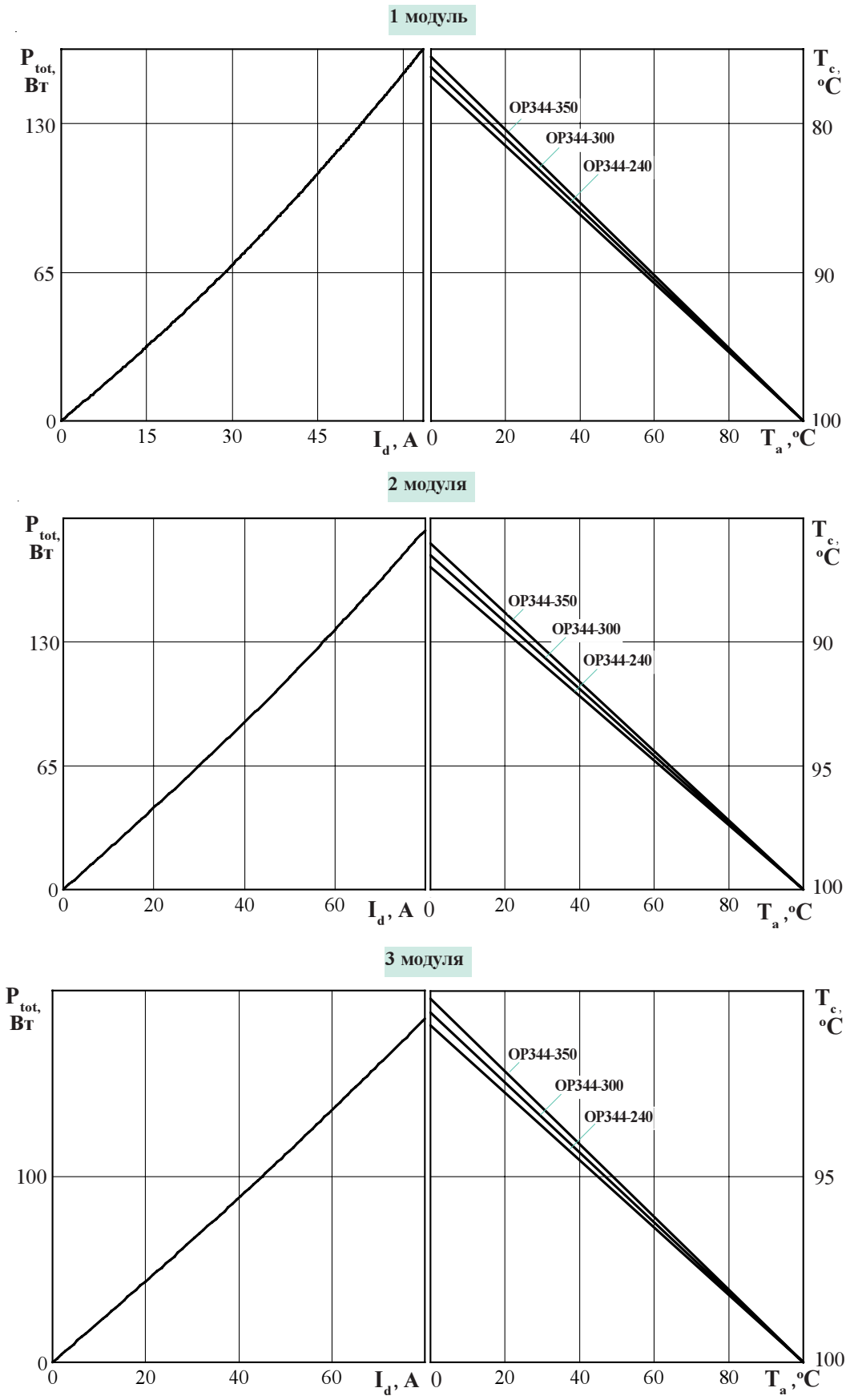


Рисунок 20.2 - Зависимость допустимой суммарной рассеиваемой мощности P_{tot} и допустимого выпрямленного тока I_d при эксплуатации одного, двух и трех модулей **МТОТО6/3-125**, **МТОТО8/3-125** на охладителях от температуры окружающей среды T_a и температуры корпуса T_c при естественном охлаждении

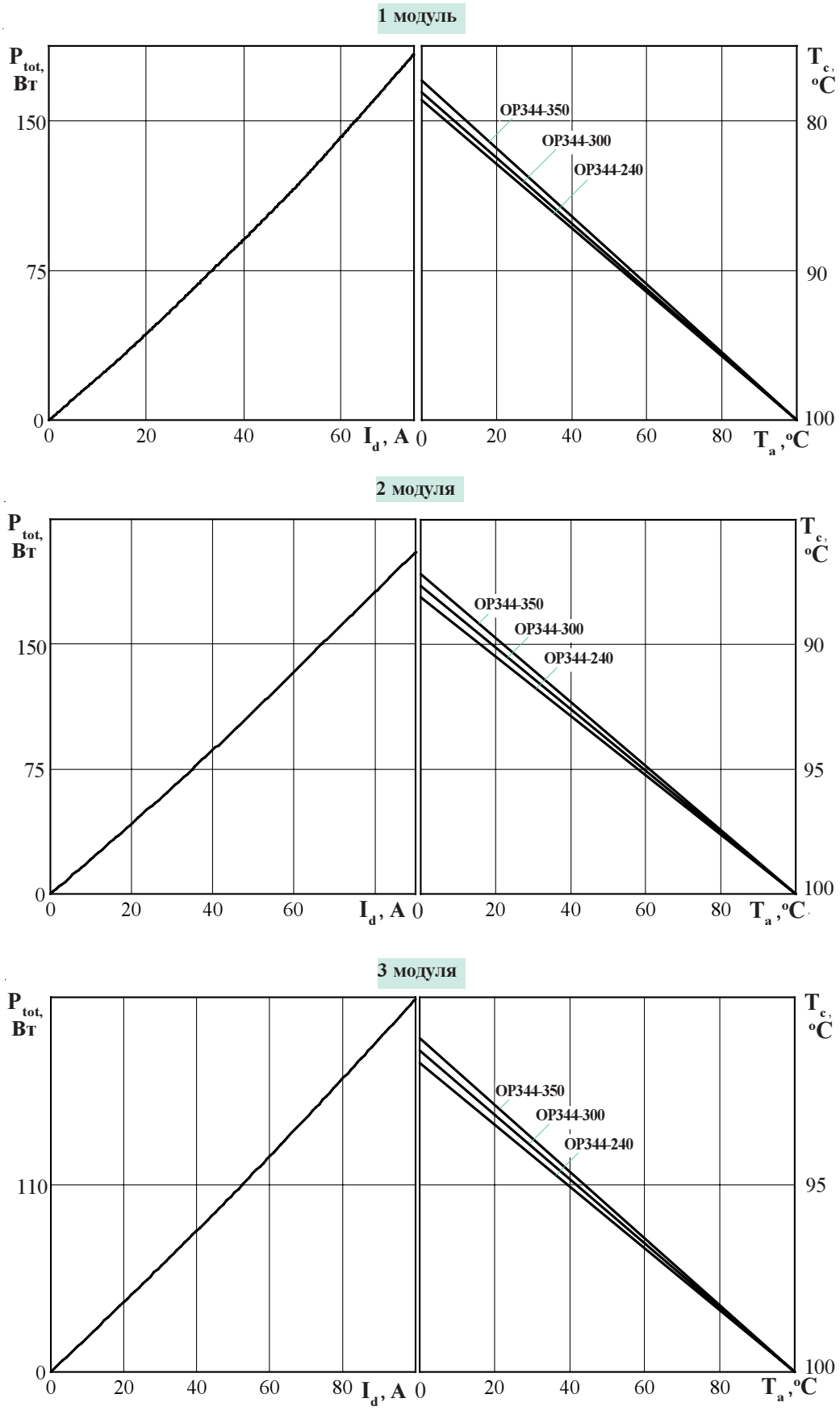


Рисунок 20.3 - Зависимость допустимой суммарной рассеиваемой мощности P_{tot} и допустимого выпрямленного тока I_d при эксплуатации одного, двух и трех модулей **МТОТО6/3-160**, **МТОТО8/3-160** на охладителях от температуры окружающей среды T_a и температуры корпуса T_c при естественном охлаждении

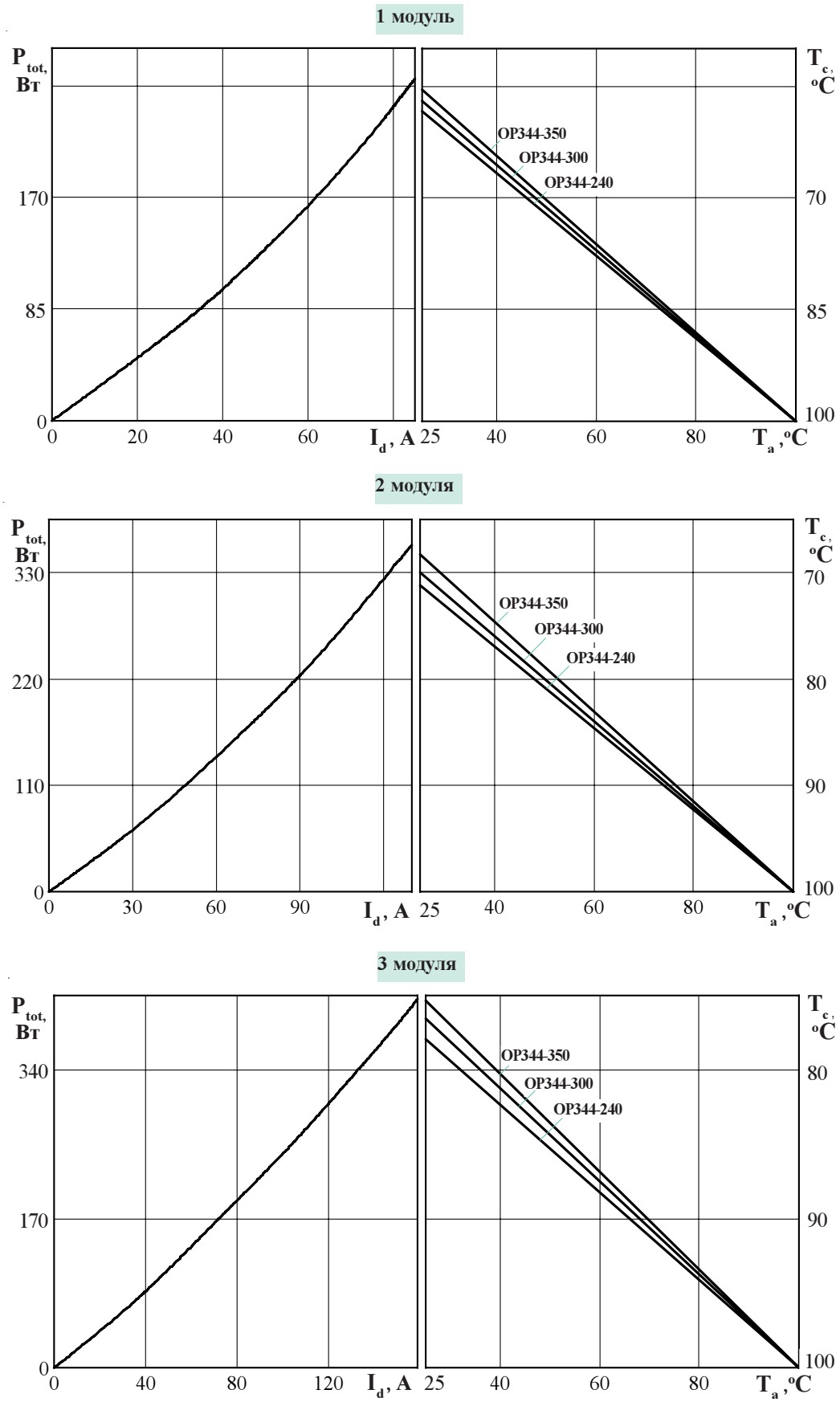


Рисунок 21.1 - Зависимость допустимой суммарной рассеиваемой мощности P_{tot} и допустимого выпрямленного тока I_d при эксплуатации одного, двух и трех модулей **МТОТО6/3-100**, **МТОТО8/3-100** на охладителях от температуры окружающей среды T_a и температуры корпуса T_c при принудительном охлаждении со скоростью воздуха 6 м/с

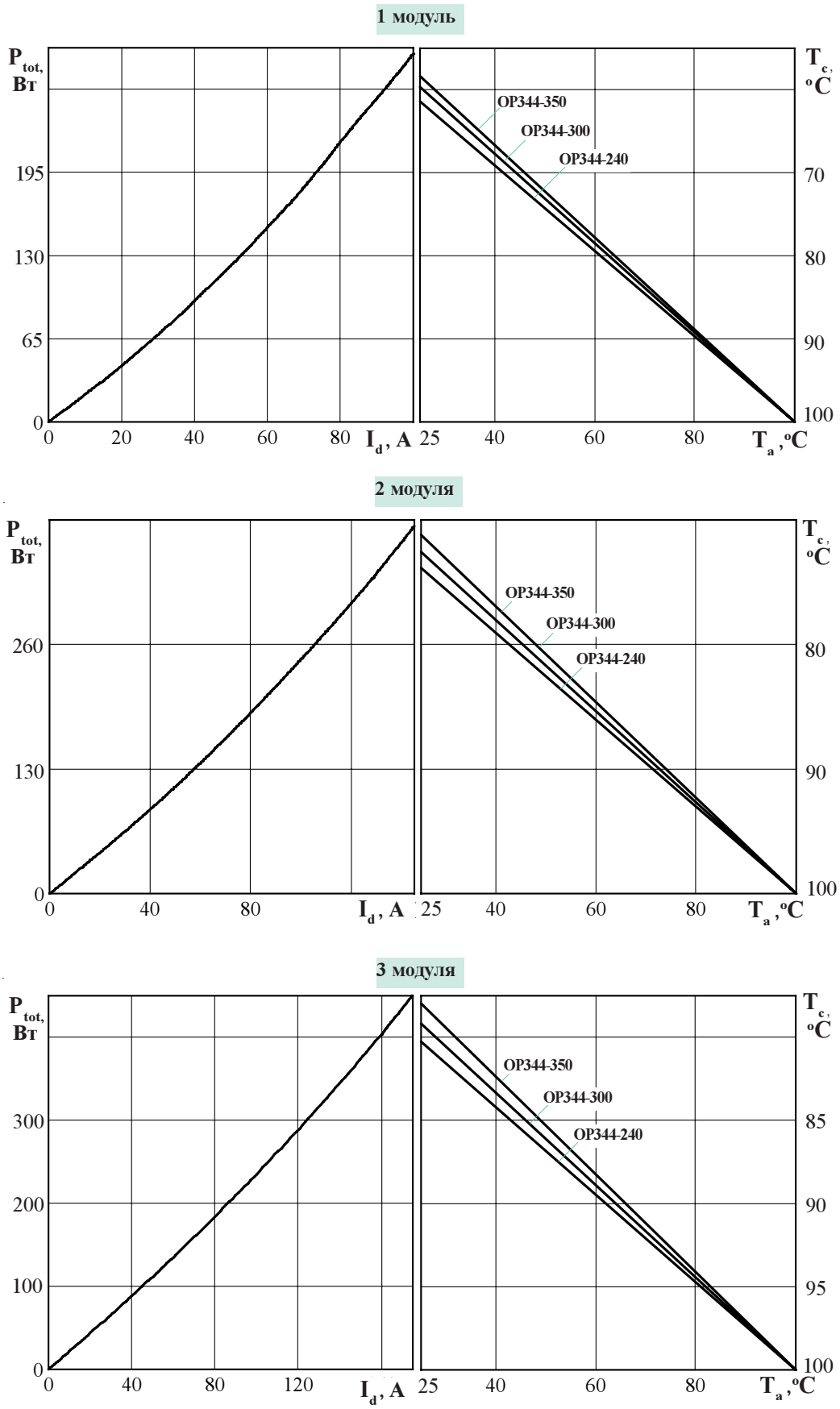


Рисунок 21.2 - Зависимость допустимой суммарной рассеиваемой мощности P_{tot} и допустимого выпрямленного тока I_d при эксплуатации одного, двух и трех модулей **МТОТО6/3-125**, **МТОТО8/3-125** на охладителях от температуры окружающей среды T_a и температуры корпуса T_c при при принудительном охлаждении со скоростью воздуха 6 м/с

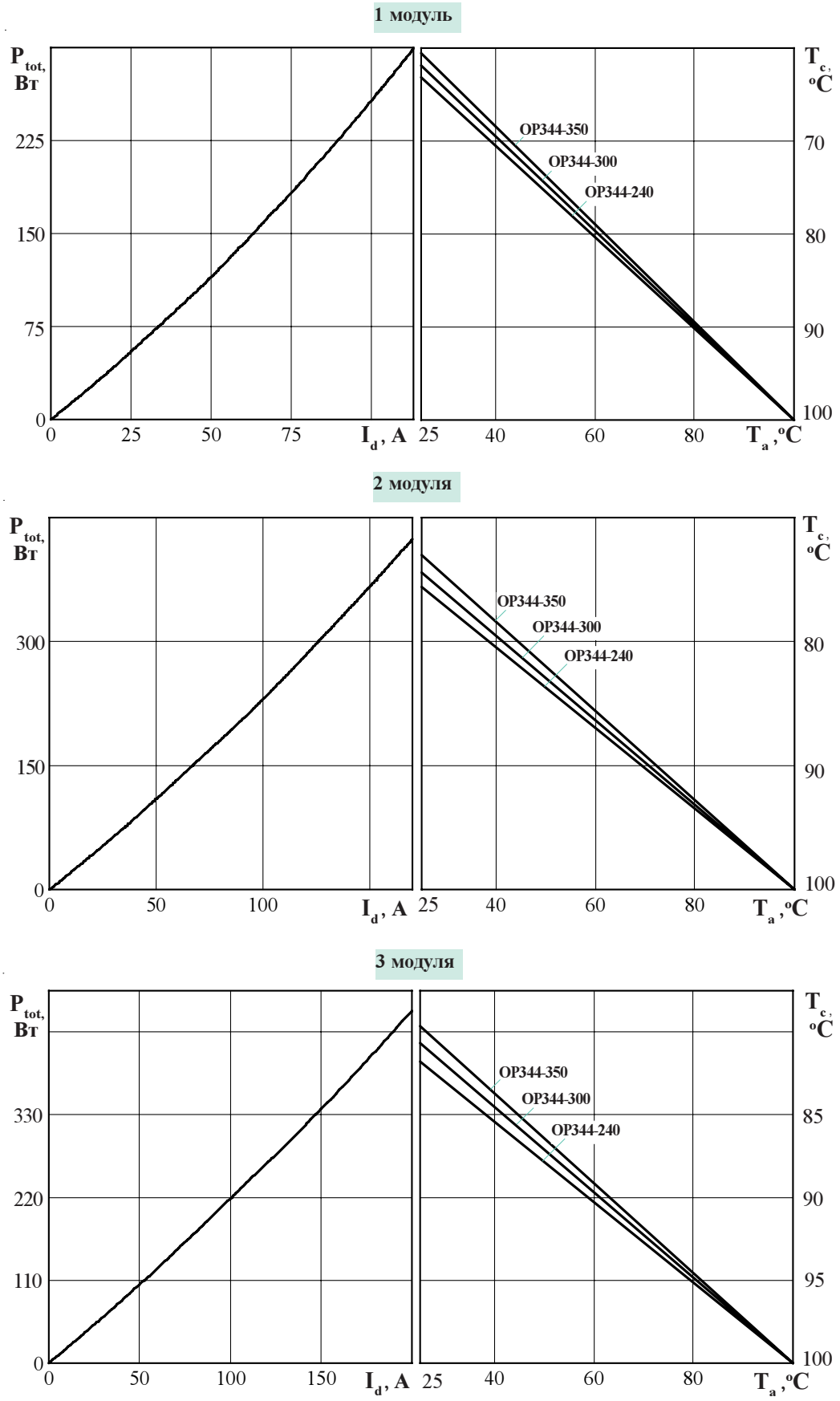


Рисунок 21.3 - Зависимость допустимой суммарной рассеиваемой мощности P_{tot} и допустимого выпрямленного тока I_d при эксплуатации одного, двух и трех модулей **МТОТО6/3-160**, **МТОТО8/3-160** на охладителях от температуры окружающей среды T_a и температуры корпуса T_c при принудительном охлаждении со скоростью воздуха 6 м/с