



Низкие динамические потери  
 Малый заряд обратного восстановления  
 Разветвленный управляющий электрод для  
 высоких скоростей нарастания тока

## Быстродействующий Импульсный Тиристор Тип ТБИ273-2000-20

Средний прямой ток	$I_{TAV}$	2000 А
Повторяющееся импульсное напряжение в закрытом состоянии	$U_{DRM}$	2000 В
Повторяющееся импульсное обратное напряжение	$U_{RRM}$	
Время выключения	$t_q$	32.0, 40.0, 50.0, 63.0 мкс
$U_{DRM}, U_{RRM}, В$		2000
Класс по напряжению		20
$T_j, ^\circ C$		-60...+125

### ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ

Обозначение и наименование параметра		Ед. изм.	Значение	Условия измерения	
<b>Параметры в проводящем состоянии</b>					
$I_{TAV}$	Средний ток в открытом состоянии	А	2000 2041 3054	$T_c=86\ ^\circ C$ ; двухстороннее охлаждение; $T_c=85\ ^\circ C$ ; двухстороннее охлаждение; $T_c=55\ ^\circ C$ ; двухстороннее охлаждение; 180 эл. град. синус; 50 Гц	
$I_{TRMS}$	Действующий ток в открытом состоянии	А	3140	$T_c=86\ ^\circ C$ ; двухстороннее охлаждение; 180 эл. град. синус; 50 Гц	
$I_{TSM}$	Ударный ток в открытом состоянии	кА	40.0 46.0	$T_j=T_{j\ max}$ $T_j=25\ ^\circ C$	180 эл. град. синус; $t_p=10$ мс; единичный импульс; $U_D=U_R=0$ В; Импульс управления: $I_G=I_{FGM}$ ; $U_G=20$ В; $t_{GP}=50$ мкс; $di_G/dt=1$ А/мкс
			42.0 48.0	$T_j=T_{j\ max}$ $T_j=25\ ^\circ C$	180 эл. град. синус; $t_p=8.3$ мс; единичный импульс; $U_D=U_R=0$ В; Импульс управления: $I_G=I_{FGM}$ ; $U_G=20$ В; $t_{GP}=50$ мкс; $di_G/dt=1$ А/мкс
$I^2t$	Защитный фактор	$A^2c \cdot 10^3$	8000 10500	$T_j=T_{j\ max}$ $T_j=25\ ^\circ C$	180 эл. град. синус; $t_p=10$ мс; единичный импульс; $U_D=U_R=0$ В; Импульс управления: $I_G=I_{FGM}$ ; $U_G=20$ В; $t_{GP}=50$ мкс; $di_G/dt=1$ А/мкс
			7300 9500	$T_j=T_{j\ max}$ $T_j=25\ ^\circ C$	180 эл. град. синус; $t_p=8.3$ мс; единичный импульс; $U_D=U_R=0$ В; Импульс управления: $I_G=I_{FGM}$ ; $U_G=20$ В; $t_{GP}=50$ мкс; $di_G/dt=1$ А/мкс

<b>Блокирующие параметры</b>				
$U_{DRM}, U_{RRM}$	Повторяющееся импульсное обратное напряжение и повторяющееся импульсное напряжение в закрытом состоянии	В	2000	$T_{j\ min} < T_j < T_{j\ max}$ ; 180 эл. град. синус; 50 Гц; управление разомкнуто
$U_{DSM}, U_{RSM}$	Неповторяющееся импульсное обратное напряжение и неповторяющееся импульсное напряжение в закрытом состоянии	В	2100	$T_{j\ min} < T_j < T_{j\ max}$ ; 180 эл. град. синус; единичный импульс; управление разомкнуто
$U_D, U_R$	Постоянное обратное и постоянное прямое напряжение	В	$0.6 \cdot U_{DRM}$ $0.6 \cdot U_{RRM}$	$T_j = T_{j\ max}$ ; управление разомкнуто
<b>Параметры управления</b>				
$I_{FGM}$	Максимальный прямой ток управления	А	10	$T_j = T_{j\ max}$
$U_{RGM}$	Максимальное обратное напряжение управления	В	5	
$P_G$	Максимальная рассеиваемая мощность по управлению	Вт	8	$T_j = T_{j\ max}$ для постоянного тока управления
<b>Параметры переключения</b>				
$(di_T/dt)_{crit}$	Критическая скорость нарастания тока в открытом состоянии ( $f=1$ Hz)	А/мкс	2500	$T_j = T_{j\ max}$ ; $U_D = 0.67 \cdot U_{DRM}$ ; $I_{TM} = 6400$ А; Импульс управления: $I_G = 2$ А; $U_G = 20$ В; $t_{GP} = 50$ мкс; $di_G/dt = 2$ А/мкс
<b>Тепловые параметры</b>				
$T_{stg}$	Температура хранения	°С	-60...+50	
$T_j$	Температура р-п перехода	°С	-60...+125	
<b>Механические параметры</b>				
F	Монтажное усилие	кН	40.0...50.0	
a	Ускорение	м/с <sup>2</sup>	50	В зажатом состоянии

## ХАРАКТЕРИСТИКИ

Обозначение и наименование характеристики	Ед. изм.	Значение	Условия измерения	
<b>Характеристики в проводящем состоянии</b>				
$U_{TM}$	Импульсное напряжение в открытом состоянии, макс	В	2.20	$T_j = 25$ °С; $I_{TM} = 6280$ А
$U_{T(TO)}$	Пороговое напряжение, макс	В	1.289	$T_j = T_{j\ max}$ ; $0.5 \pi I_{TAV} < I_T < 1.5 \pi I_{TAV}$
$r_T$	Динамическое сопротивление в открытом состоянии, макс	МОм	0.134	
$I_H$	Ток удержания, макс	мА	1000	$T_j = 25$ °С; $U_D = 12$ В; управление разомкнуто
<b>Блокирующие характеристики</b>				
$I_{DRM}, I_{RRM}$	Повторяющийся импульсный обратный ток и повторяющийся импульсный ток в закрытом состоянии, макс	мА	300	$T_j = T_{j\ max}$ ; $U_D = U_{DRM}$ ; $U_R = U_{RRM}$
$(du_D/dt)_{crit}$	Критическая скорость нарастания напряжения в закрытом состоянии <sup>1)</sup> , мин	В/мкс	200, 320, 500, 1000, 1600, 2000, 2500	$T_j = T_{j\ max}$ ; $U_D = 0.67 \cdot U_{DRM}$ ; управление разомкнуто

Характеристики управления					
$U_{GT}$	Отпирающее постоянное напряжение управления, макс	В	3.00 3.00 1.50	$T_j = T_{j \min}$ $T_j = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ $T_j = T_{j \max}$	$U_D = 12 \text{ В}; I_D = 3 \text{ А};$ Постоянный ток управления
$I_{GT}$	Отпирающий постоянный ток управления, макс	мА	500 300 150	$T_j = T_{j \min}$ $T_j = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ $T_j = T_{j \max}$	
$U_{GD}$	Неотпирающее постоянное напряжение управления, мин	В	0.45	$T_j = T_{j \max};$ $U_D = 0.67 \cdot U_{DRM};$	Постоянный ток управления
$I_{GD}$	Неотпирающий постоянный ток управления, мин	мА	80.00		

### Динамические характеристики

$t_{gd}$	Время задержки включения, макс	мкс	1.10	$T_j = 25 \text{ }^\circ\text{C}; U_D = 1000 \text{ В}; I_{TM} = I_{TAV};$ $di/dt = 200 \text{ А/мкс};$	
$t_{gt}$	Время включения <sup>2)</sup> , макс	мкс	2.00, 2.50, 3.20, 4.00	Импульс управления: $I_G = 2 \text{ А}; U_G = 20 \text{ В};$ $t_{GP} = 50 \text{ мкс}; di_G/dt = 2 \text{ А/мкс}$	
$t_q$	Время выключения <sup>3)</sup> , макс	мкс	32.0, 40.0, 50.0, 63.0	$du_D/dt = 50 \text{ В/мкс};$	$T_j = T_{j \max}; I_{TM} = I_{TAV};$ $di_R/dt = -10 \text{ А/мкс};$ $U_R = 100 \text{ В};$ $U_D = 0.67 U_{DRM}$
			40.0, 50.0, 63.0, 80.0	$du_D/dt = 200 \text{ В/мкс};$	
$Q_{rr}$	Заряд обратного восстановления, макс	мкКл	800	$T_j = T_{j \max}; I_{TM} = I_{TAV};$ $di_R/dt = -50 \text{ А/мкс};$ $U_R = 100 \text{ В}$	
$t_{rr}$	Время обратного восстановления, макс	мкс	8.0		
$I_{rrM}$	Ток обратного восстановления, макс	А	200		

### Тепловые характеристики

$R_{thjc}$	Тепловое сопротивление р-п переход-корпус, макс	$^\circ\text{C/Вт}$	0.0100	Постоянный ток	Двухстороннее охлаждение
$R_{thjc-A}$			0.0220		Охлаждение со стороны анода
$R_{thjc-K}$			0.0180		Охлаждение со стороны катода
$R_{thck}$	Тепловое сопротивление корпус-охладитель, макс	$^\circ\text{C/Вт}$	0.0020	Постоянный ток	

### Механические характеристики

w	Масса, макс	г	1600	
$D_s$	Длина пути тока утечки по поверхности	мм (дюйм)	55.13 (2.170)	
$D_a$	Длина пути тока утечки по воздуху	мм (дюйм)	25.10 (0.988)	

### МАРКИРОВКА

ТБИ	273	2000	20	A2	C3	H4	УХЛ2
1	2	3	4	5	6	7	8
1. Быстродействующий импульсный тиристор							
2. Конструктивное исполнение							
3. Средний ток в открытом состоянии, А							
4. Класс по напряжению							
5. Критическая скорость нарастания напряжения в закрытом состоянии							
6. Группа по времени выключения ( $du_D/dt = 50 \text{ В/мкс}$ )							
7. Группа по времени включения							
8. Климатическое исполнение по ГОСТ 15150: УХЛ2, Т2							

### ПРИМЕЧАНИЕ

1) Критическая скорость нарастания напряжения в закрытом состоянии

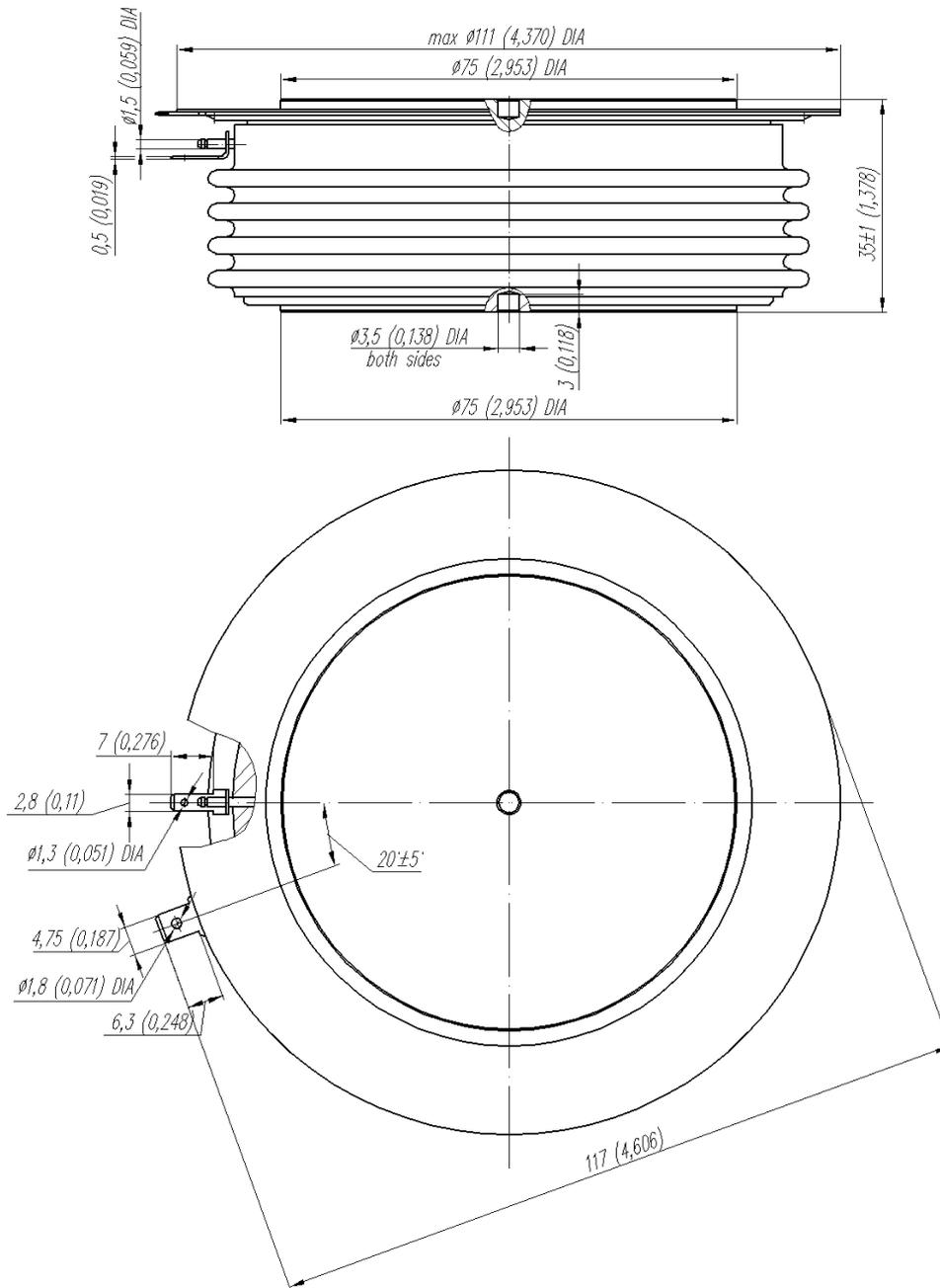
Обозначение группы	P2	K2	E2	A2	T1	P1	M1
$(du_D/dt)_{crit}, \text{ В/мкс}$	200	320	500	1000	1600	2000	2500

2) Время включения

Обозначение группы	P4	M4	K4	H4
$t_{gt}, \text{ мкс}$	2.00	2.50	3.20	4.00

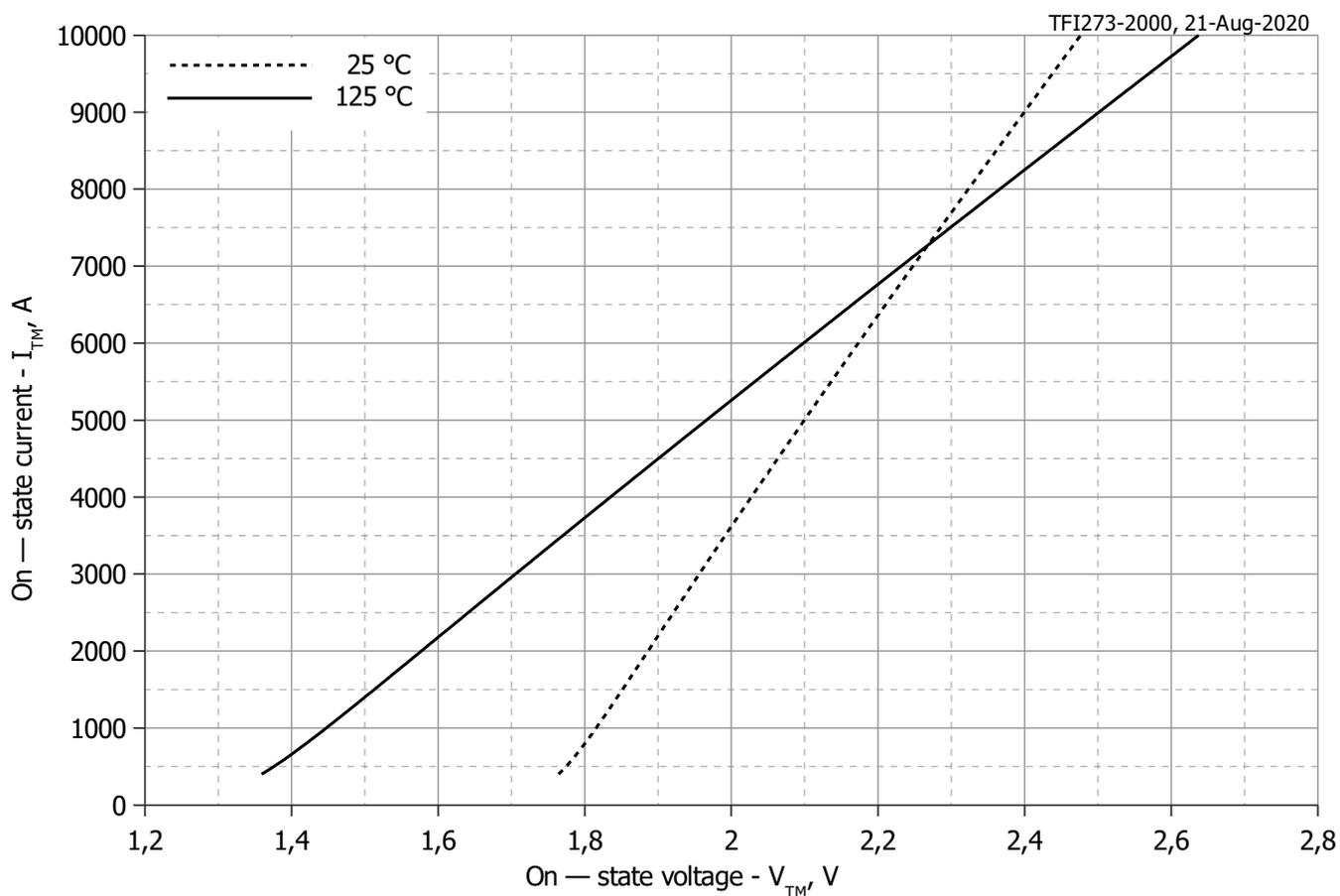
3) Время выключения ( $du_D/dt = 50 \text{ В/мкс}$ )

Обозначение группы	K3	H3	E3	C3
$t_{qr}, \text{ мкс}$	32.0	40.0	50.0	63.0



Все размеры в миллиметрах (дюймах)

Содержащаяся здесь информация является конфиденциальной и находится под защитой авторских прав. В интересах улучшения качества продукции, АО «Протон-Электротекс» оставляет за собой право изменять информационные листы без уведомления.



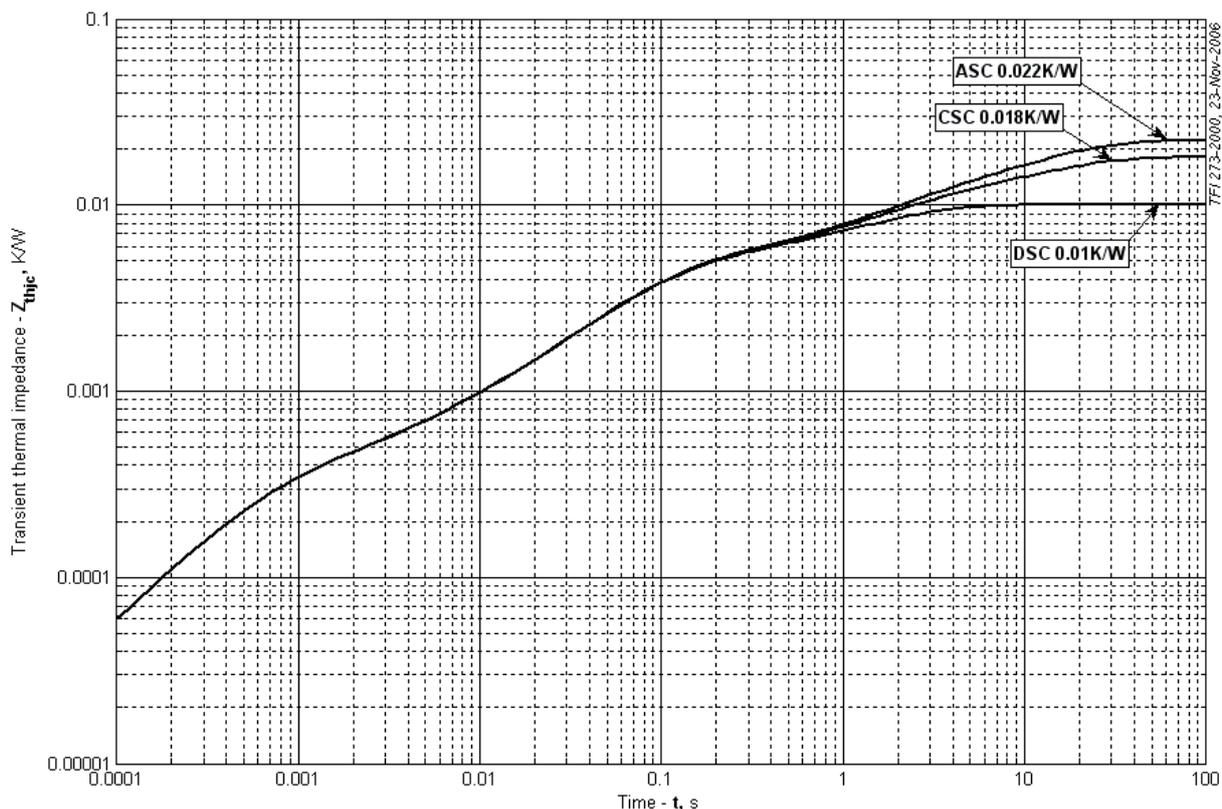
**Рис. 1 – Вольт - амперная характеристика в открытом состоянии**

Аналитическая функция вольт — амперной характеристики в открытом состоянии:

$$V_T = A + B \cdot i_T + C \cdot \ln(i_T + 1) + D \cdot \sqrt{i_T}$$

	Коэффициенты для графика	
	$T_j = 25^\circ\text{C}$	$T_j = T_{j\text{max}}$
<b>A</b>	1.50298452	1.04020816
<b>B</b>	0.00009551	0.00015670
<b>C</b>	0.05283372	0.06026288
<b>D</b>	-0.00468035	-0.00524666

**Вольт-амперная характеристика в открытом состоянии (см Рис. 1).**



**Рис. 2 – Переходное тепловое сопротивление**

Аналитическая зависимость переходного теплового сопротивления переход — корпус:

$$Z_{thjc} = \sum_{i=1}^n R_i \left( 1 - e^{-\frac{t}{\tau_i}} \right)$$

Где  $i = 1$  to  $n$ ,  $n$  – число суммирующихся элементов.

$t$  = продолжительность импульсного нагрева в секундах.

$Z_{thjc}$  = Тепловое сопротивление за время  $t$ .

$R_i, \tau_i$  = расчетные коэффициенты, приведенные в таблице.

Постоянный ток, двустороннее охлаждение

$i$	1	2	3	4	5	6
$R_i, K/W$	0.001774	0.003777	0.0001611	0.0006796	0.0002974	0.00331
$\tau_i, s$	2.276	0.07599	0.003417	0.1692	0.0005483	1.377

Постоянный ток, охлаждение со стороны анода

$i$	1	2	3	4	5	6
$R_i, K/W$	0.01236	0.004656	0.0005901	0.004178	0.0001632	0.0003062
$\tau_i, s$	13.340	2.011	0.4635	0.08072	0.00394	0.0005608

Постоянный ток, охлаждение со стороны катода

$i$	1	2	3	4	5	6
$R_i, K/W$	0.008157	0.004601	0.0006385	0.004186	0.0001632	0.0003067
$\tau_i, s$	13.30	1.922	0.4875	0.08063	0.003967	0.0005616

**Модель переходного теплового сопротивления переход - корпус (см. Рис. 2)**

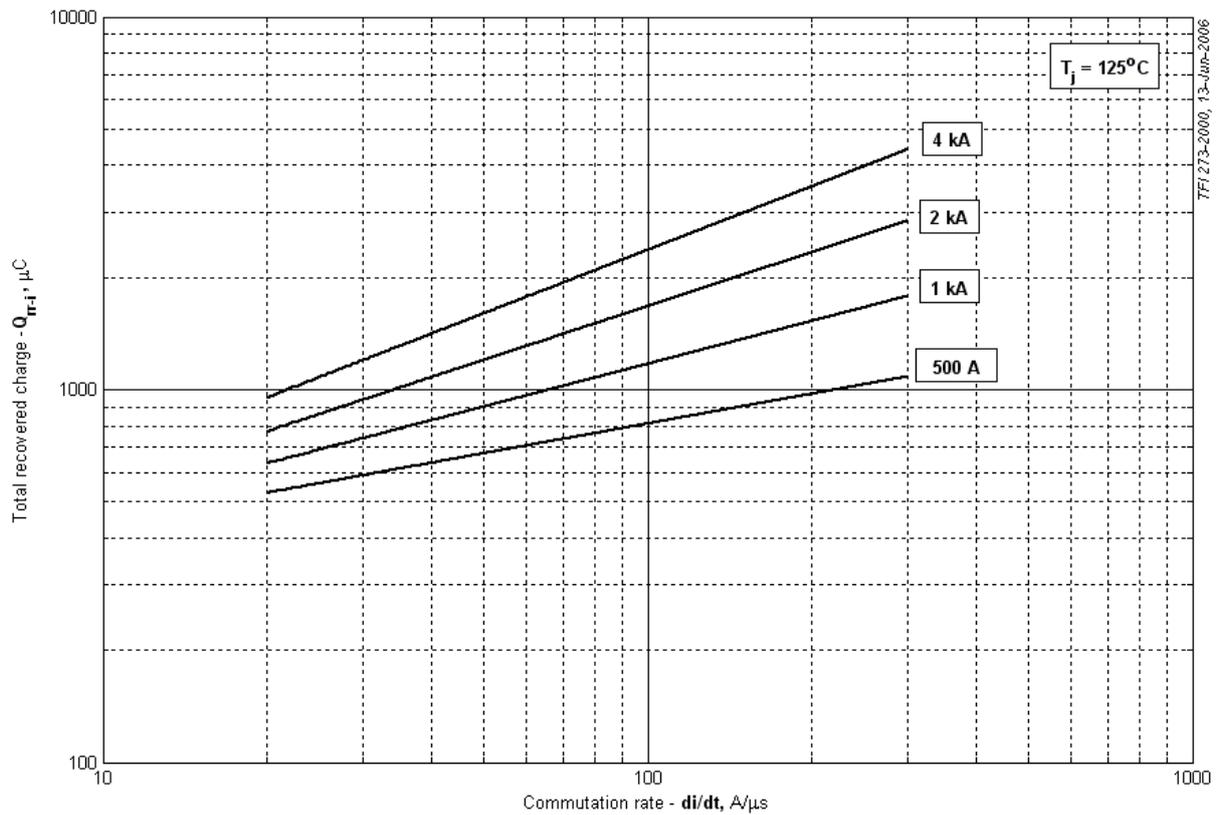


Рис. 3 – Заряд обратного восстановления,  $Q_{rr}$  (интегральный)

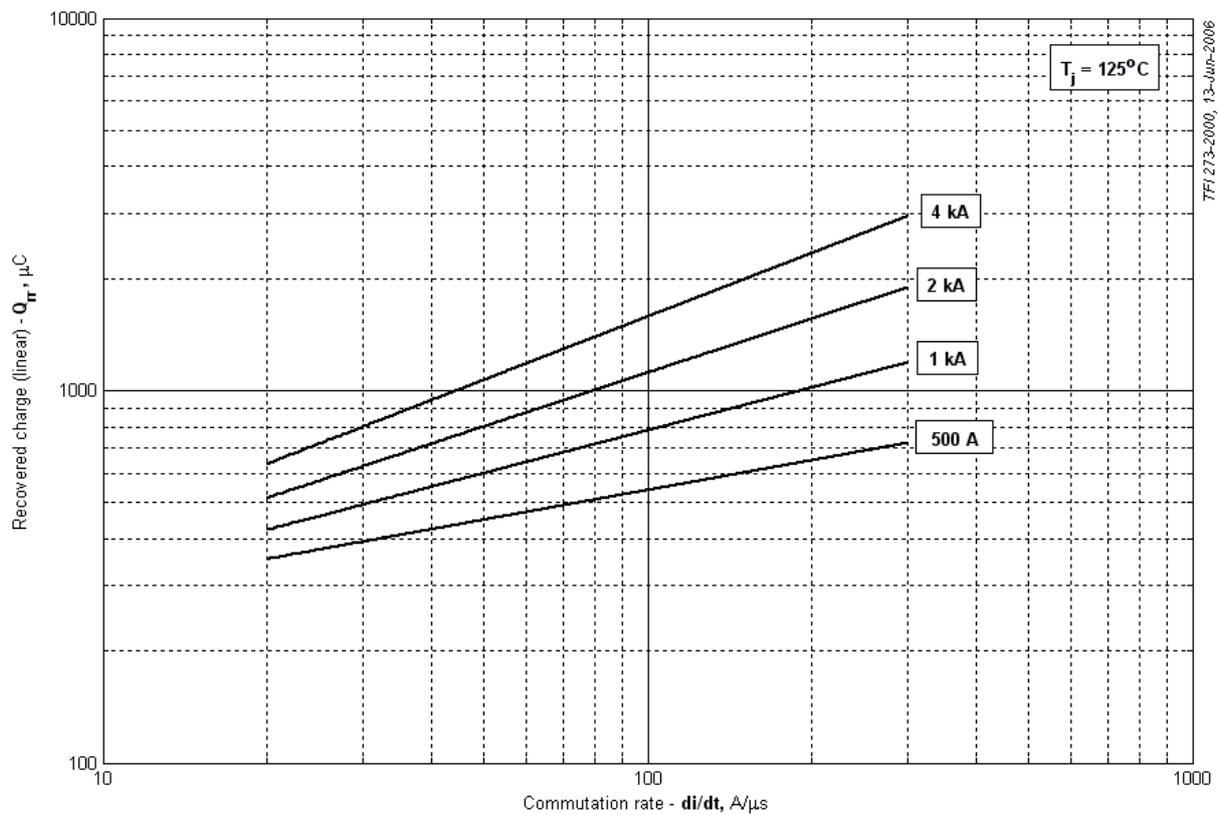
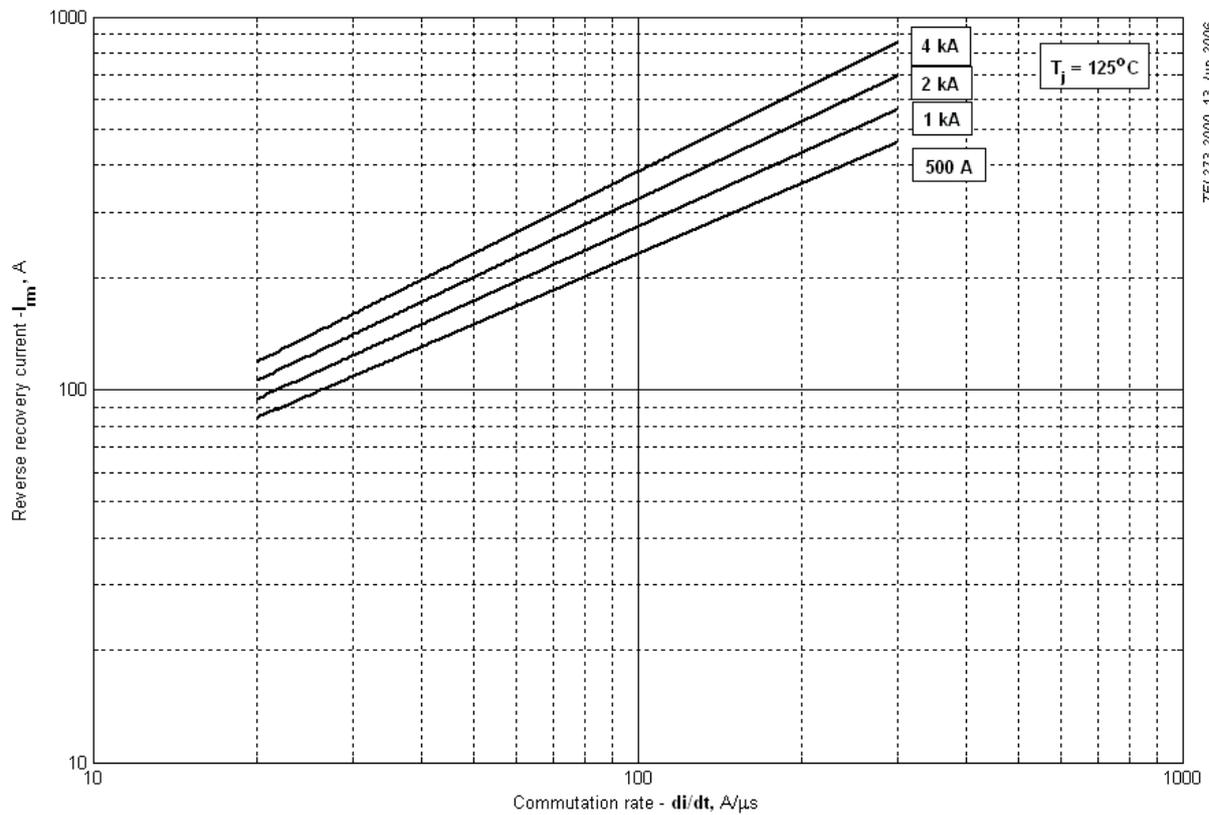
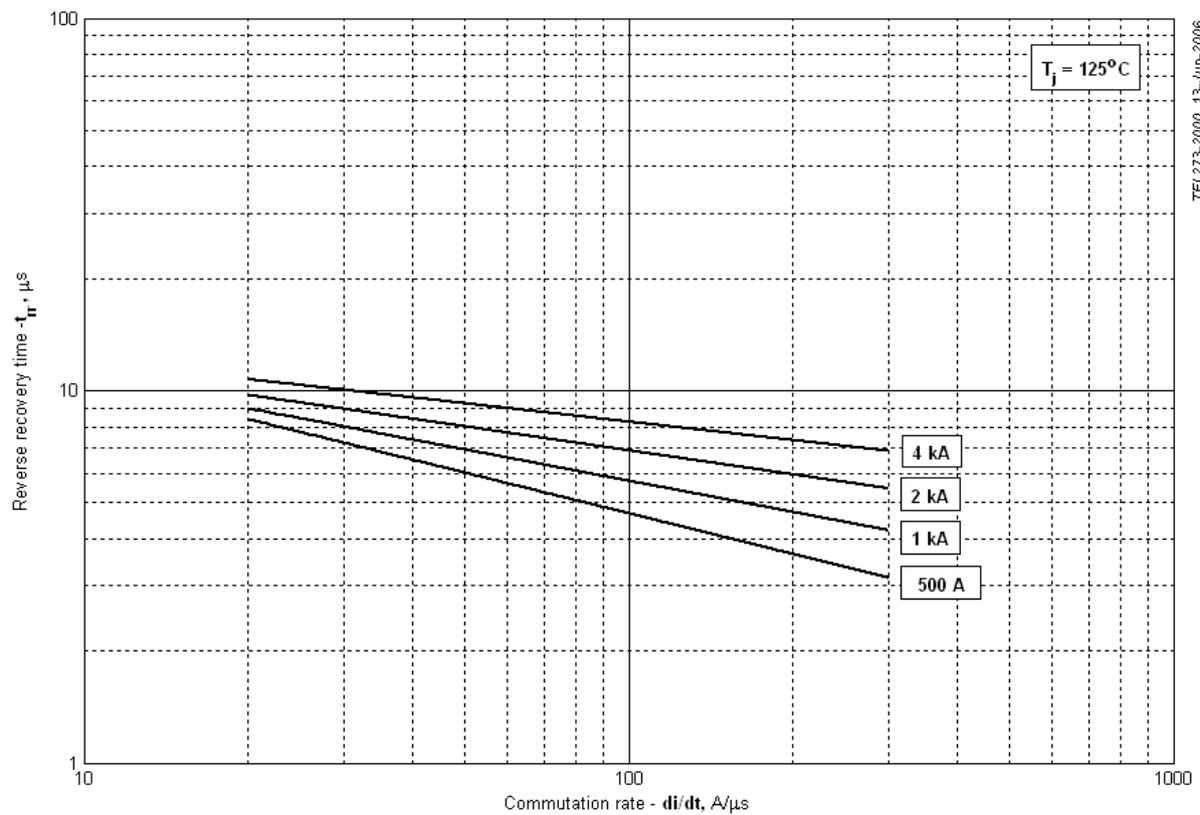


Рис. 4 – Заряд обратного восстановления,  $Q_{rr}$  (линеризованный)



TFI 273-2000, 13-Jun-2006

**Рис. 5 – Максимальный обратный ток восстановления,  $I_{rm}$**



TFI 273-2000, 13-Jun-2006

**Рис. 6 – Максимальное время обратного восстановления,  $t_{rr}$  (линеризованный)**

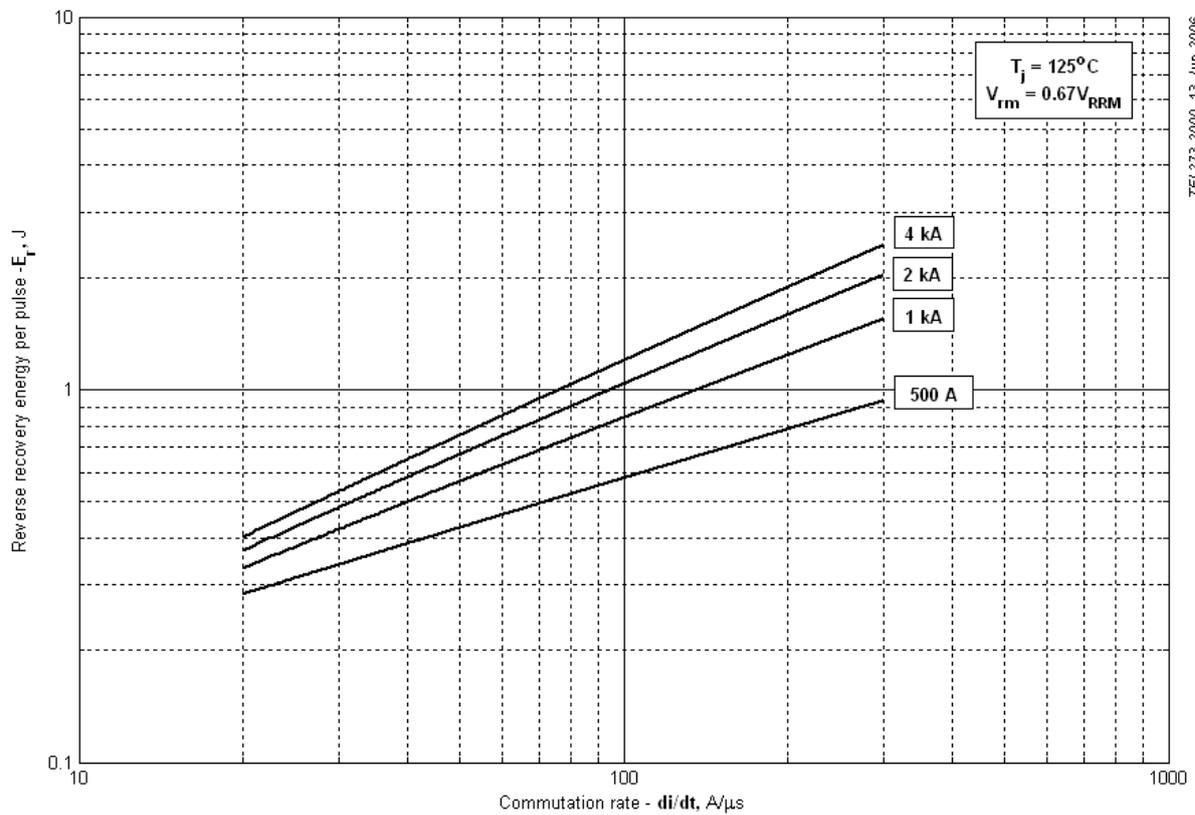


Рис. 7 – Энергия обратного восстановления за импульс

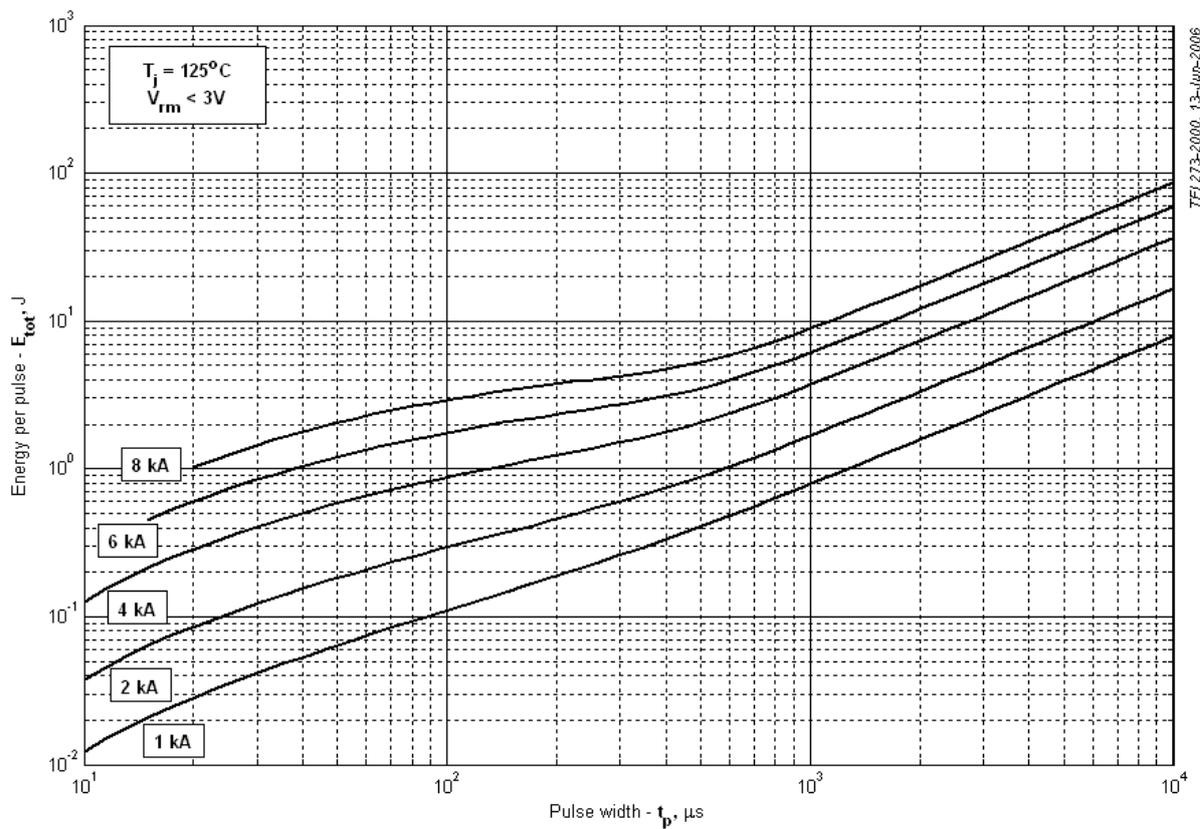
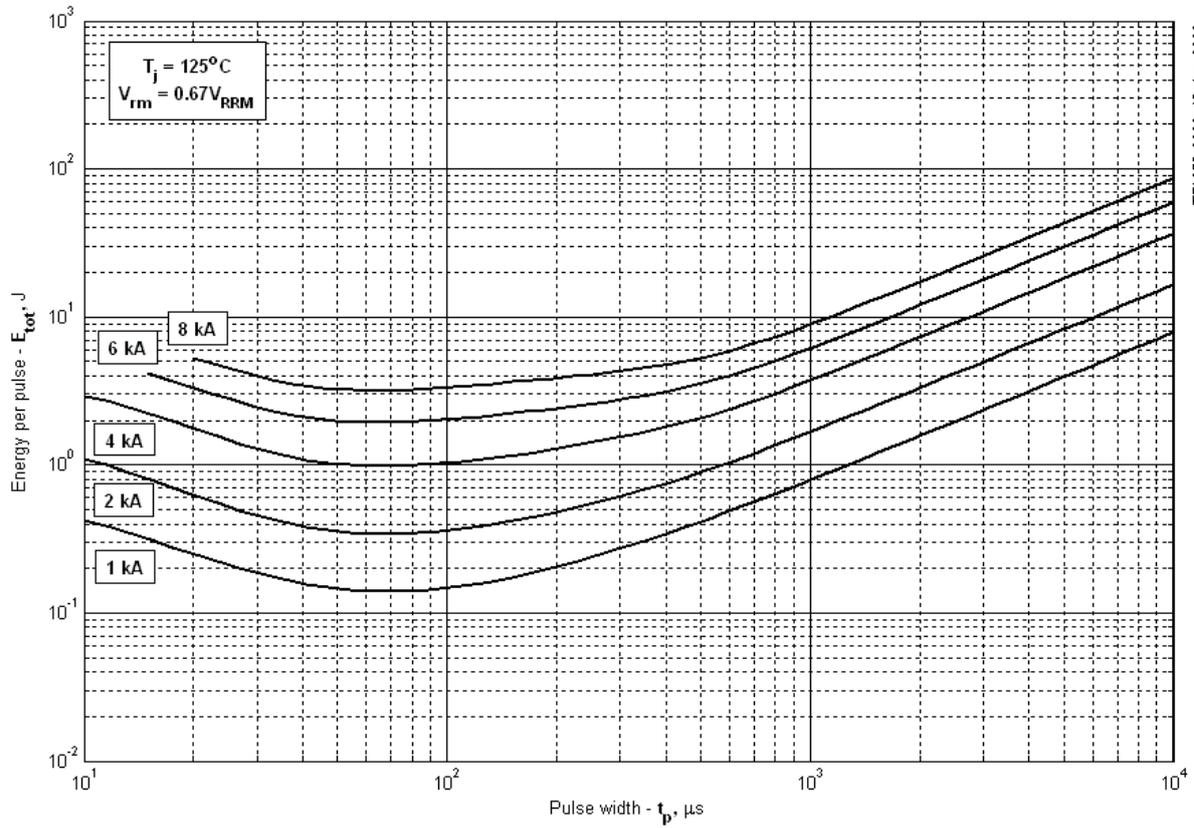
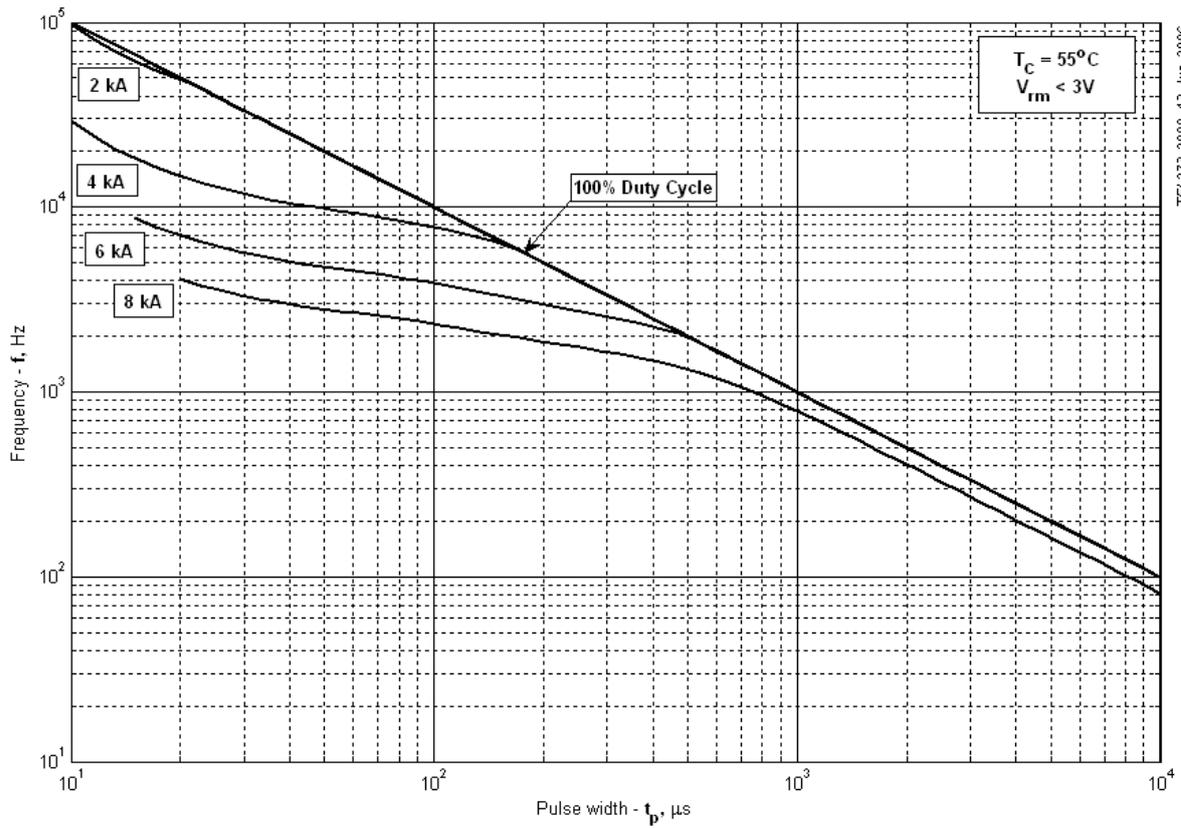


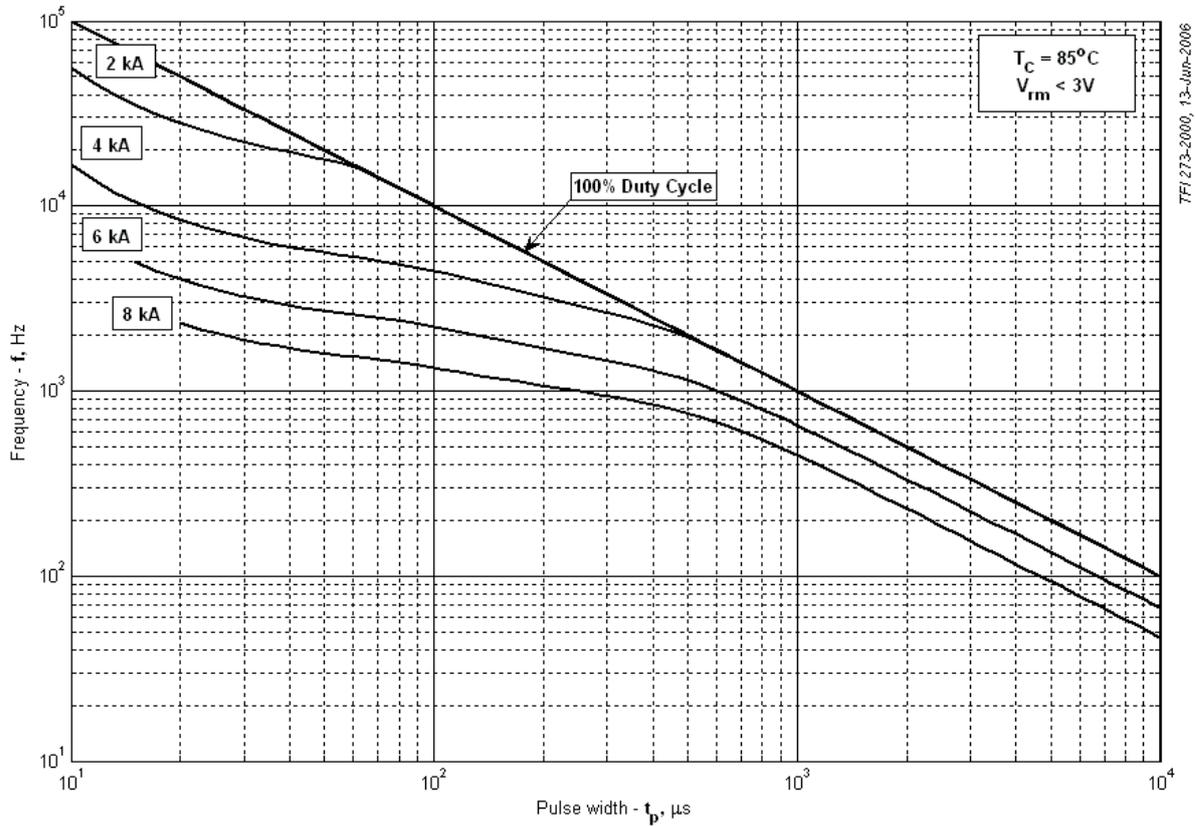
Рис. 8 – Суммарная энергия потерь одного синусоидального импульса тока



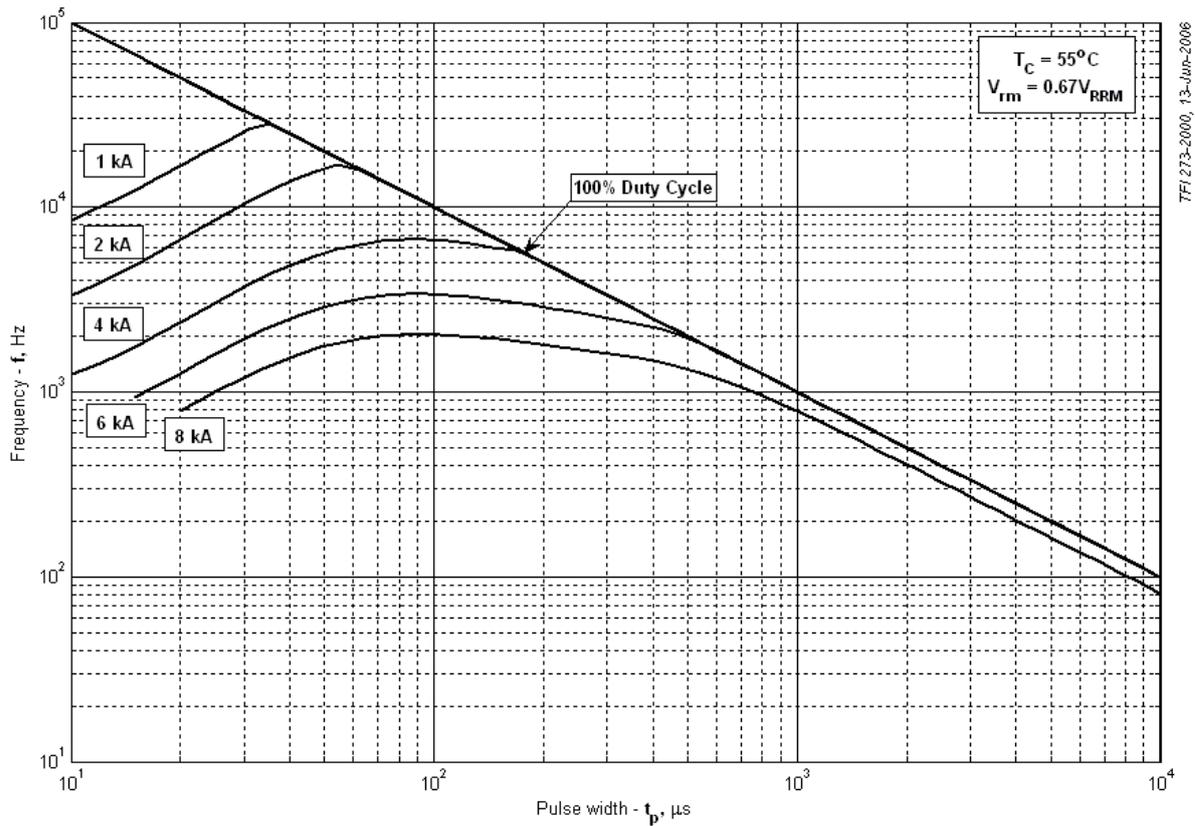
**Рис. 9 – Суммарная энергия потерь одного синусоидального импульса тока**



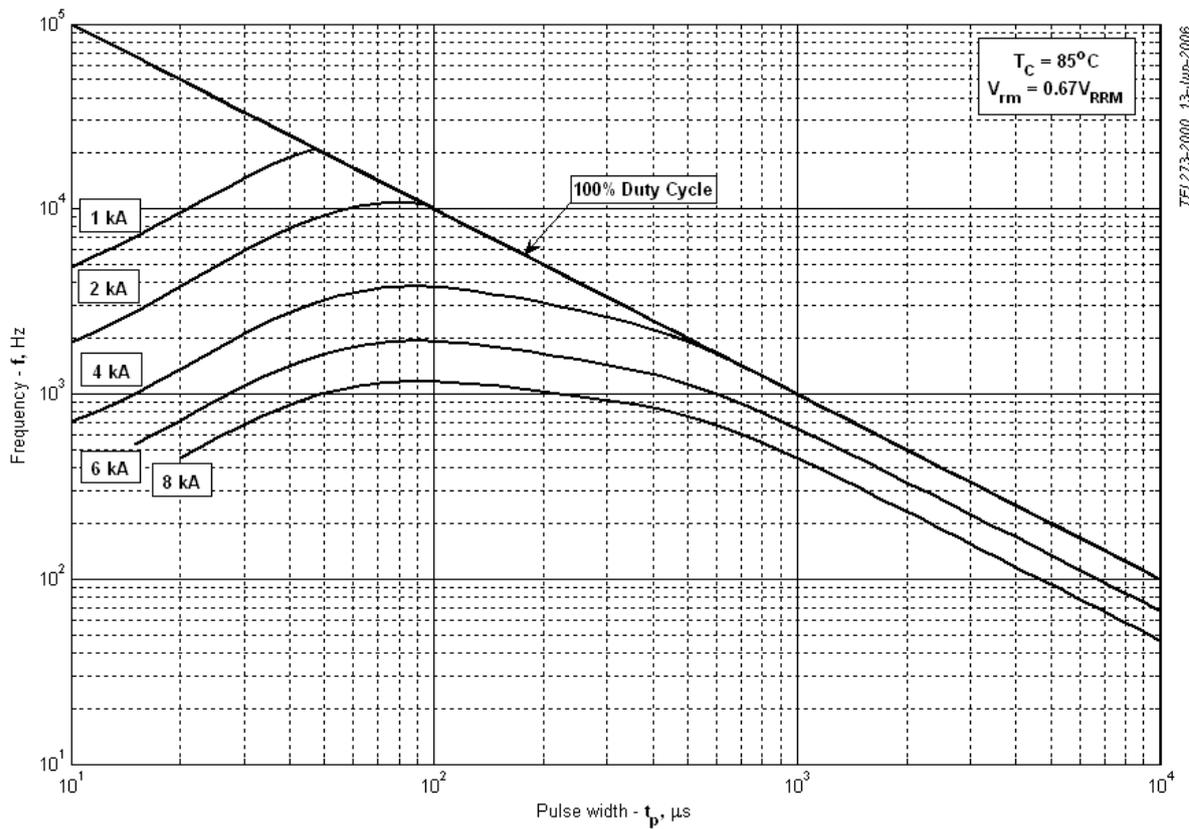
**Рис. 10 – Зависимость частоты синусоидальных импульсов тока от длительности импульсов**



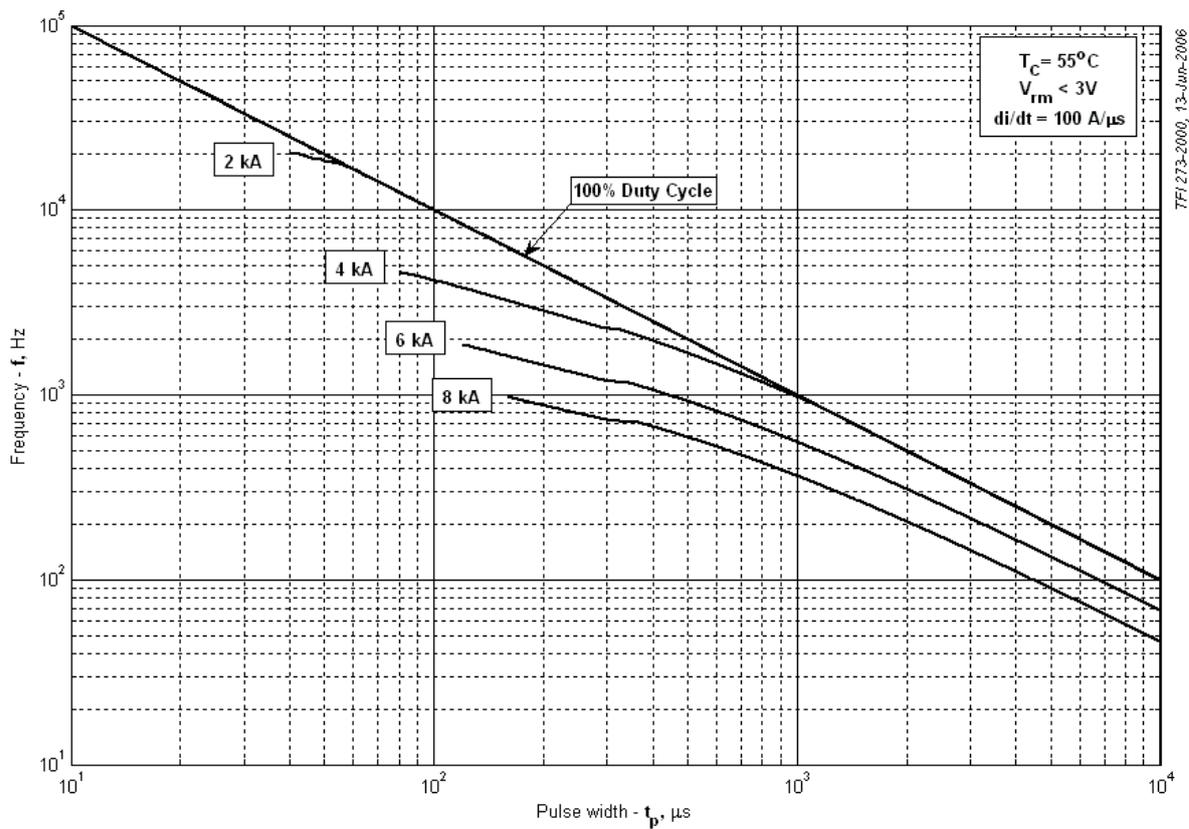
**Рис. 11 – Зависимость частоты синусоидальных импульсов тока от длительности импульсов**



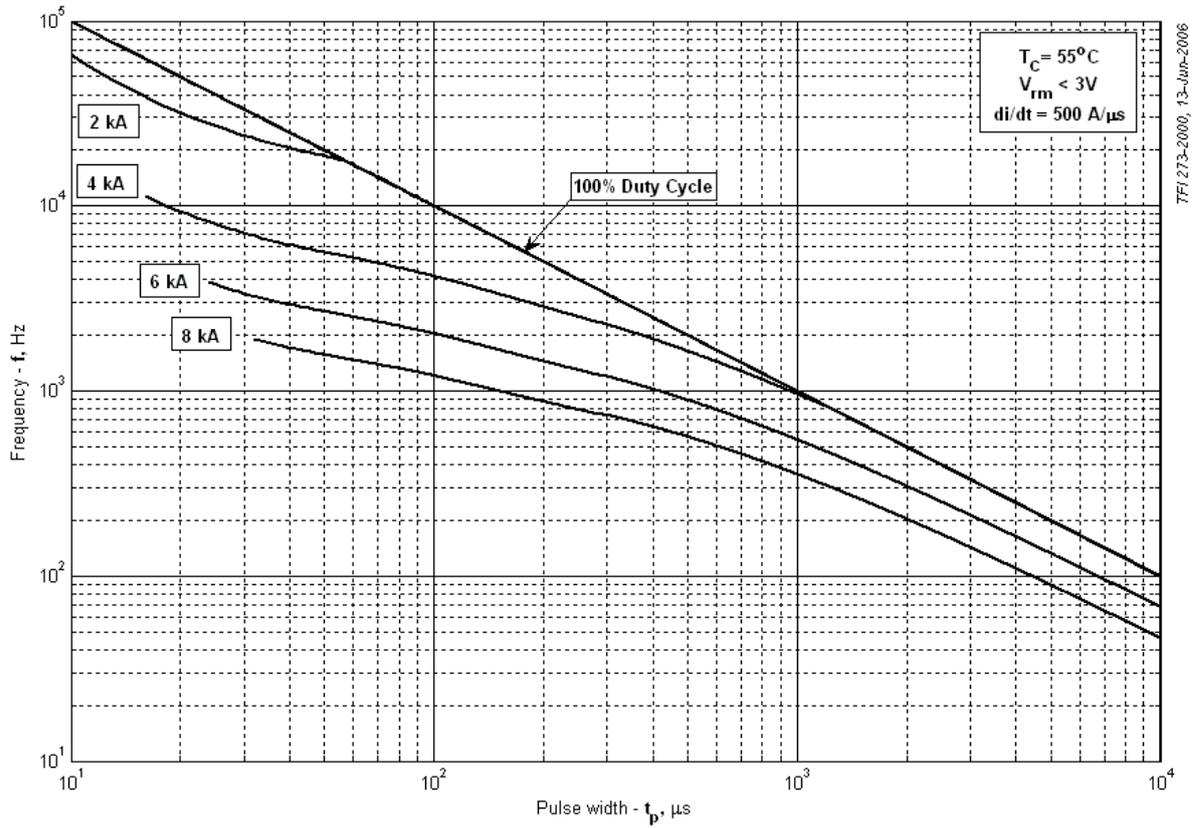
**Рис. 12 – Зависимость частоты синусоидальных импульсов тока от длительности импульсов**



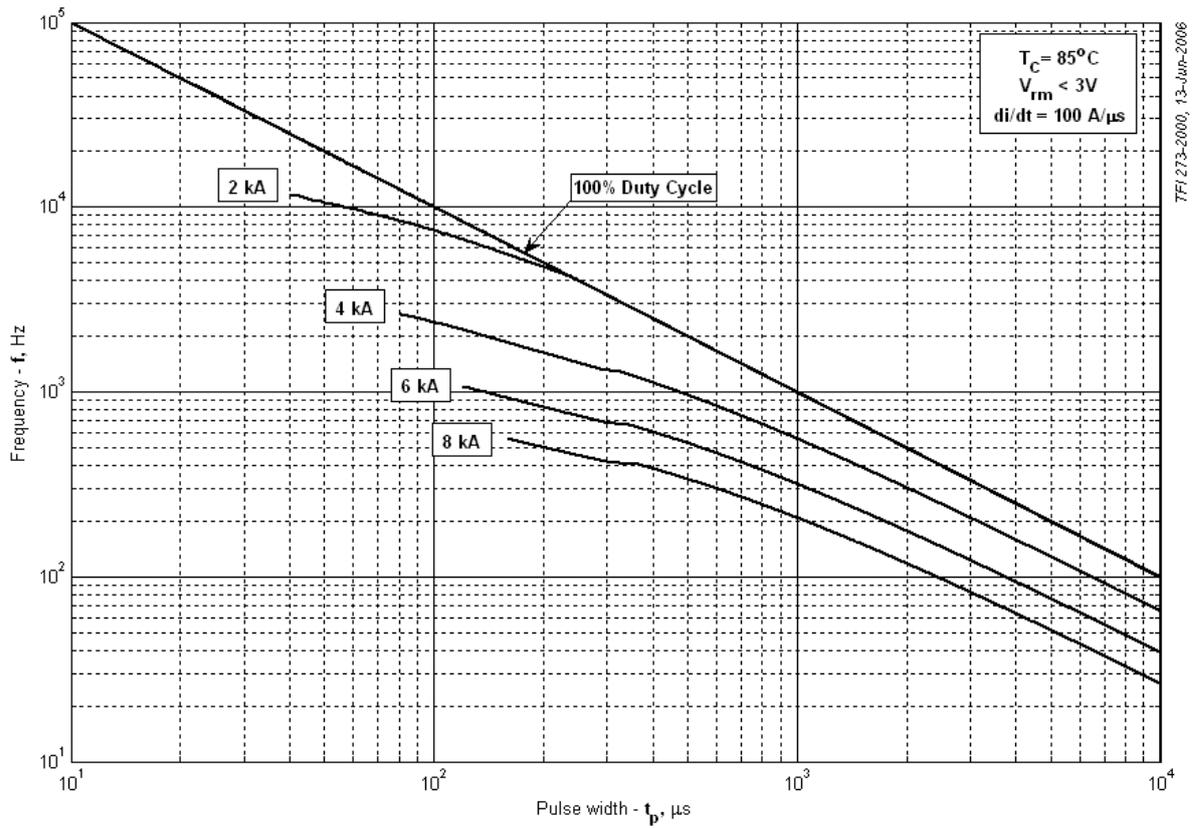
**Рис. 13 – Зависимость частоты синусоидальных импульсов тока от длительности импульсов**



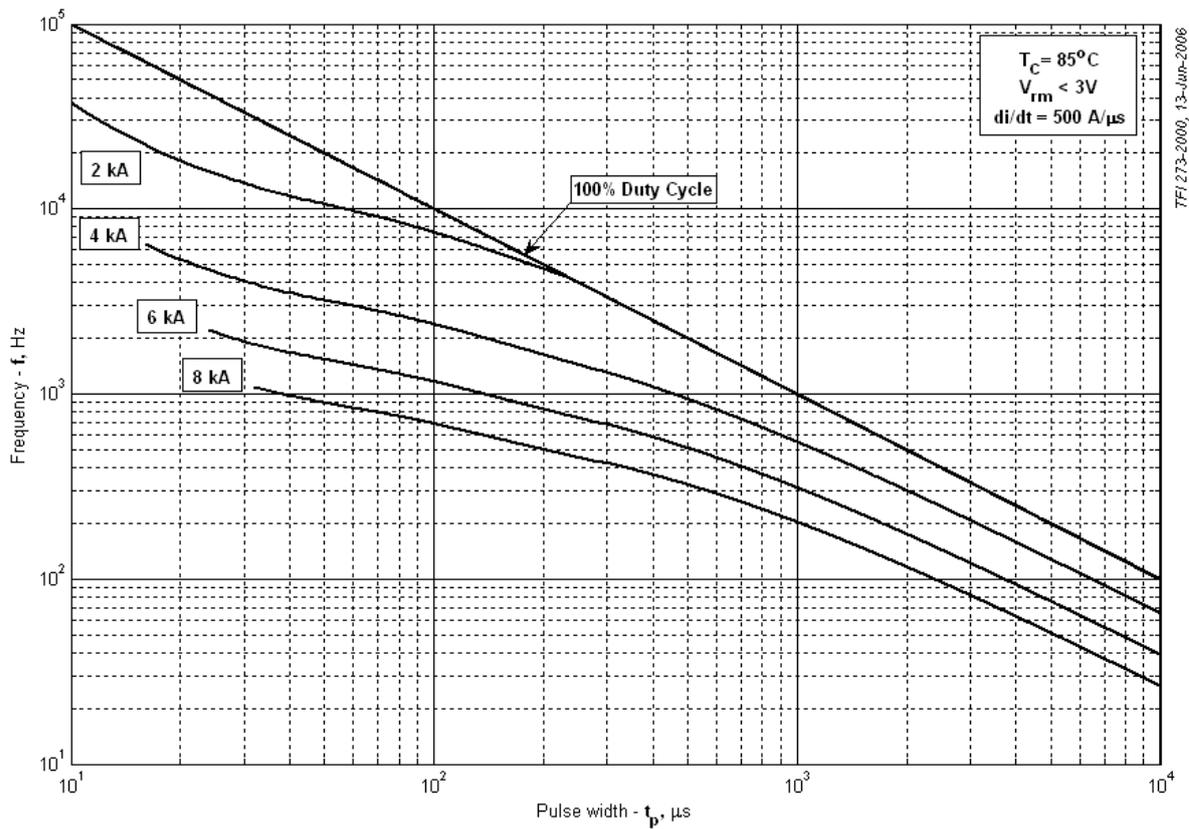
**Рис. 14 – Зависимость частоты прямоугольных импульсов тока от длительности импульсов**



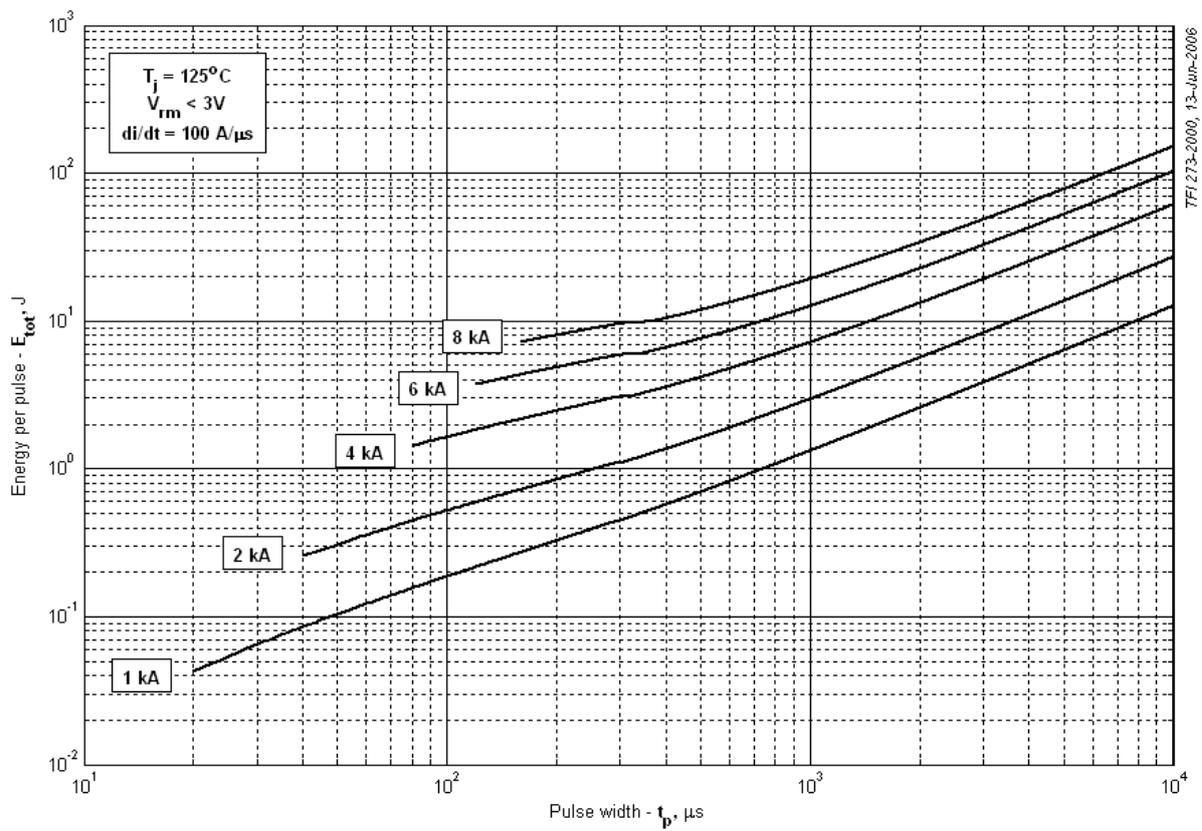
**Рис. 15– Зависимость частоты прямоугольных импульсов тока от длительности импульсов**



**Рис. 16 – Зависимость частоты прямоугольных импульсов тока от длительности импульсов**



**Рис. 17 – Зависимость частоты прямоугольных импульсов тока от длительности импульсов**



**Рис. 18 – Суммарная энергия потерь одного прямоугольного импульса тока**

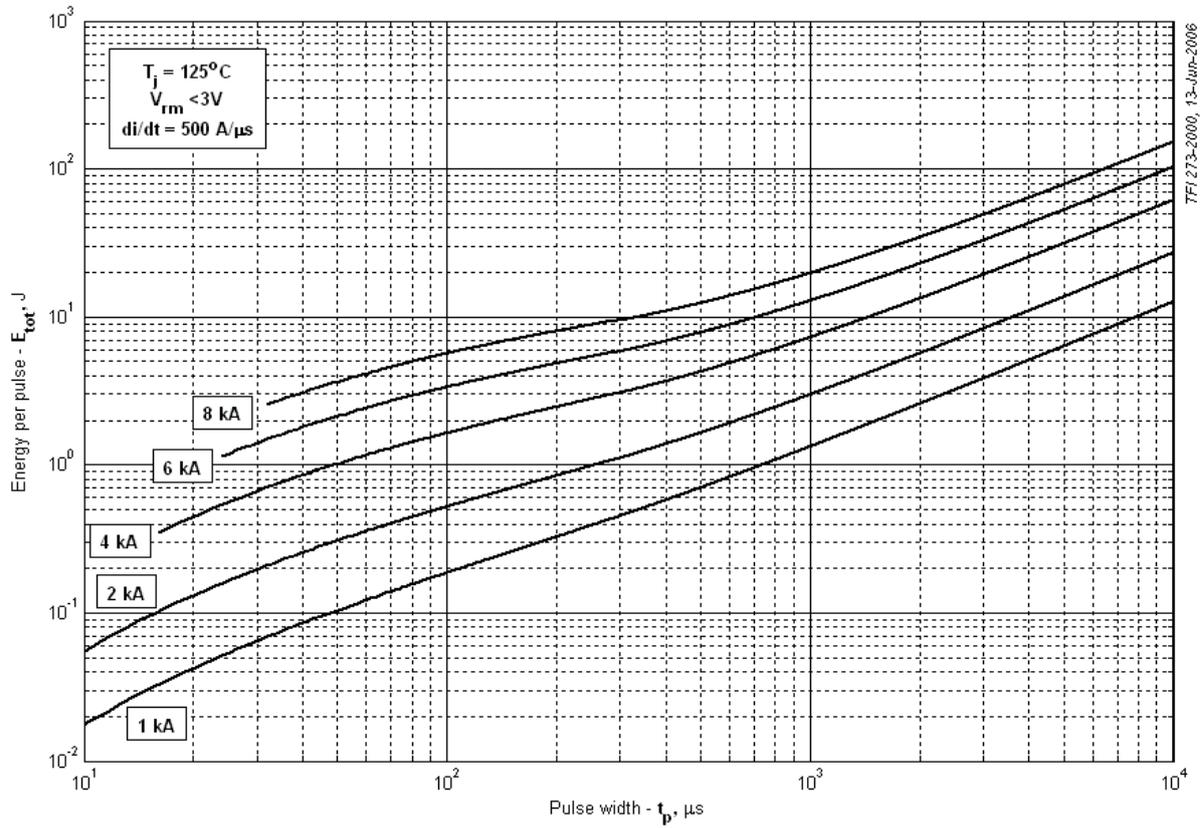


Рис. 19 – Суммарная энергия потерь одного прямоугольного импульса тока

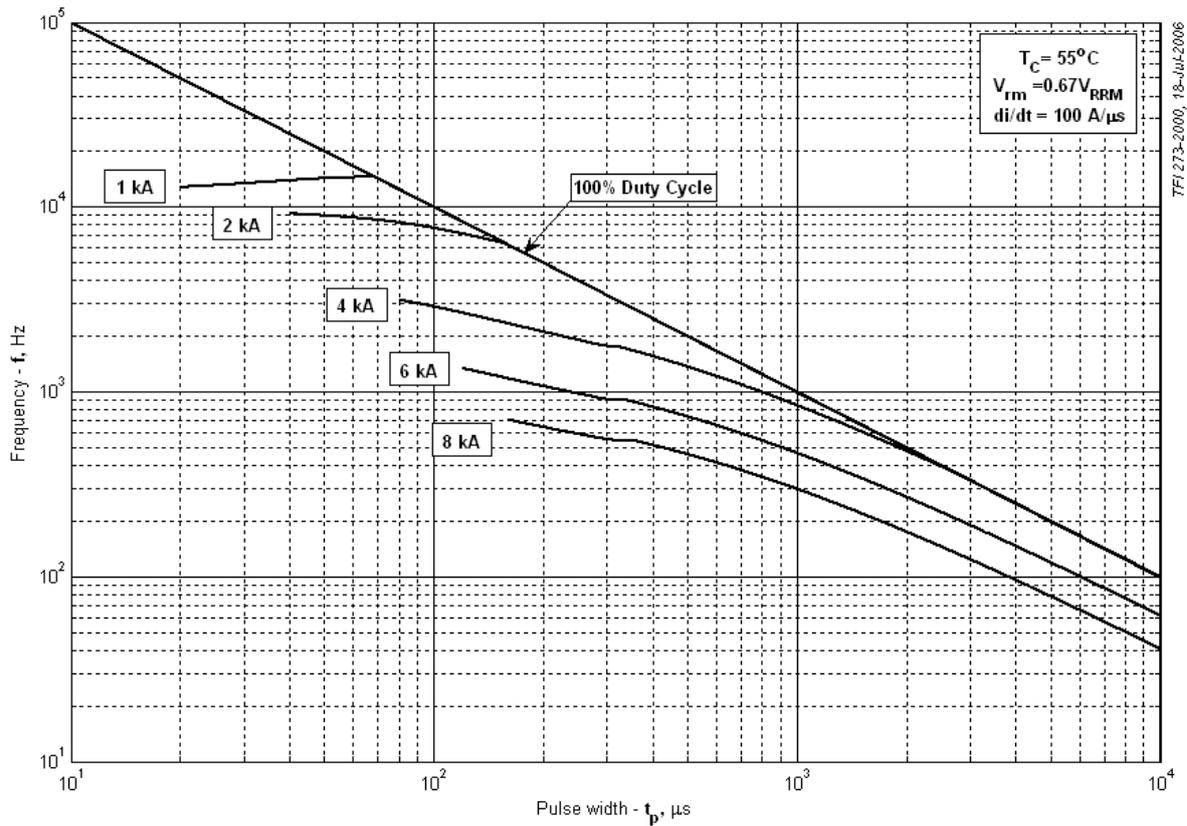
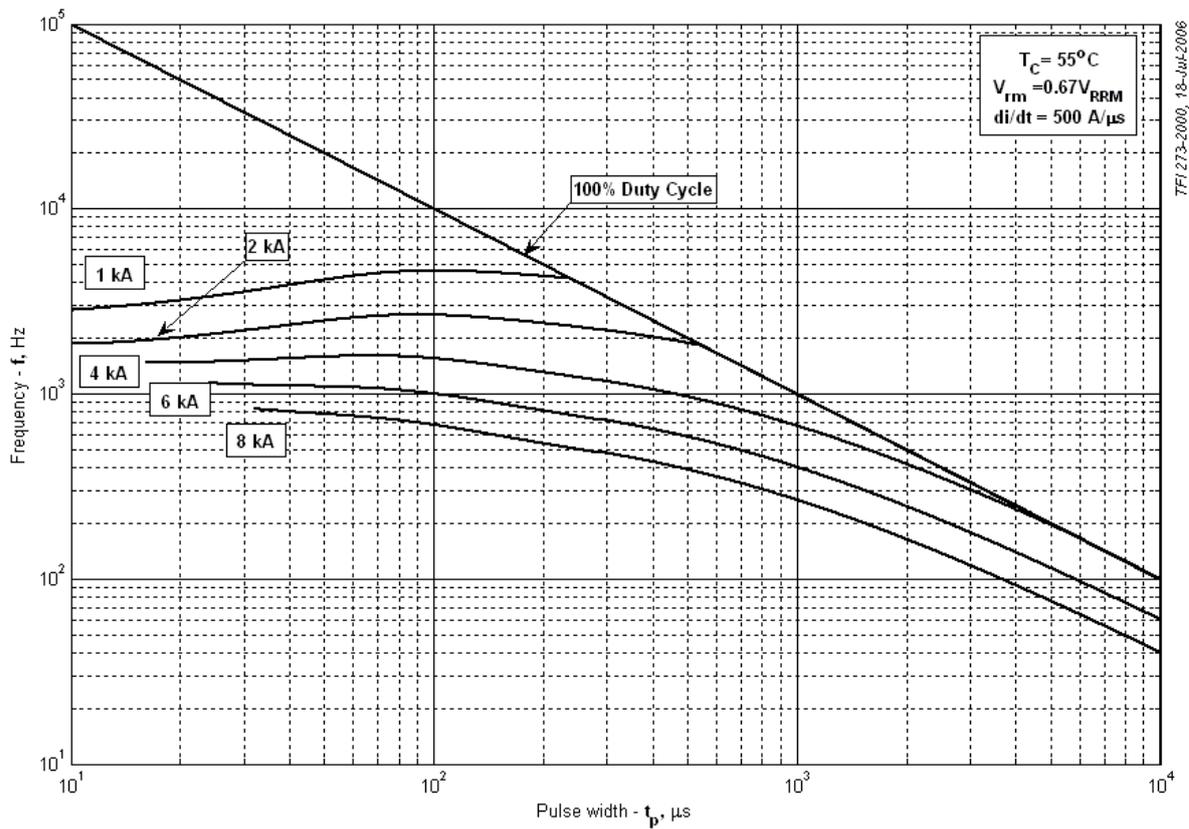
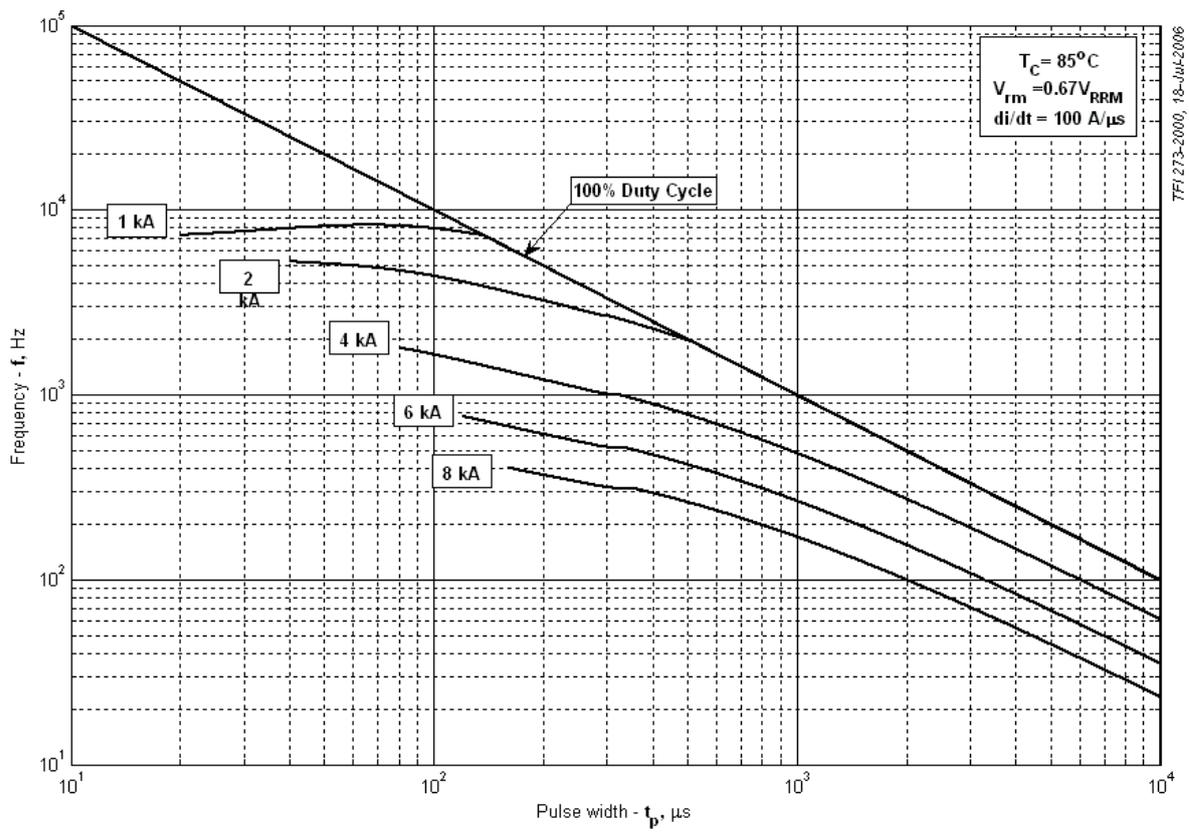


Рис. 20 – Зависимость частоты прямоугольных импульсов тока от длительности импульсов



TFI 273-2000, 18-Jul-2006

**Рис. 21 – Зависимость частоты прямоугольных импульсов тока от длительности импульсов**



TFI 273-2000, 18-Jul-2006

**Рис. 22 – Зависимость частоты прямоугольных импульсов тока от длительности импульсов**

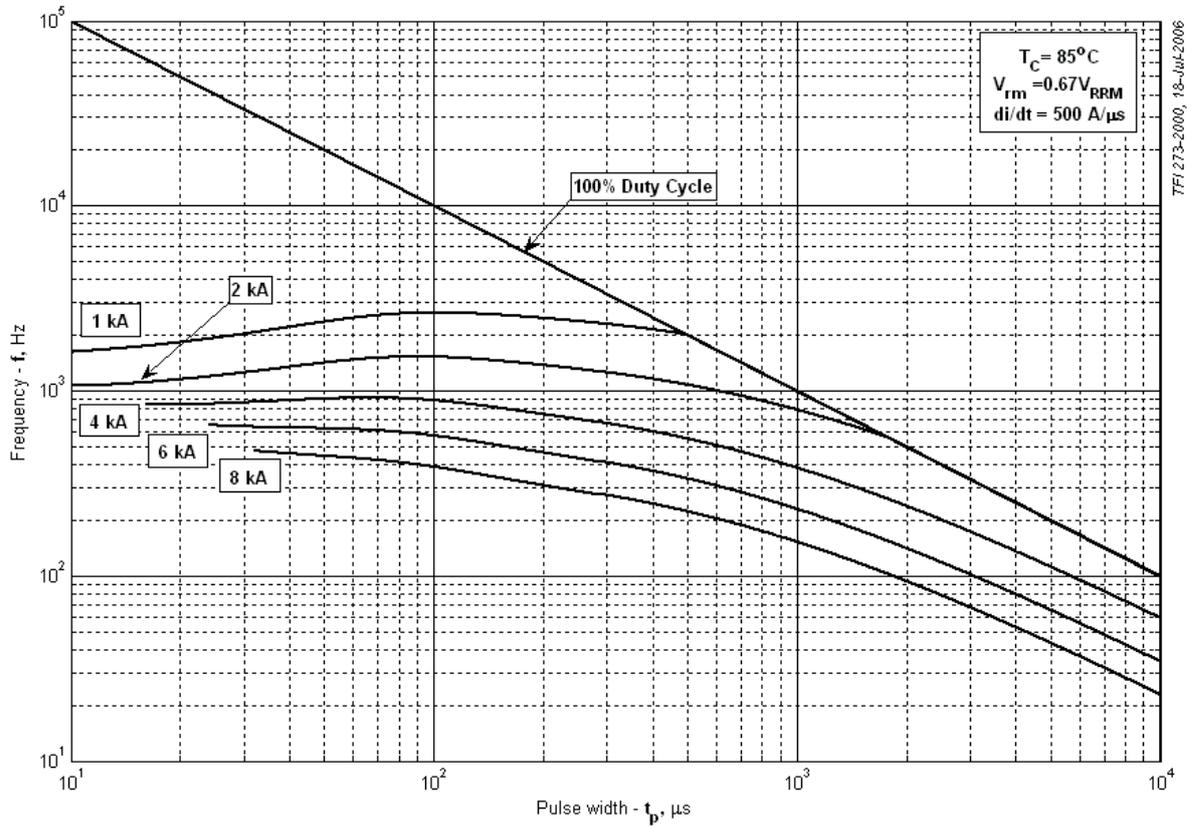


Рис. 23 – Зависимость частоты прямоугольных импульсов тока от длительности импульсов

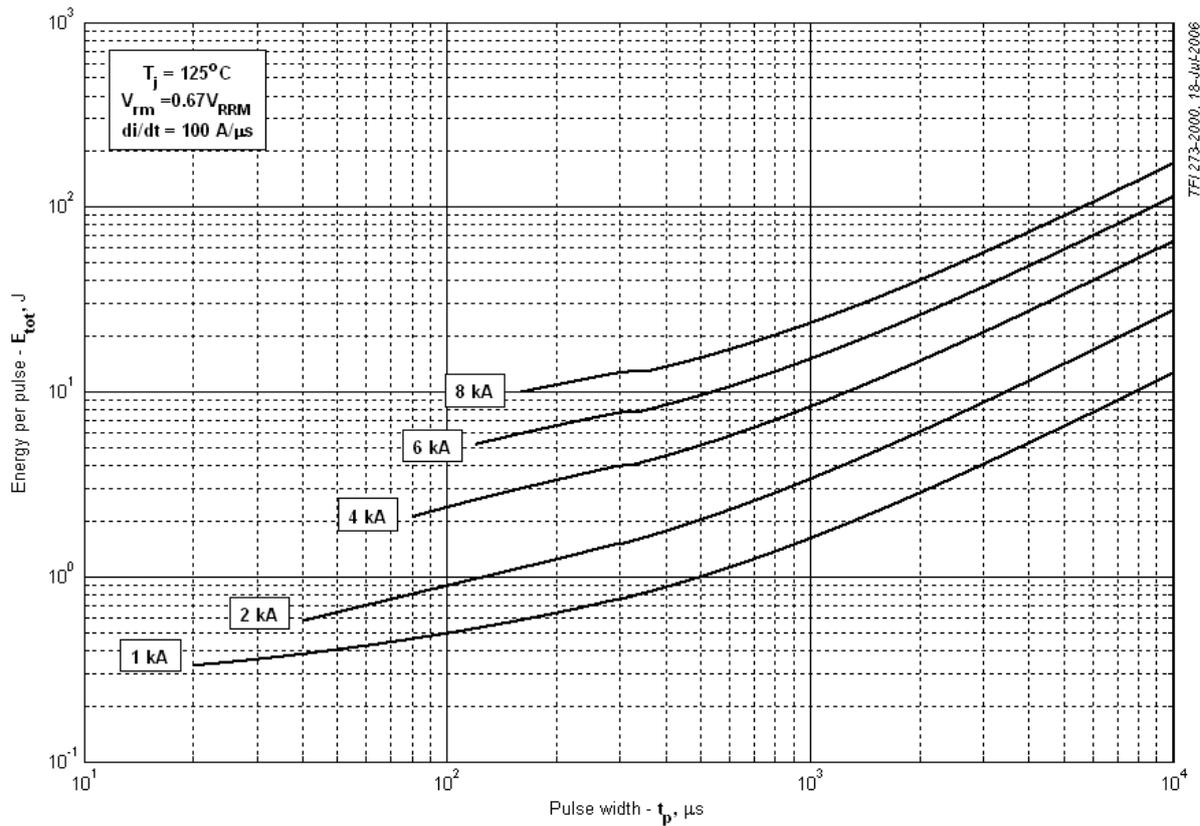


Рис. 24 – Суммарная энергия потерь одного прямоугольного импульса тока

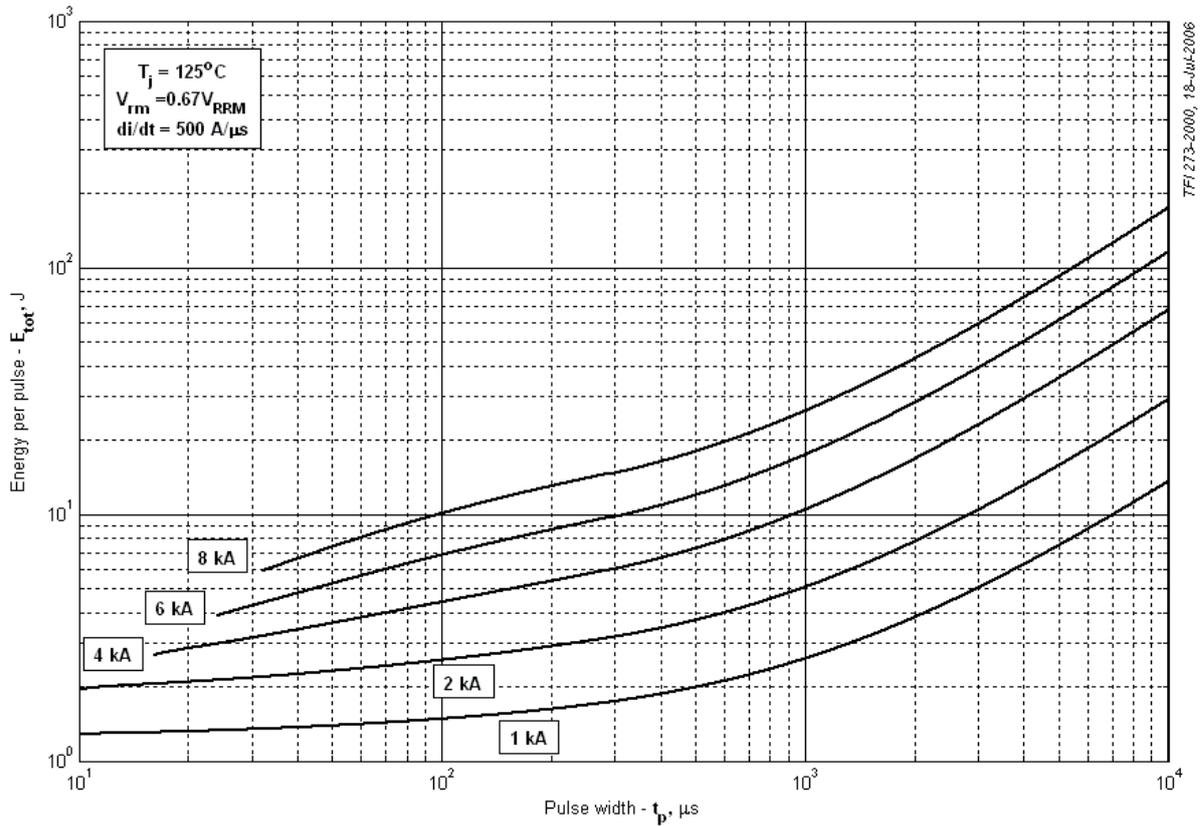


Рис. 25 – Суммарная энергия потерь одного прямоугольного импульса тока

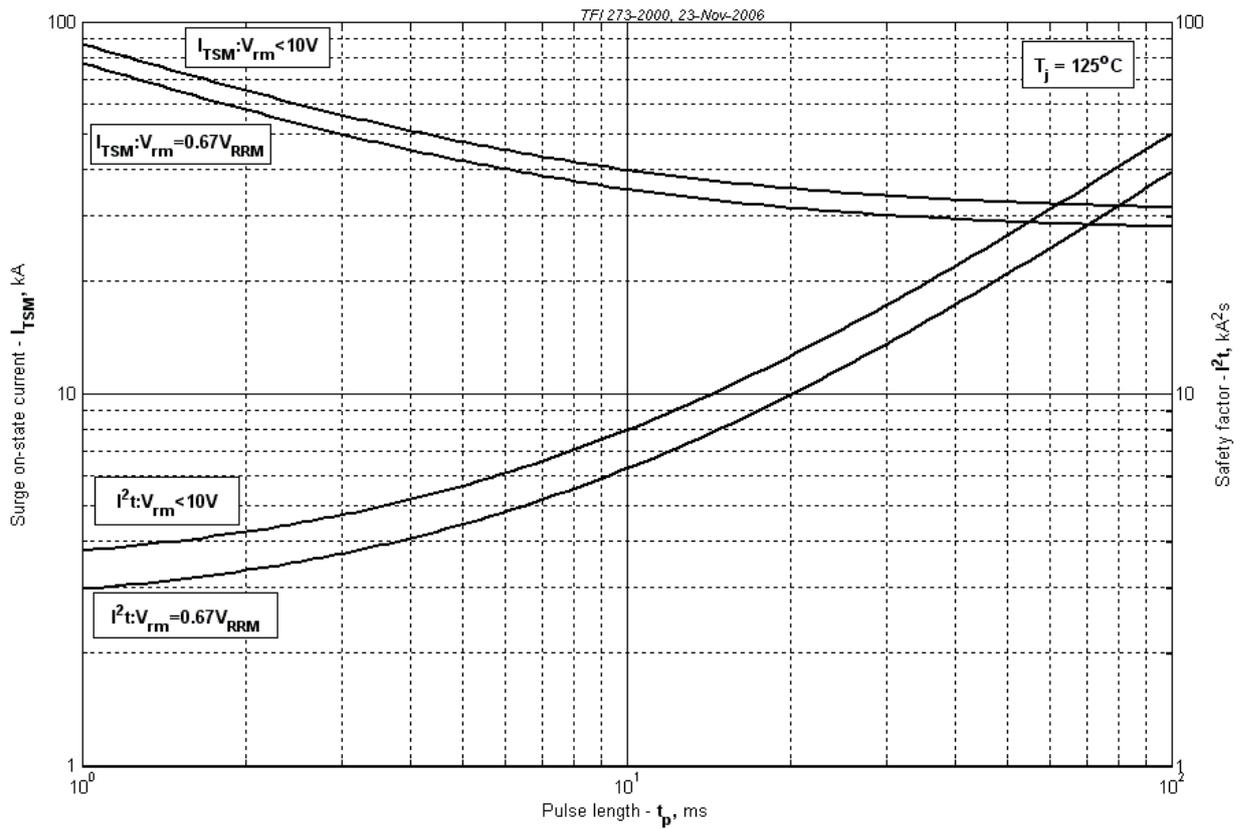
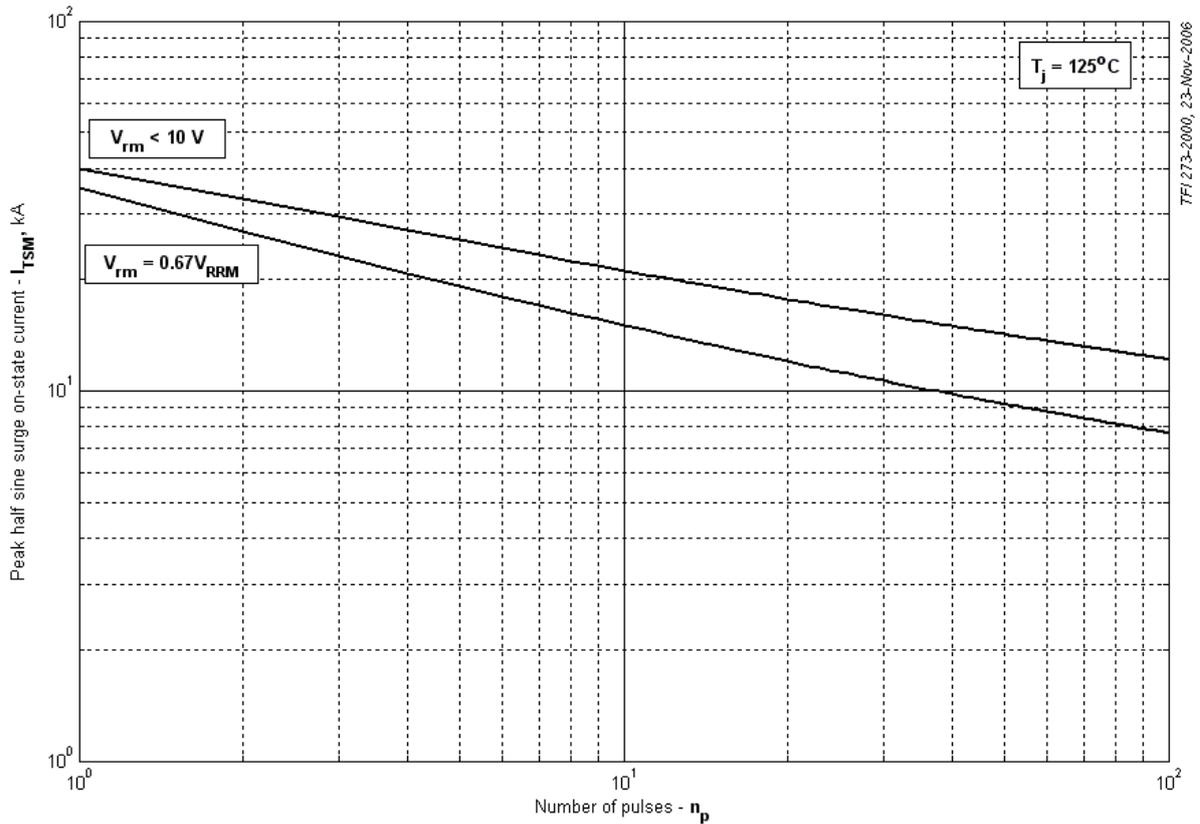
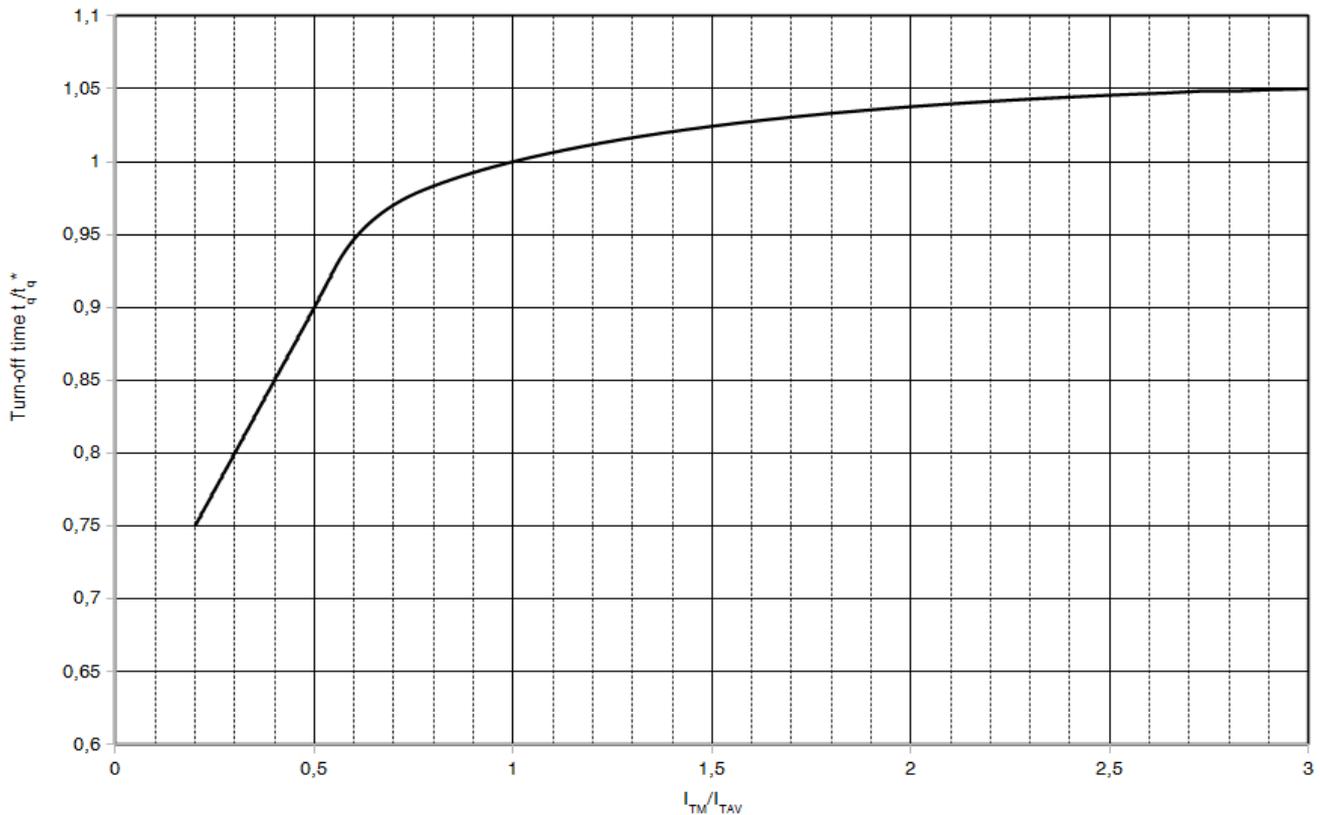


Рис. 26 – Максимальные ударные и  $I^2t$  характеристики



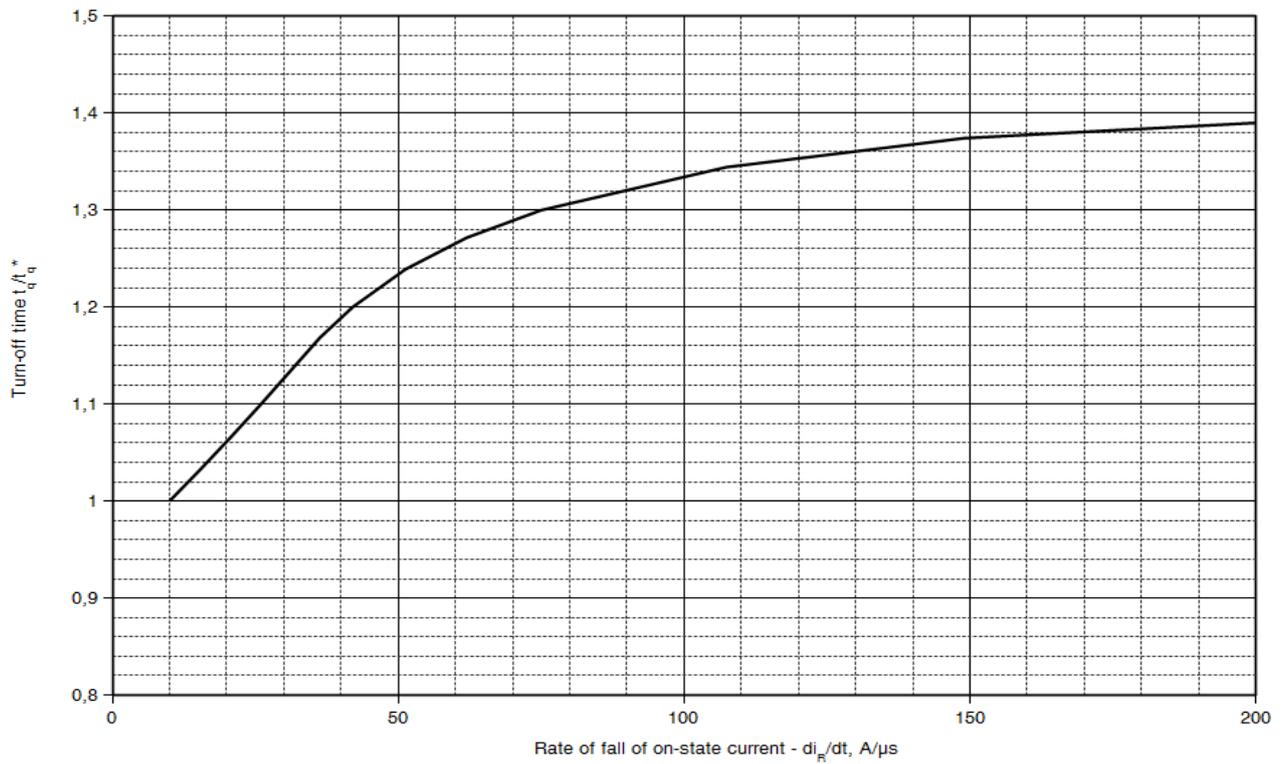
**Рис. 27 – Зависимость допустимой амплитуды ударного тока от числа импульсов**



**Рис. 28 – Зависимость времени выключения от амплитуды тока в открытом состоянии**

Условия:  $T_j = T_{j\max}$ ;  $I_{TM} = I_{TAV}$ ;  $U_R = 100\text{ В}$ ;  $du_D/dt = 50\text{ В/мкс}$ ;  $U_D = 0.67 \cdot U_{DRM}$

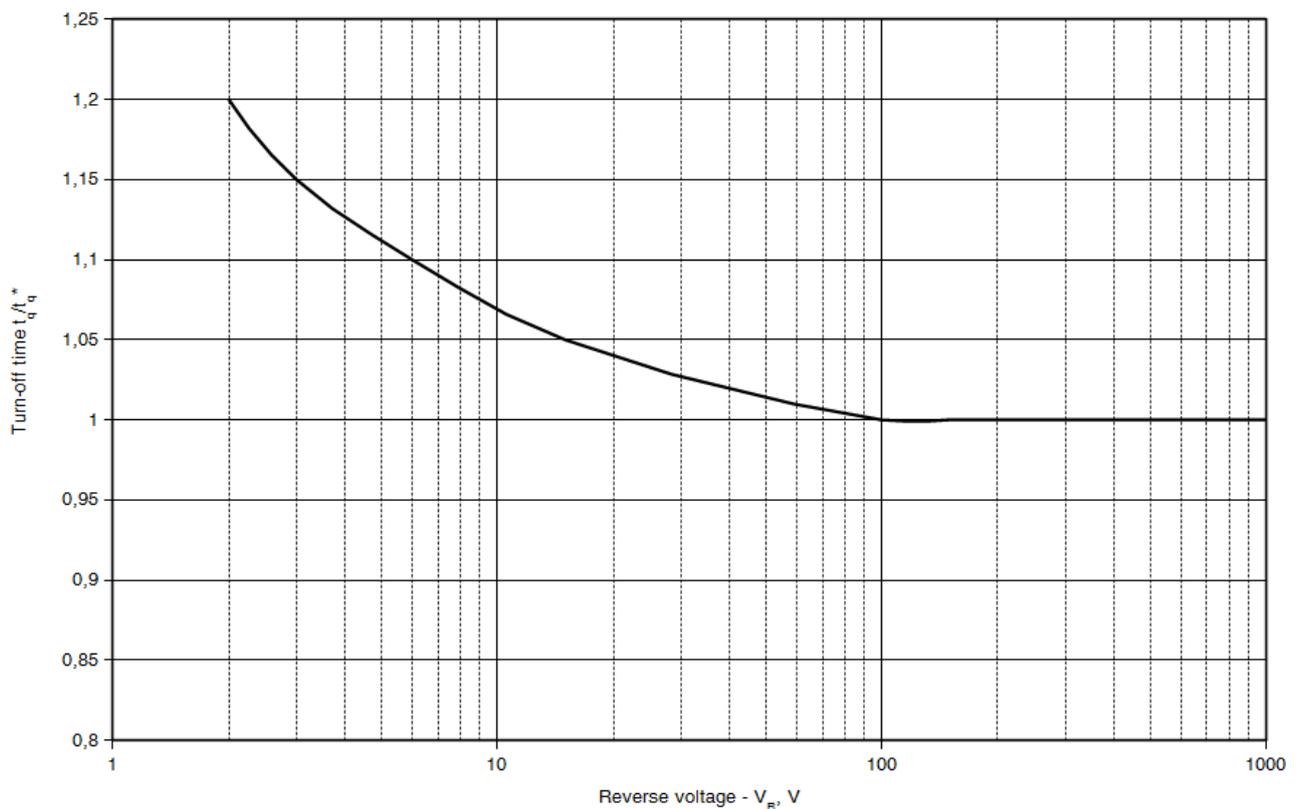
Типичные изменения  $t_q$  нормализуются  $t_q^*$  ( $t_q^*$  – см. информационные материалы,  $du_D/dt = 50\text{ В/мкс}$ )



**Рис. 29 – Зависимость времени выключения от скорости спада тока в открытом состоянии**

Условия:  $T_j=T_{j\max}$ ;  $I_{TM}=I_{TAV}$ ;  $U_R=100$  В;  $du_D/dt=50$  В/мкс;  $U_D=0.67 \cdot U_{DRM}$

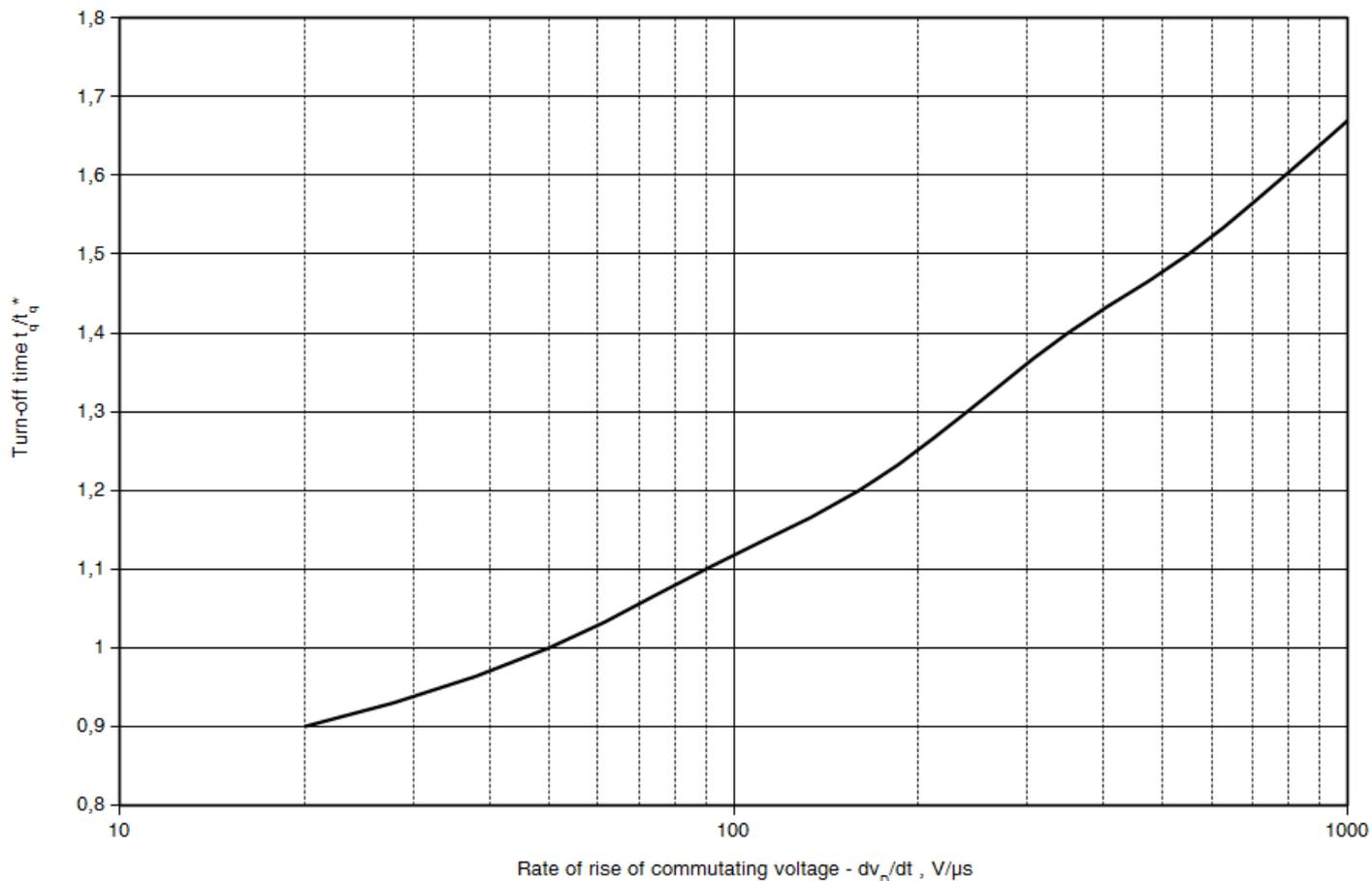
Типичные изменения  $t_q$  нормализуются  $t_q^*$  ( $t_q^*$  – см. информационные материалы,  $du_D/dt=50$  В/мкс)



**Рис. 30 – Зависимость времени выключения от обратного напряжения**

Условия:  $T_j=T_{j\max}$ ;  $I_{TM}=I_{TAV}$ ;  $U_R=100$  В;  $du_D/dt=50$  В/мкс;  $U_D=0.67 \cdot U_{DRM}$

Типичные изменения  $t_q$  нормализуются  $t_q^*$  ( $t_q^*$  – см. информационные материалы,  $du_D/dt=50$  В/мкс)



**Рис. 31 – Зависимость времени выключения от скорости нарастания напряжения в закрытом состоянии**

Условия:  $T_j = T_{j\max}$ ;  $I_{TM} = I_{TAV}$ ;  $U_R = 100$  В;  $du_D/dt = 50$  В/мкс;  $U_D = 0.67 \cdot U_{DRM}$

Типичные изменения  $t_q$  нормализуются  $t_q^*$  ( $t_q^*$  – см. информационные материалы,  $du_D/dt = 50$  В/мкс)