



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

## Быстродействующий Импульсный Тиристор Тип ТБИ473-1600-40

Средний прямой ток	$I_{TAV}$	1600 А
Повторяющееся импульсное напряжение в закрытом состоянии	$U_{DRM}$	3800...4000 В
Повторяющееся импульсное обратное напряжение	$U_{RRM}$	
Время выключения	$t_q$	125 мкс
$U_{DRM}, U_{RRM}, В$	3800	4000
Класс по напряжению	38	40
$T_j, °C$	-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	1569 1600 2303	$T_c=85 °C$ ; двухстороннее охлаждение; $T_c=83 °C$ ; двухстороннее охлаждение; $T_c=55 °C$ ; двухстороннее охлаждение; 180 эл. град. синус; 50 Гц	
$I_{TRMS}$	Действующий ток в открытом состоянии	А	2512	$T_c=83 °C$ ; двухстороннее охлаждение; 180 эл. град. синус; 50 Гц	
$I_{TSM}$	Ударный ток в открытом состоянии	кА	34.0 39.0	$T_j=T_{jmax}$ $T_j=25 °C$	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
			36.0 41.0	$T_j=T_{jmax}$ $T_j=25 °C$	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	$A^2c \cdot 10^3$	5700 7600	$T_j=T_{jmax}$ $T_j=25 °C$	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
			5300 6900	$T_j=T_{jmax}$ $T_j=25 °C$	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	3800...4000	$T_{j\ min} < T_j < T_{j\ max}$ ; 180 эл. град. синус; 50 Гц; управление разомкнуто
$U_{DSM}, U_{RSM}$	Неповторяющееся импульсное обратное напряжение и неповторяющееся импульсное напряжение в закрытом состоянии	В	3900...4100	$T_{j\ min} < T_j < T_{j\ max}$ ; 180 эл. град. синус; единичный импульс; управление разомкнуто
$U_D, U_R$	Постоянное обратное и постоянное прямое напряжение	В	$0.6 \cdot V_{DRM}$ $0.6 \cdot V_{RRM}$	$T_j = T_{j\ max}$ ; 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	2000	$T_j = T_{j\ max}$ ; $U_D = 0.67 \cdot U_{DRM}$ ; $I_{TM} = 3200$ 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	2.70	$T_j = 25$ °С; $I_{TM} = 5024$ А
$U_{T(ТО)}$	Пороговое напряжение, макс	В	1.503	$T_j = T_{j\ max}$ ; $0.5 \pi I_{TAV} < I_T < 1.5 \pi I_{TAV}$
$r_T$	Динамическое сопротивление в открытом состоянии, макс	МОм	0.272	
$I_H$	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	0.35	$T_j = T_{j \max};$ $U_D = 0.67 \cdot U_{DRM};$	Постоянный ток управления
$I_{GD}$	Неотпирающий постоянный ток управления, мин	мА	60.00		

### Динамические характеристики

$t_{gd}$	Время задержки включения, макс	мкс	1.40	$T_j = 25 \text{ }^\circ\text{C}; U_D = 1500 \text{ В}; I_{TM} = I_{TAV};$ $di/dt = 200 \text{ А/мкс};$ Импульс управления: $I_G = 2 \text{ А}; U_G = 20 \text{ В};$ $t_{GP} = 50 \text{ мкс}; di_G/dt = 2 \text{ А/мкс}$
$t_{gt}$	Время включения <sup>2)</sup> , макс	мкс	4.00, 6.30, 8.00, 10.0	
$t_q$	Время выключения <sup>3)</sup> , макс	мкс	125	$du_D/dt = 50 \text{ В/мкс};$ $T_j = T_{j \max}; I_{TM} = I_{TAV};$ $di_R/dt = -10 \text{ А/мкс};$ $U_R = 100 \text{ В};$ $U_D = 0.67 U_{DRM}$
			160	
$Q_{rr}$	Заряд обратного восстановления, макс	мкКл	3000	$T_j = T_{j \max}; I_{TM} = I_{TAV};$ $di_R/dt = -50 \text{ А/мкс};$ $U_R = 100 \text{ В}$
$t_{rr}$	Время обратного восстановления, макс	мкс	14	
$I_{rrM}$	Ток обратного восстановления, макс	А	430	

### 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	473	1600	40	A2	X2	A4	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

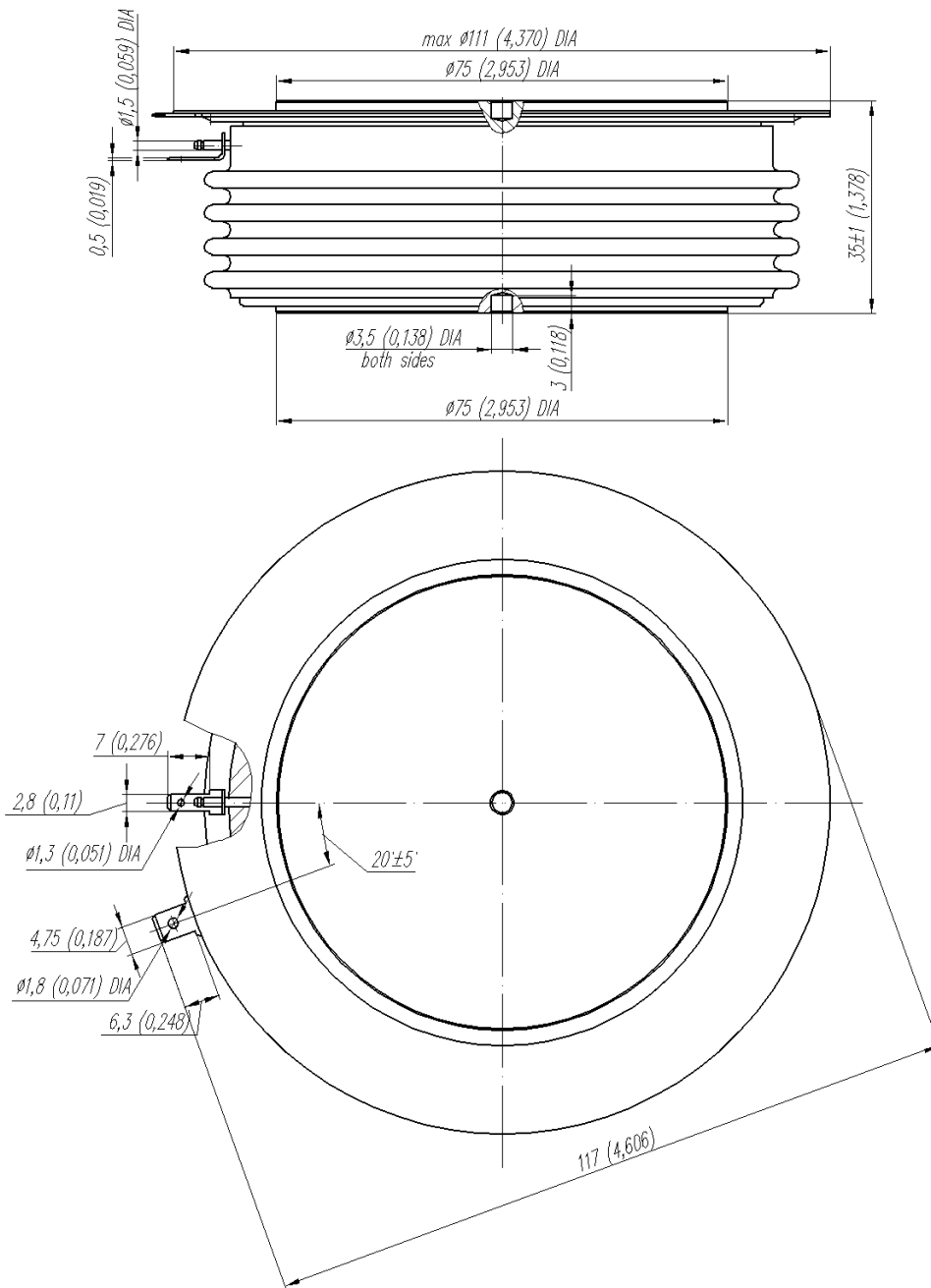
Обозначение группы	P2	K2	E2	A2	T1	P1	M1
$(du_D/dt)_{crit}, \text{ В/мкс}$	200	320	500	1000	1600	2000	2500

2) Время включения

Обозначение группы	H4	C4	B4	A4
$t_{gt}, \text{ мкс}$	4.00	6.30	8.00	10.0

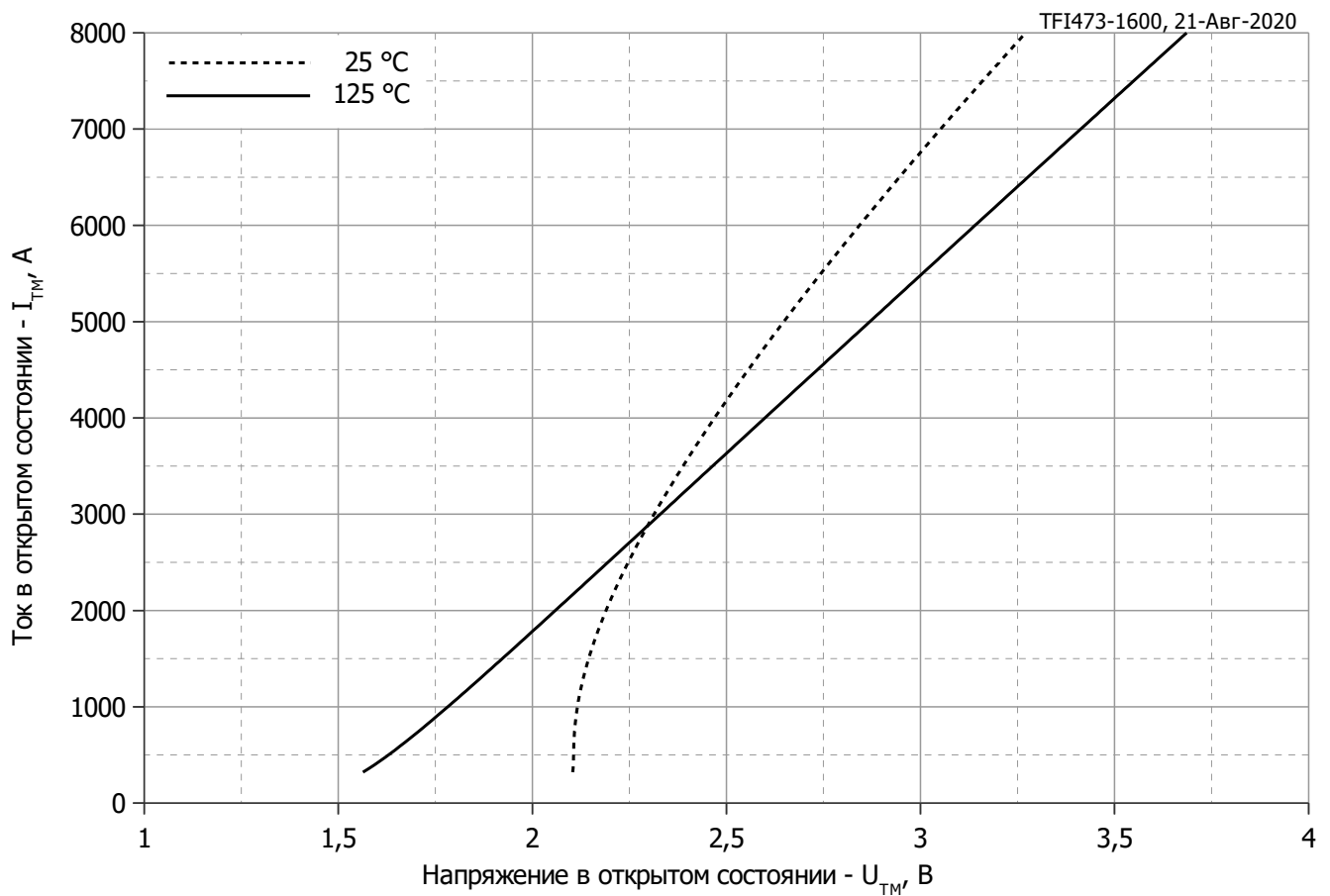
3) Время выключения ( $du_D/dt = 50 \text{ В/мкс}$ )

Обозначение группы	X2
$t_q, \text{ мкс}$	125



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.



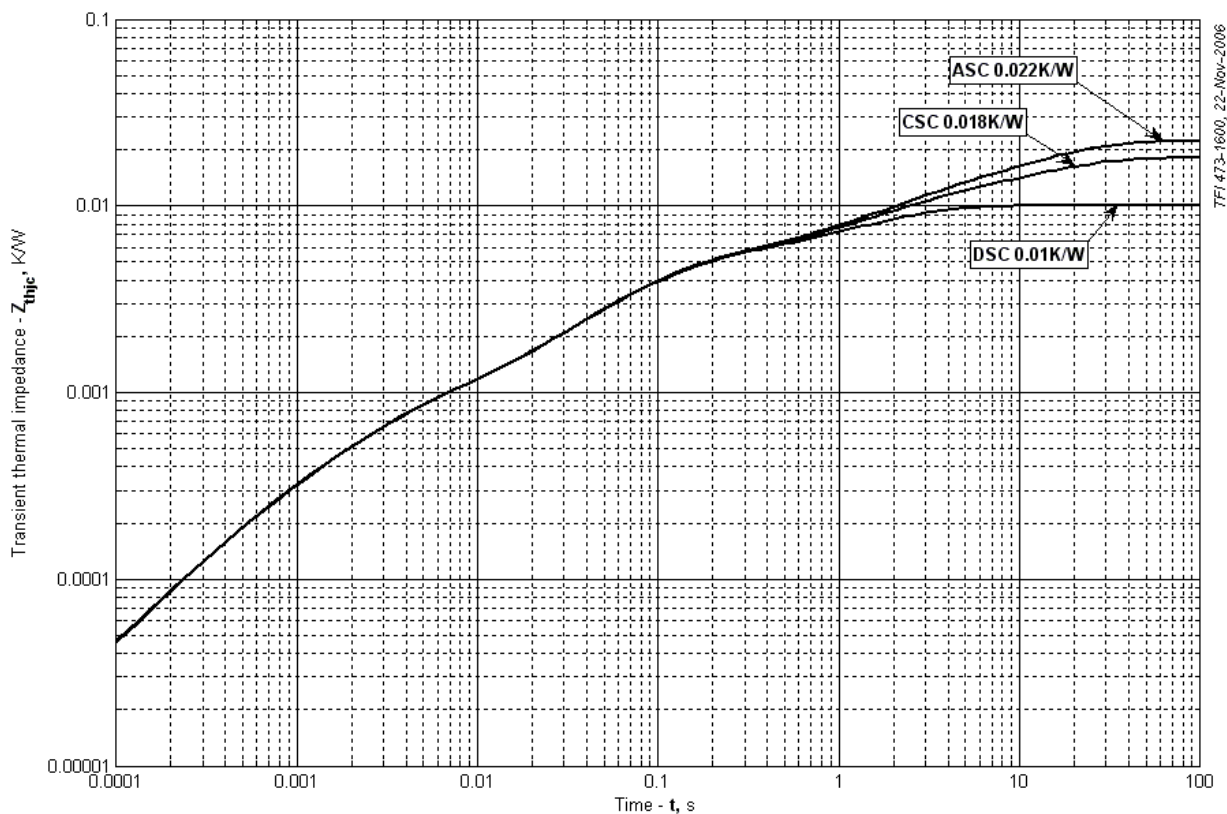
**Рис. 1 – Вольт - амперная характеристика в открытом состоянии**

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>	1.47450812	1.05128932
<b>B</b>	0.00039464	0.00029823
<b>C</b>	0.19510255	0.09240769
<b>D</b>	-0.03481433	-0.00650641

**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
$R_i, K/W$	0.002785	0.003537	0.0005787	0.0006418	0.00009446	0.002362
$\tau_i, s$	2.061	0.07354	0.002615	0.1375	0.0004601	1.210

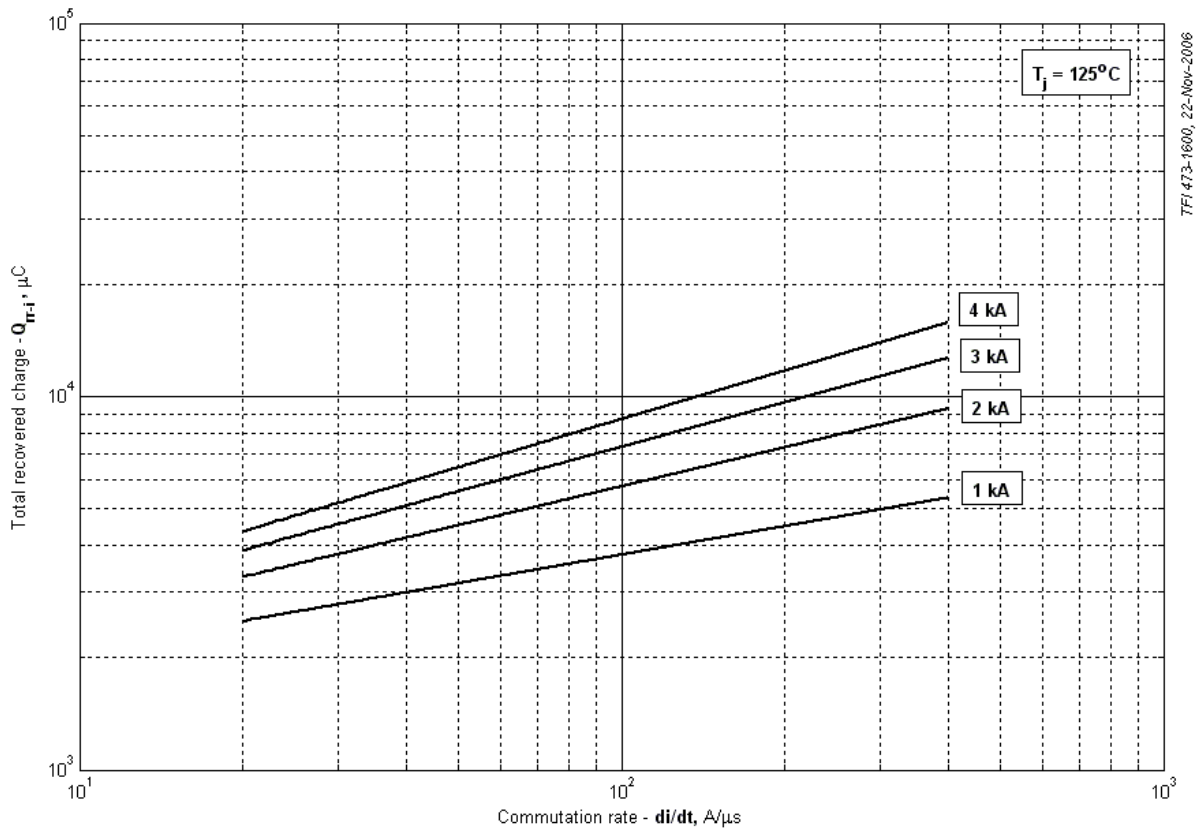
Постоянный ток, охлаждение со стороны анода

$i$	1	2	3	4	5	6
$R_i, K/W$	0.01246	0.00478	0.0006333	0.003716	0.0005969	0.00006119
$\tau_i, s$	13.310	1.871	0.2261	0.07337	0.002363	0.0003248

Постоянный ток, охлаждение со стороны катода

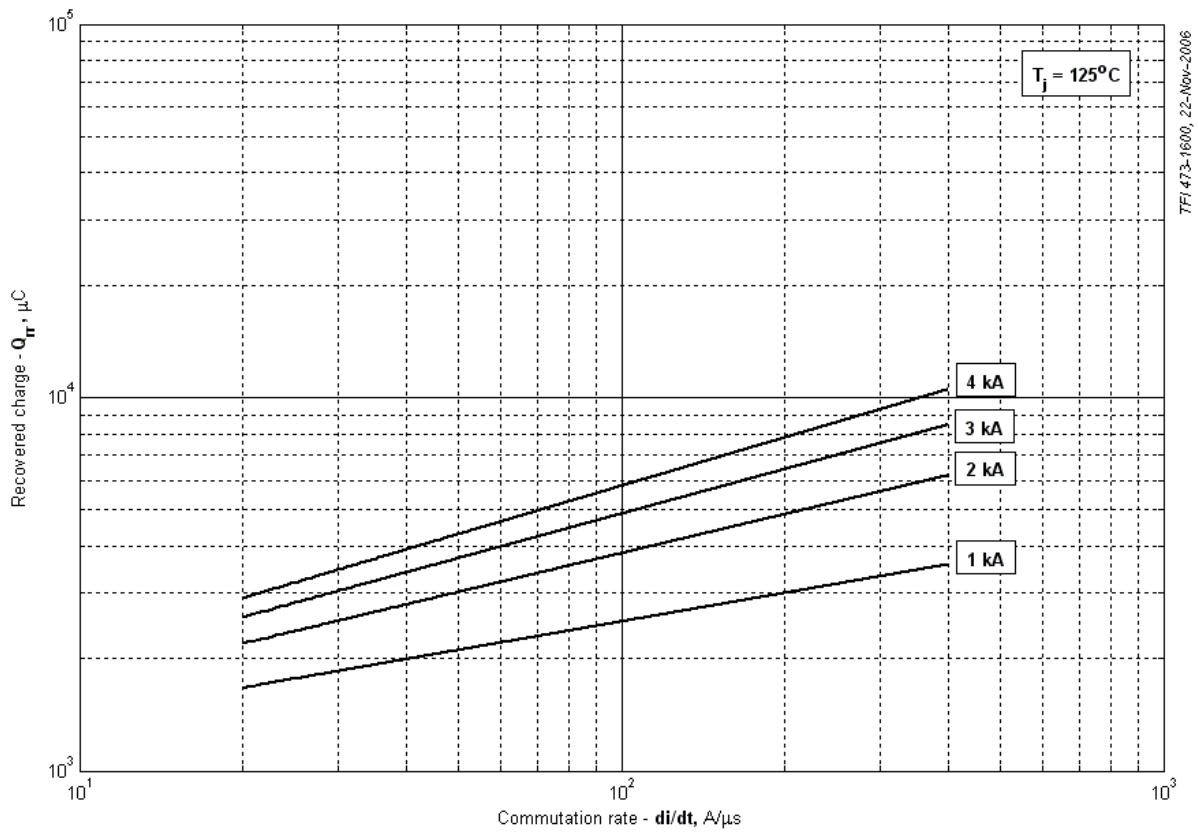
$i$	1	2	3	4	5	6
$R_i, K/W$	0.008256	0.004771	0.0006239	0.003744	0.0005969	0.00006164
$\tau_i, s$	13.250	1.783	0.2371	0.07347	0.002367	0.000327

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



TFI 473-1600, 22-Nov-2006

Рис. 3 – Максимальный интегральный заряд обратного восстановления,  $Q_{tr-i}$



TFI 473-1600, 22-Nov-2006

Рис. 4 – Максимальный заряд обратного восстановления,  $Q_{tr}$  (по ГОСТ 24461, хорда 50%)

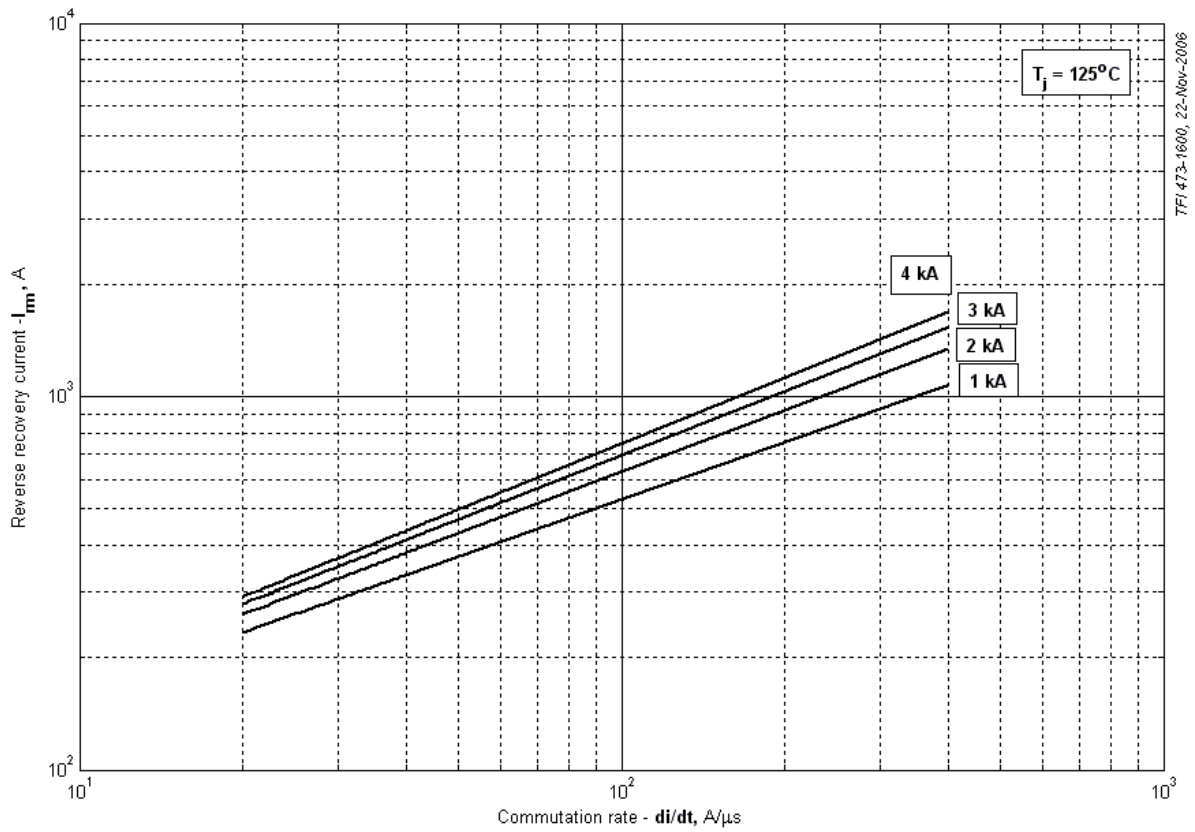


Рис. 5 – Максимальный ток обратного восстановления,  $I_{rrm}$

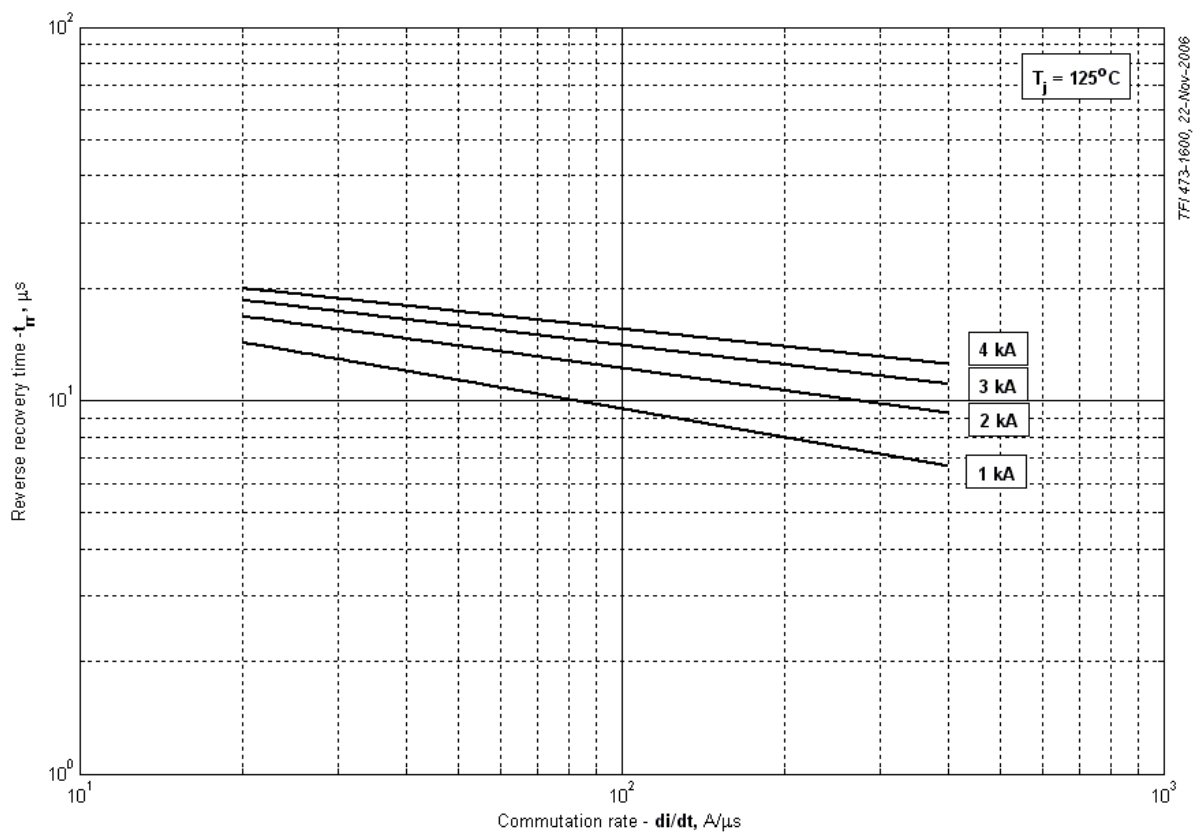


Рис. 6 – Максимальное время обратного восстановления,  $t_{tr}$  (по ГОСТ 24461, хорда 50%)



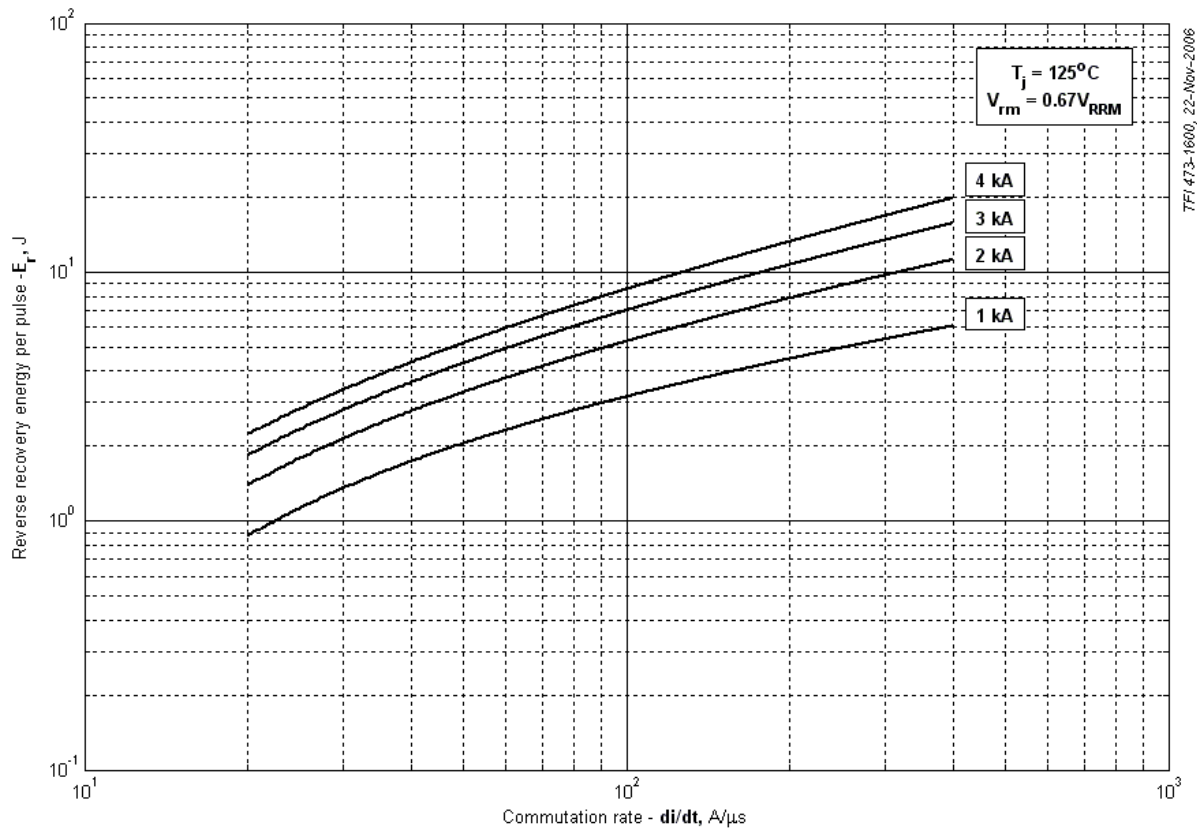


Рис. 7 – Энергия обратного восстановления за импульс

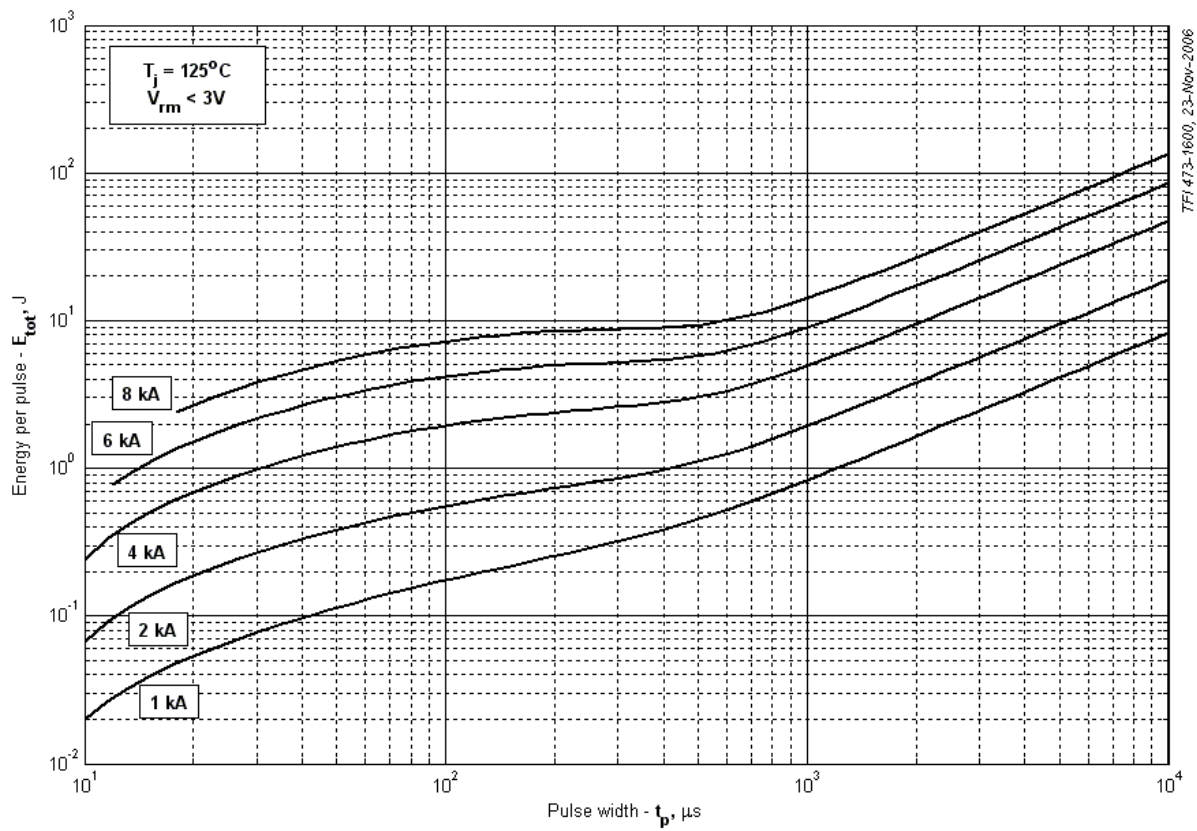


Рис. 8 – Суммарная энергия потерь одного синусоидального импульса тока

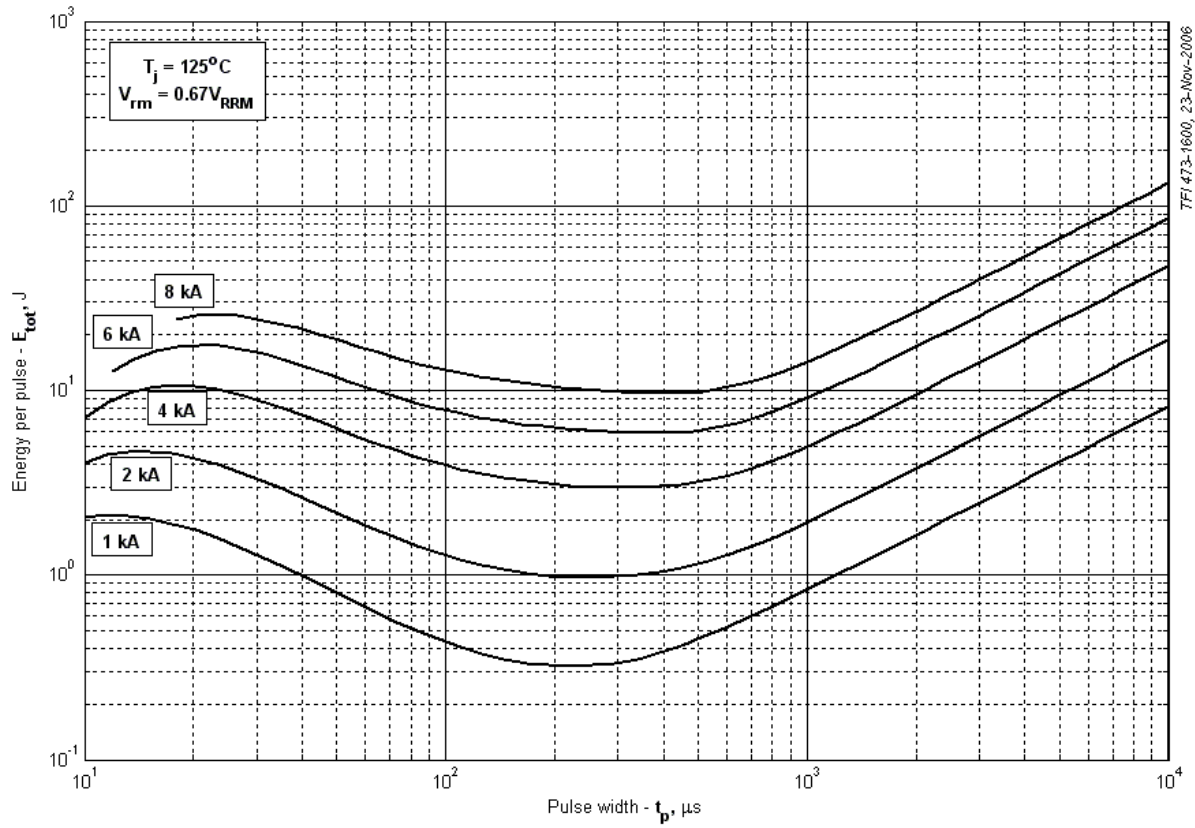


Рис. 9 – Суммарная энергия потерь одного синусоидального импульса тока

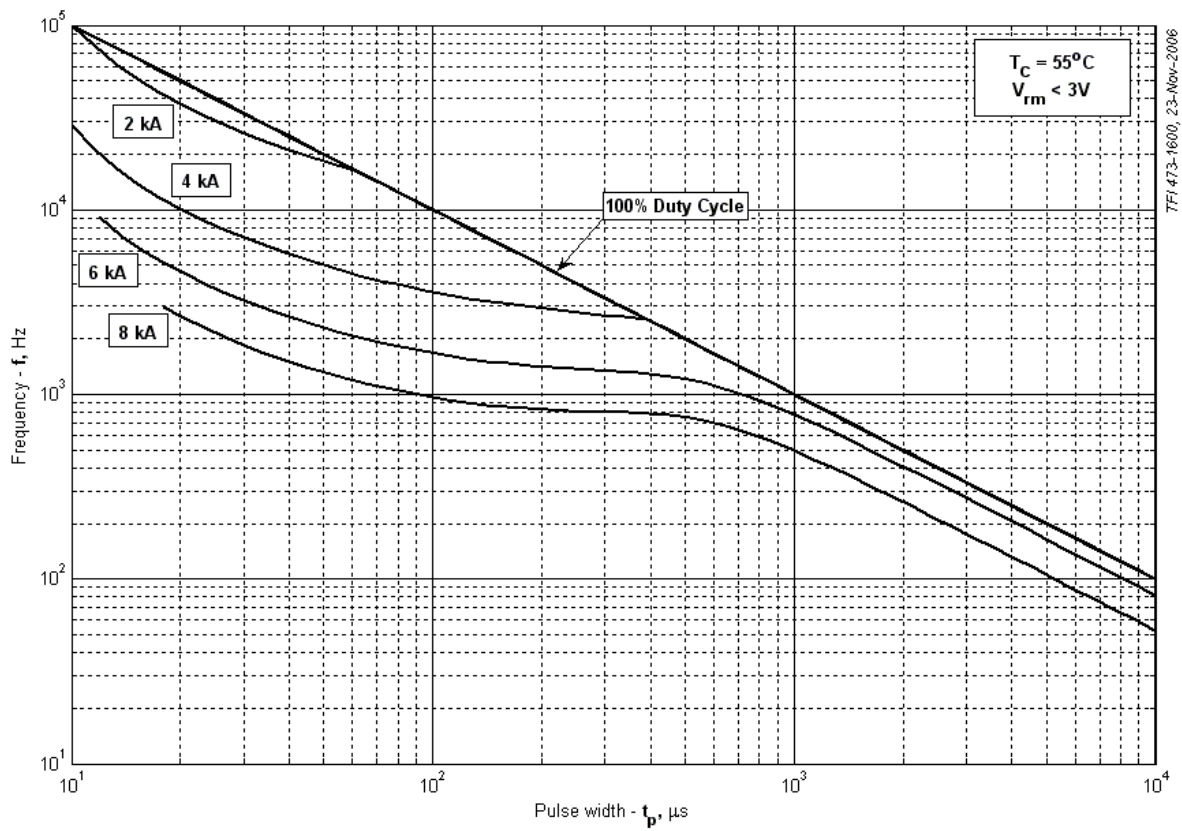
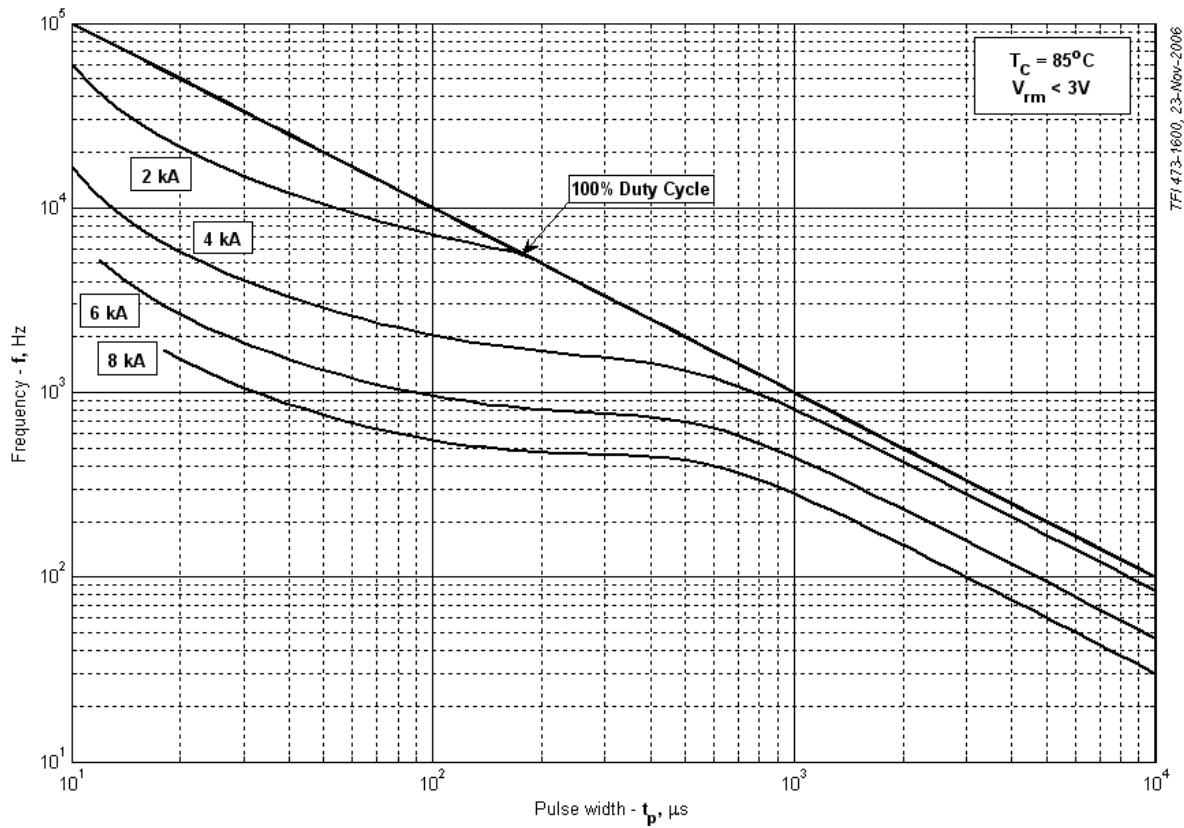
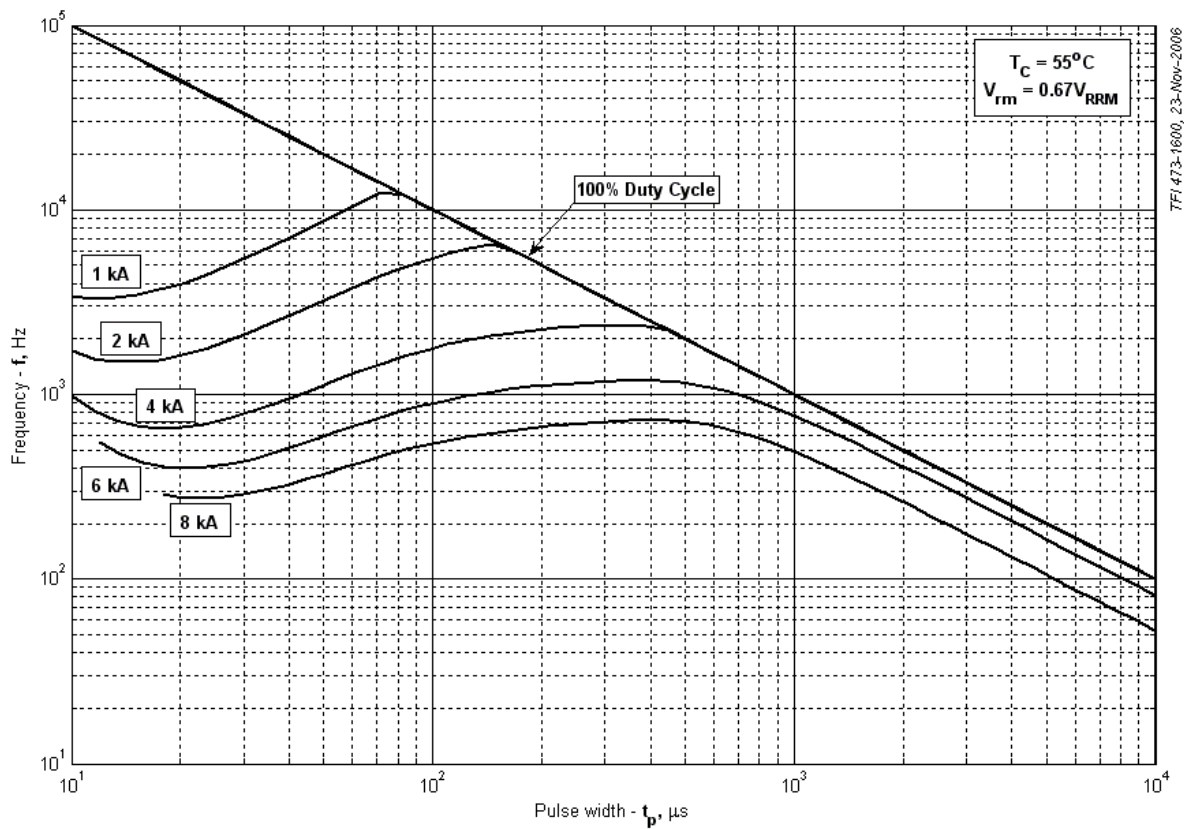


Рис. 10 – Зависимость частоты синусоидальных импульсов тока от длительности импульсов



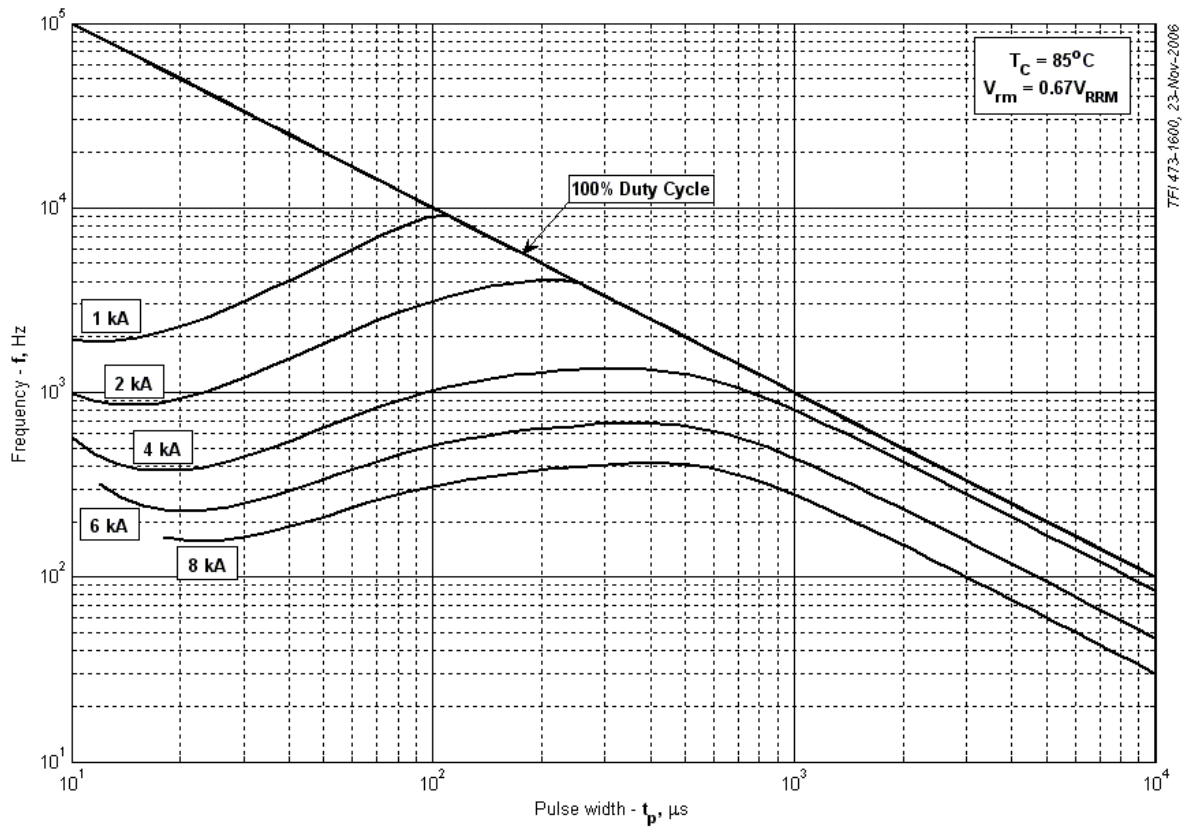
TFI 473-1600, 23-Nov-2006

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

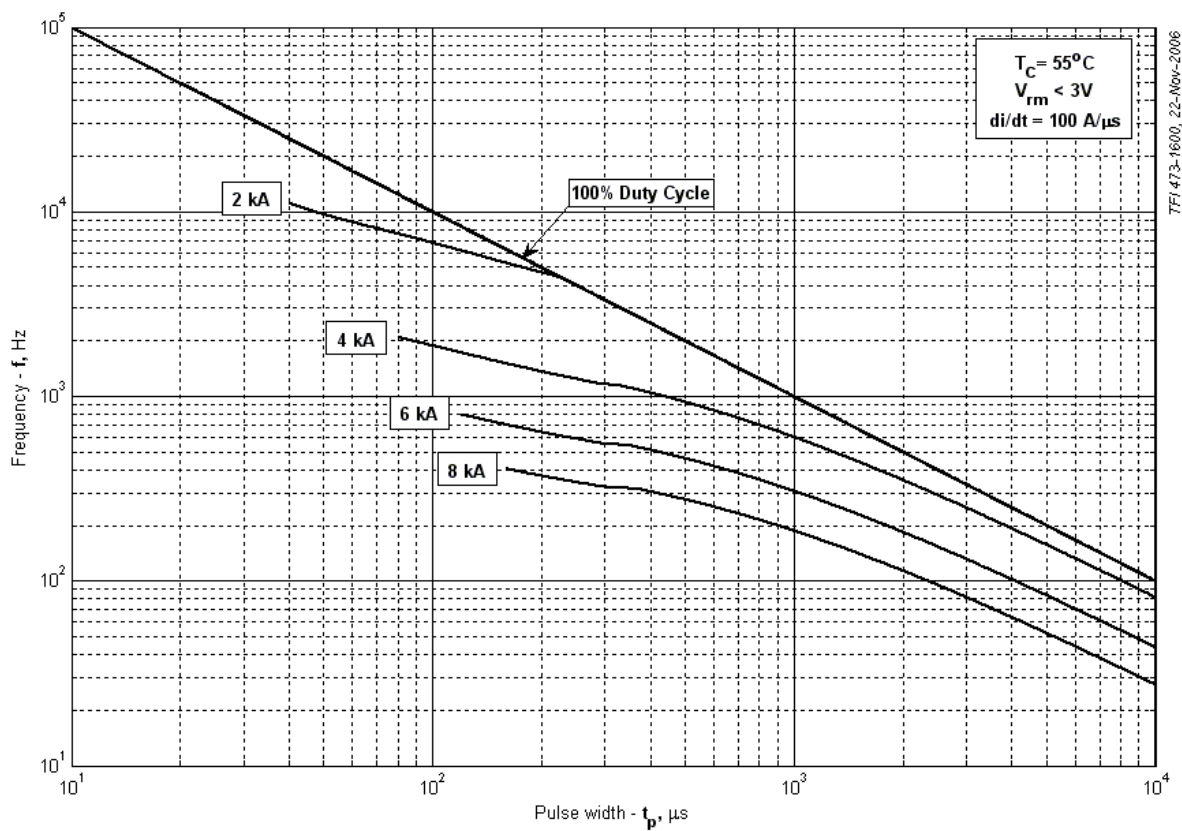


TFI 473-1600, 23-Nov-2006

**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**

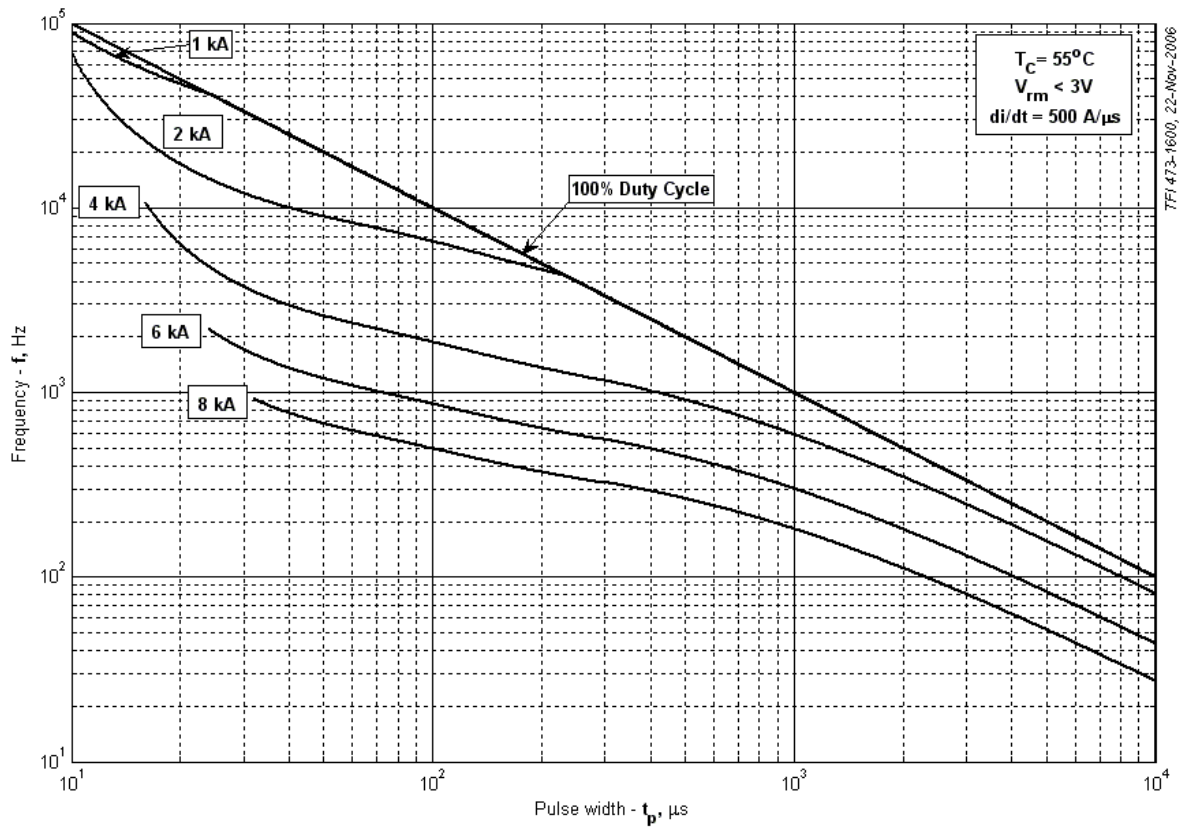


Рис. 15– Зависимость частоты прямоугольных импульсов тока от длительности импульсов

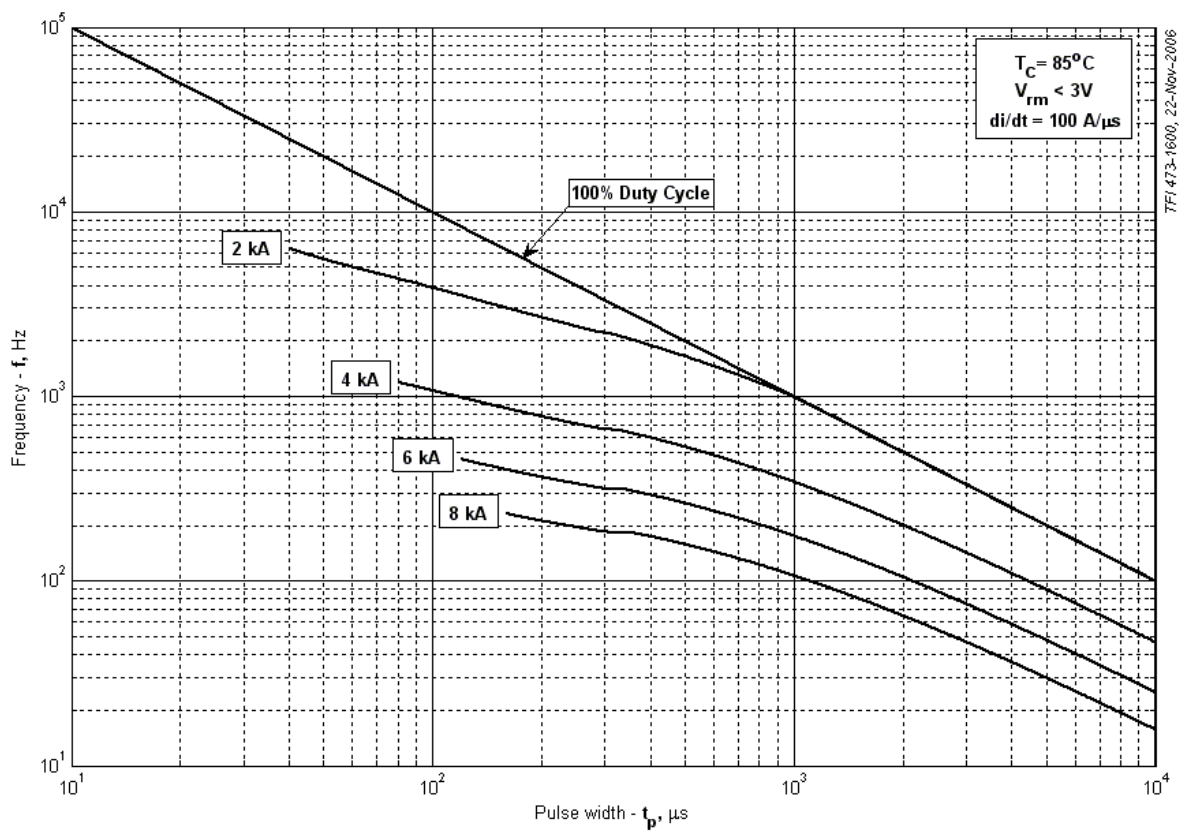


Рис. 16 – Зависимость частоты прямоугольных импульсов тока от длительности импульсов

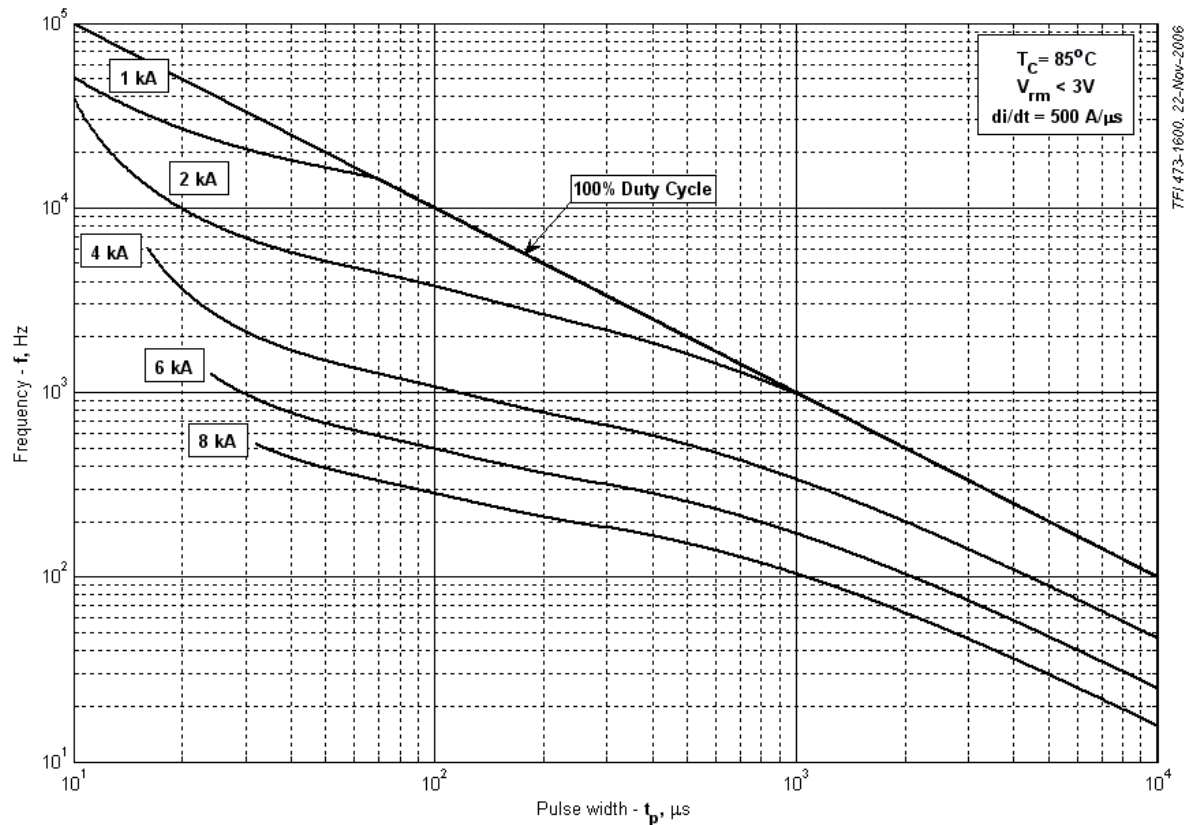


Рис. 17 – Зависимость частоты прямоугольных импульсов тока от длительности импульсов

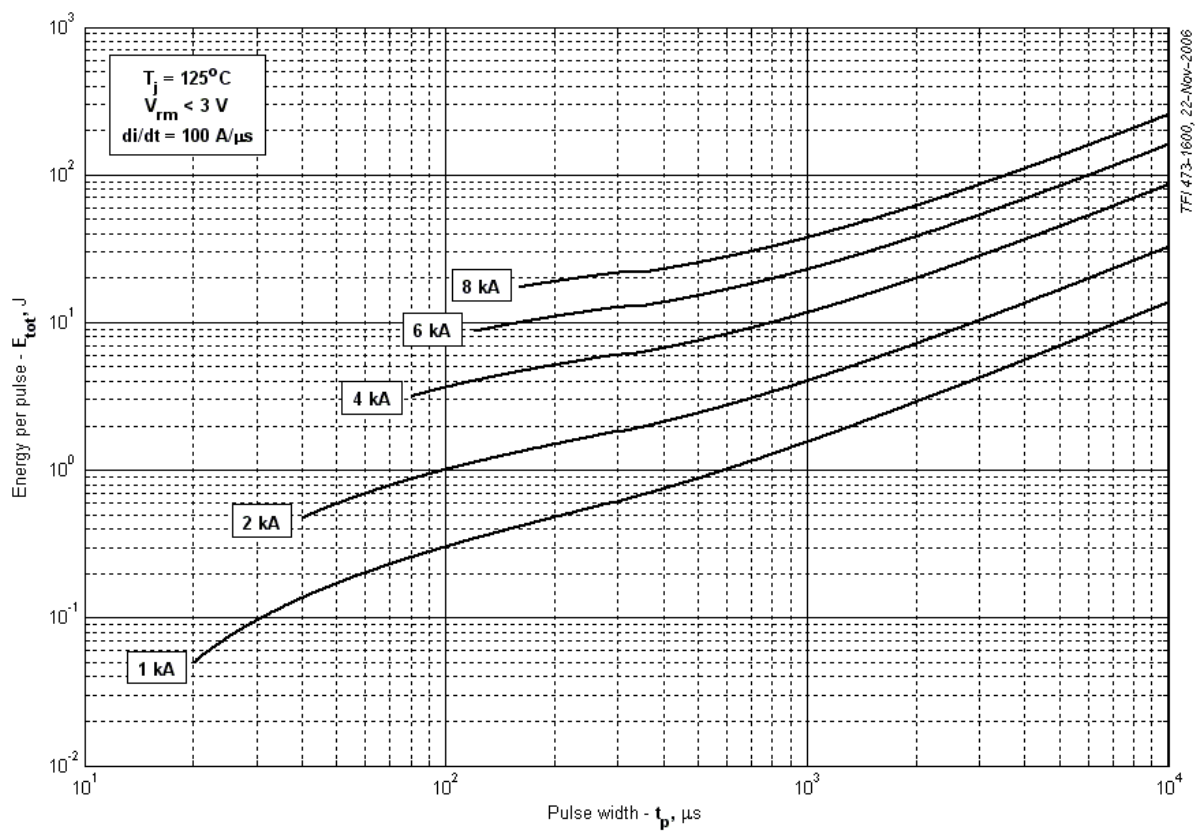


Рис. 18 – Суммарная энергия потерь одного прямоугольного импульса тока

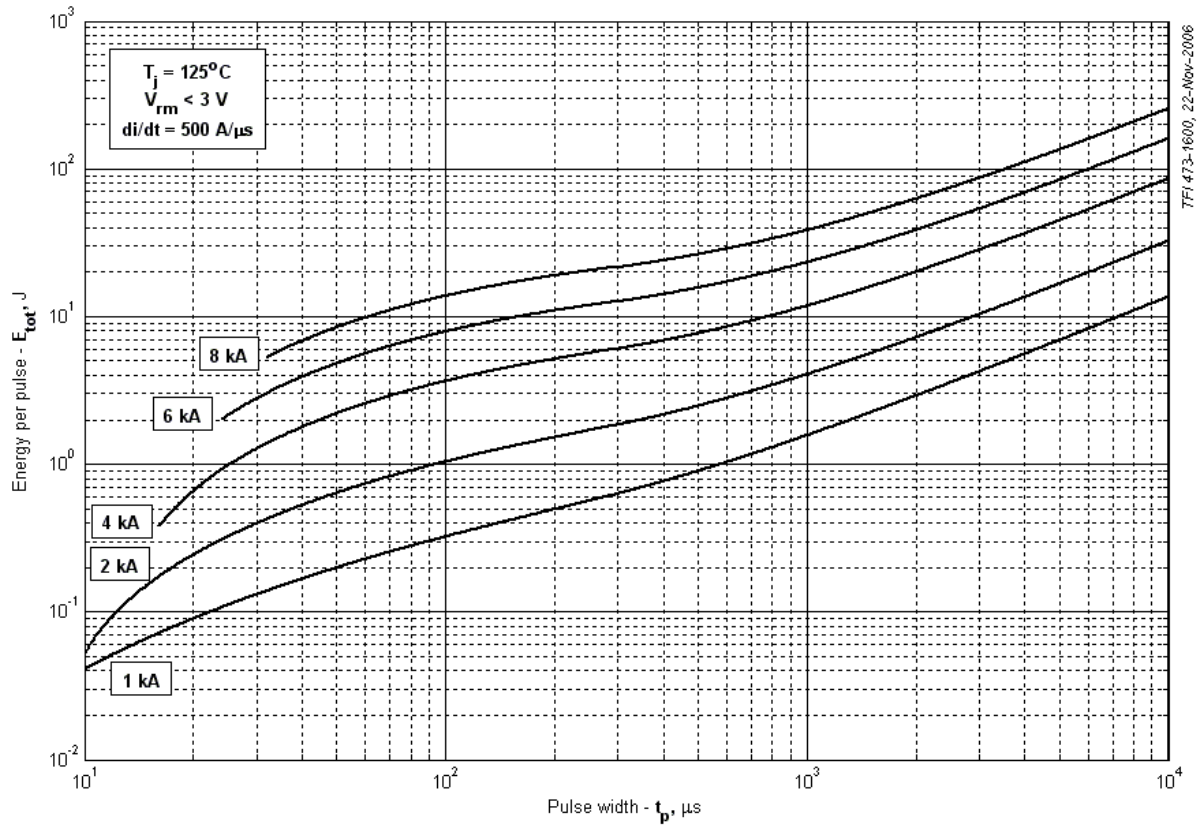


Рис. 19 – Суммарная энергия потерь одного прямоугольного импульса тока

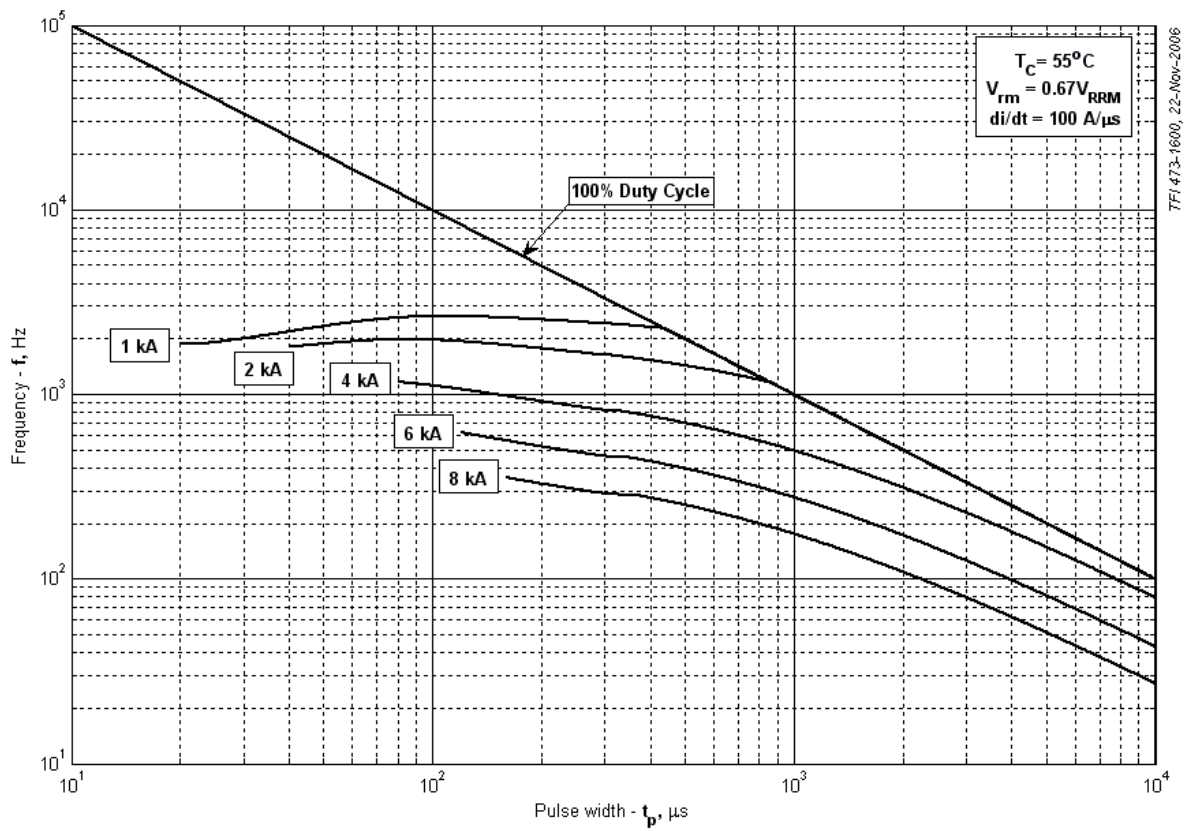


Рис. 20 – Зависимость частоты прямоугольных импульсов тока от длительности импульсов

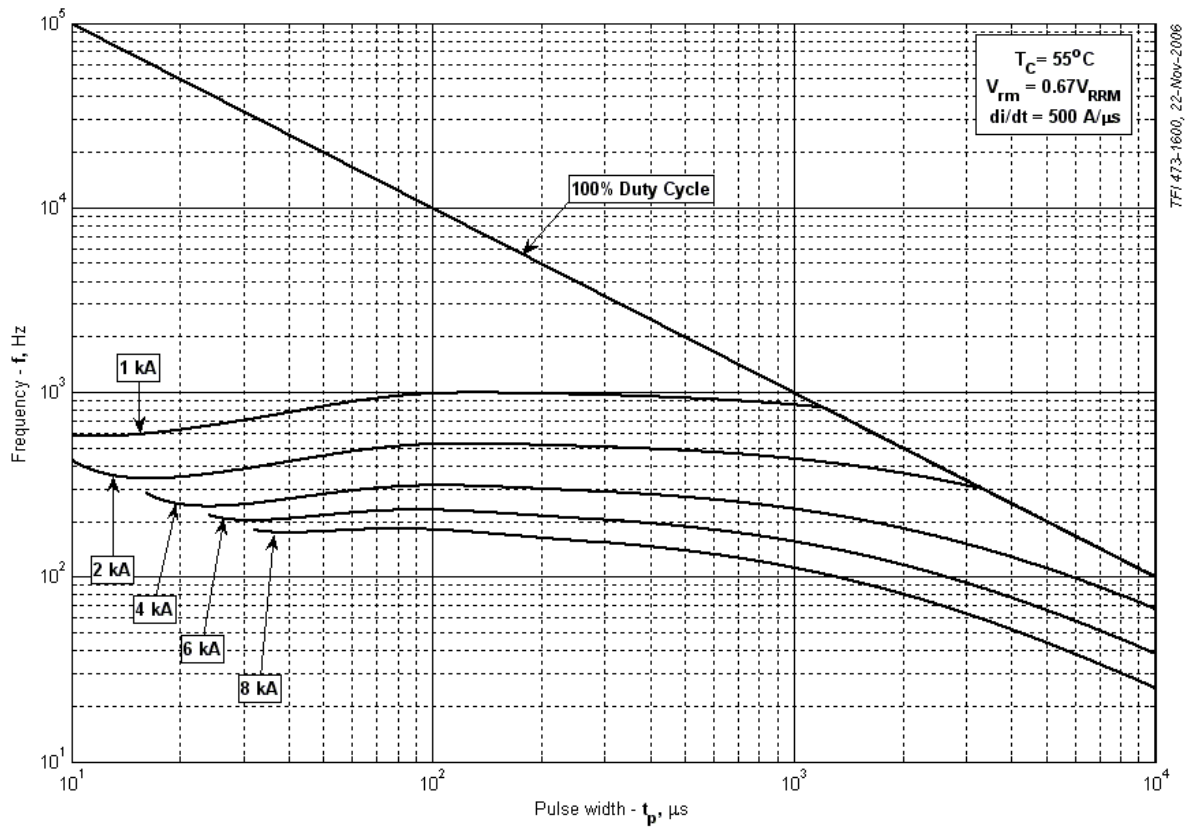


Рис. 21 – Зависимость частоты прямоугольных импульсов тока от длительности импульсов

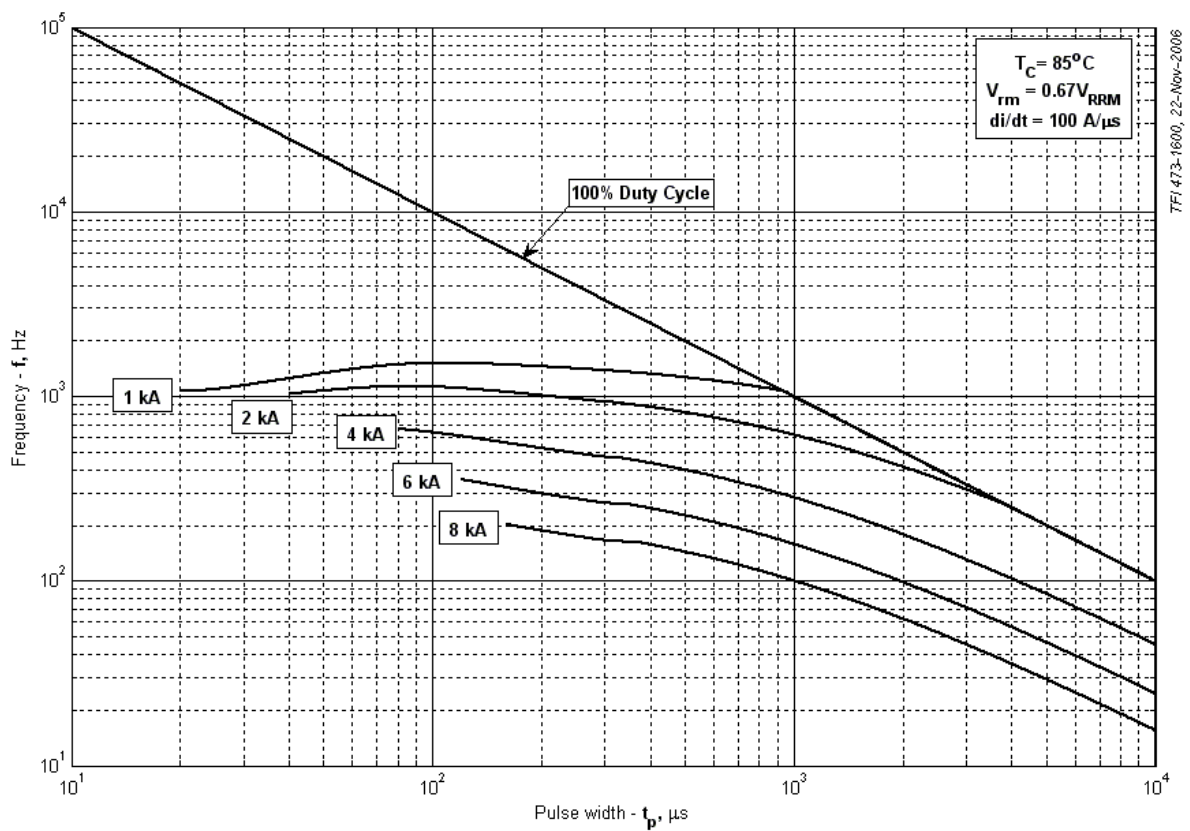


Рис. 22 – Зависимость частоты прямоугольных импульсов тока от длительности импульсов



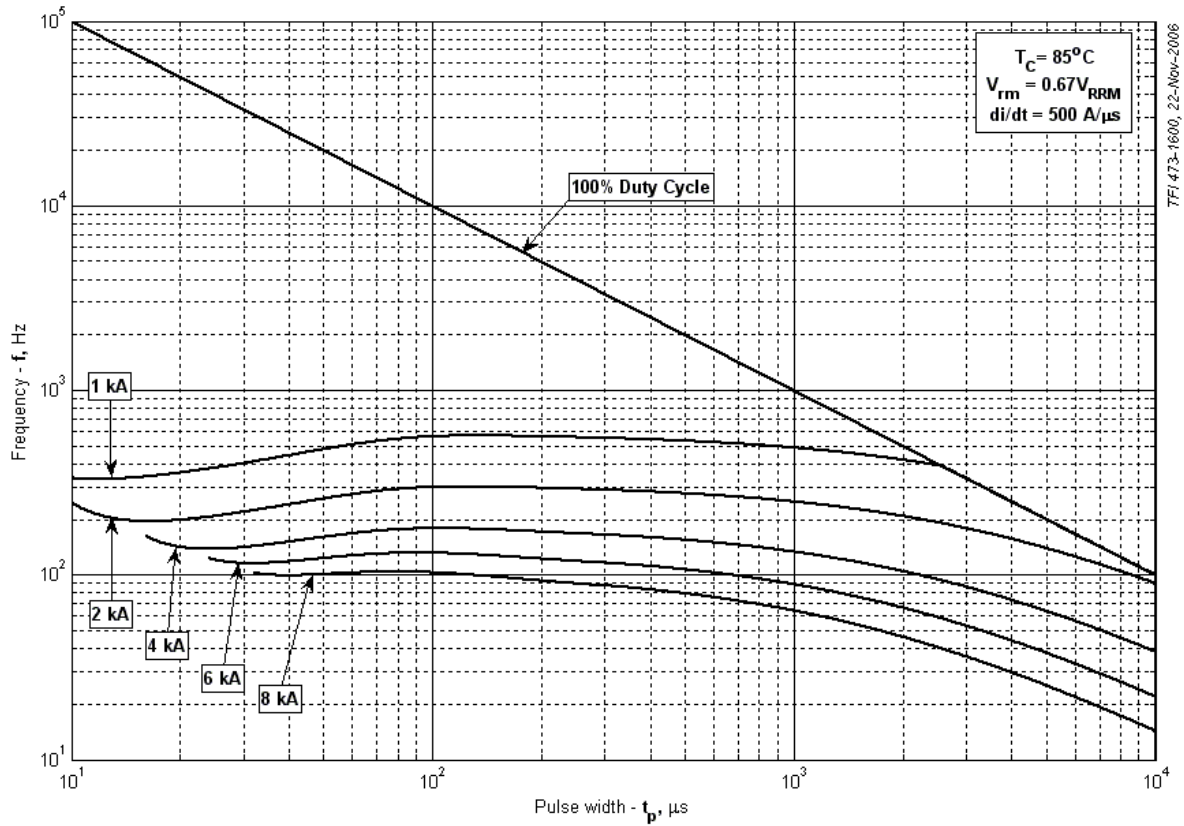


Рис. 23 – Зависимость частоты прямоугольных импульсов тока от длительности импульсов

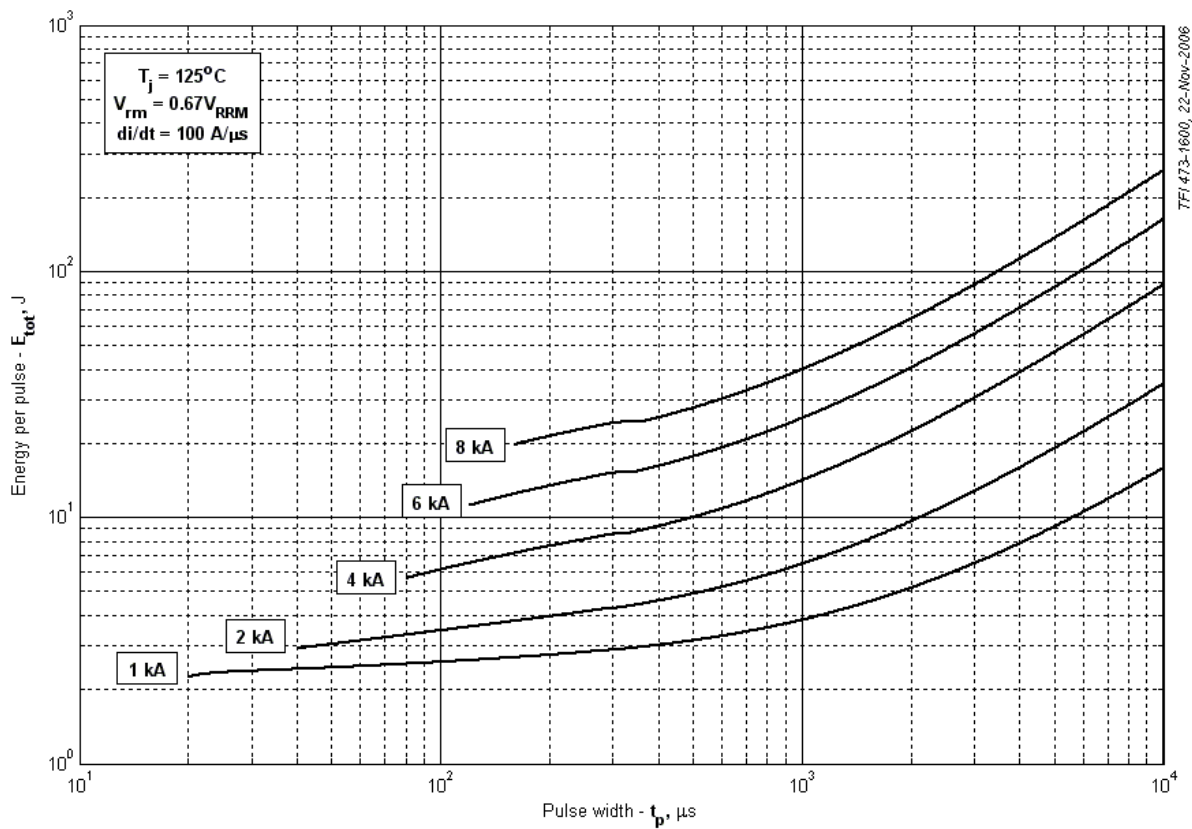


Рис. 24 – Суммарная энергия потерь одного прямоугольного импульса тока

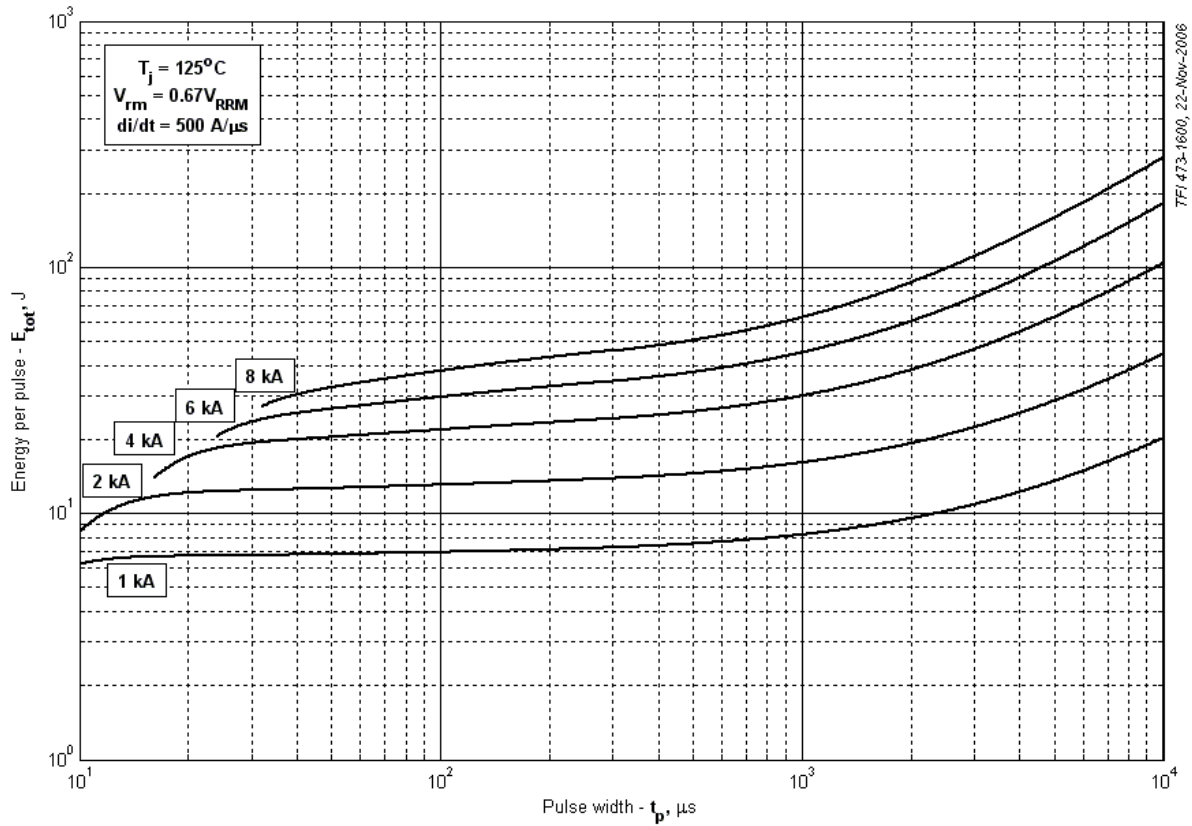


Рис. 25 – Суммарная энергия потерь одного прямоугольного импульса тока

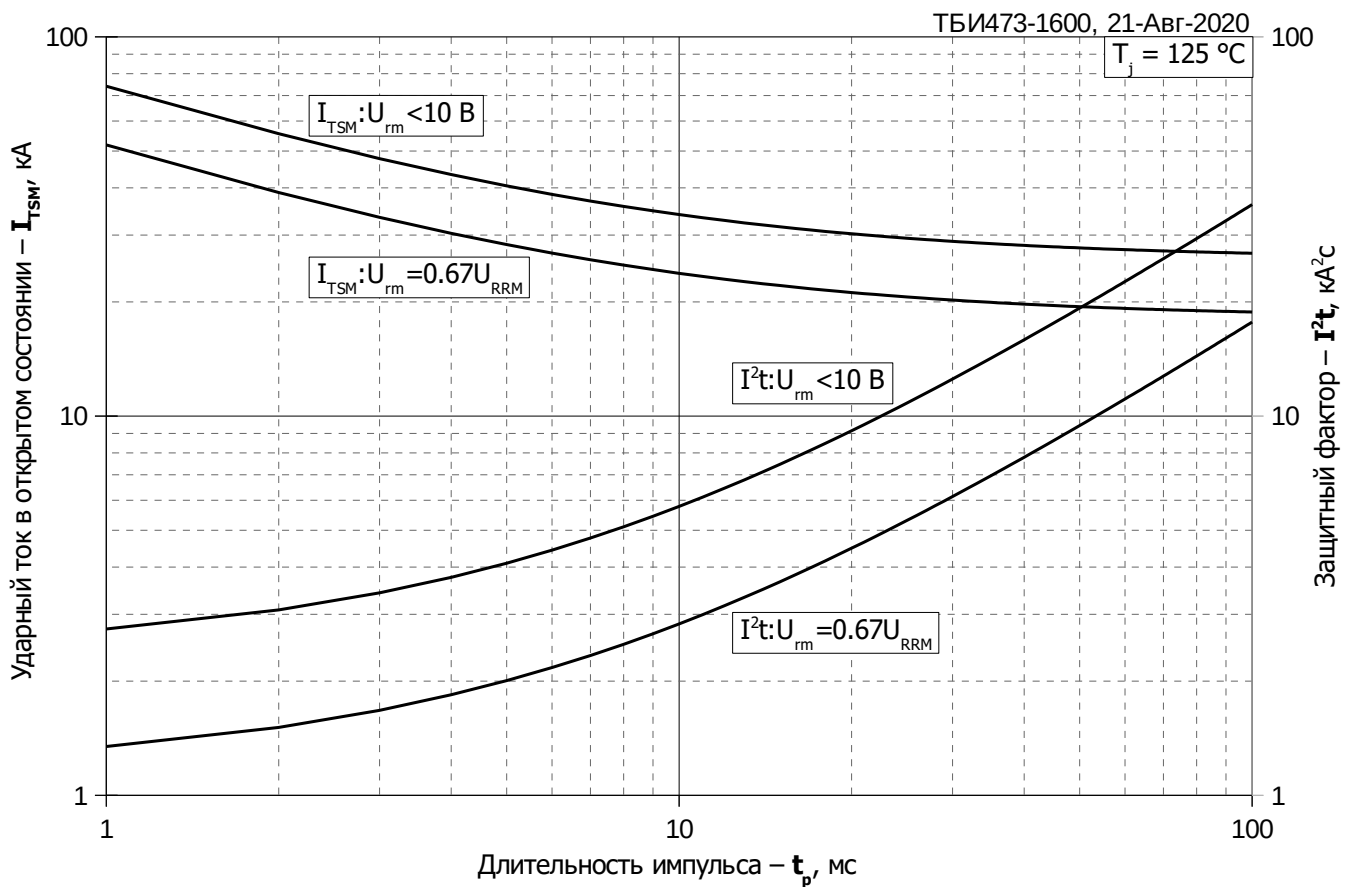
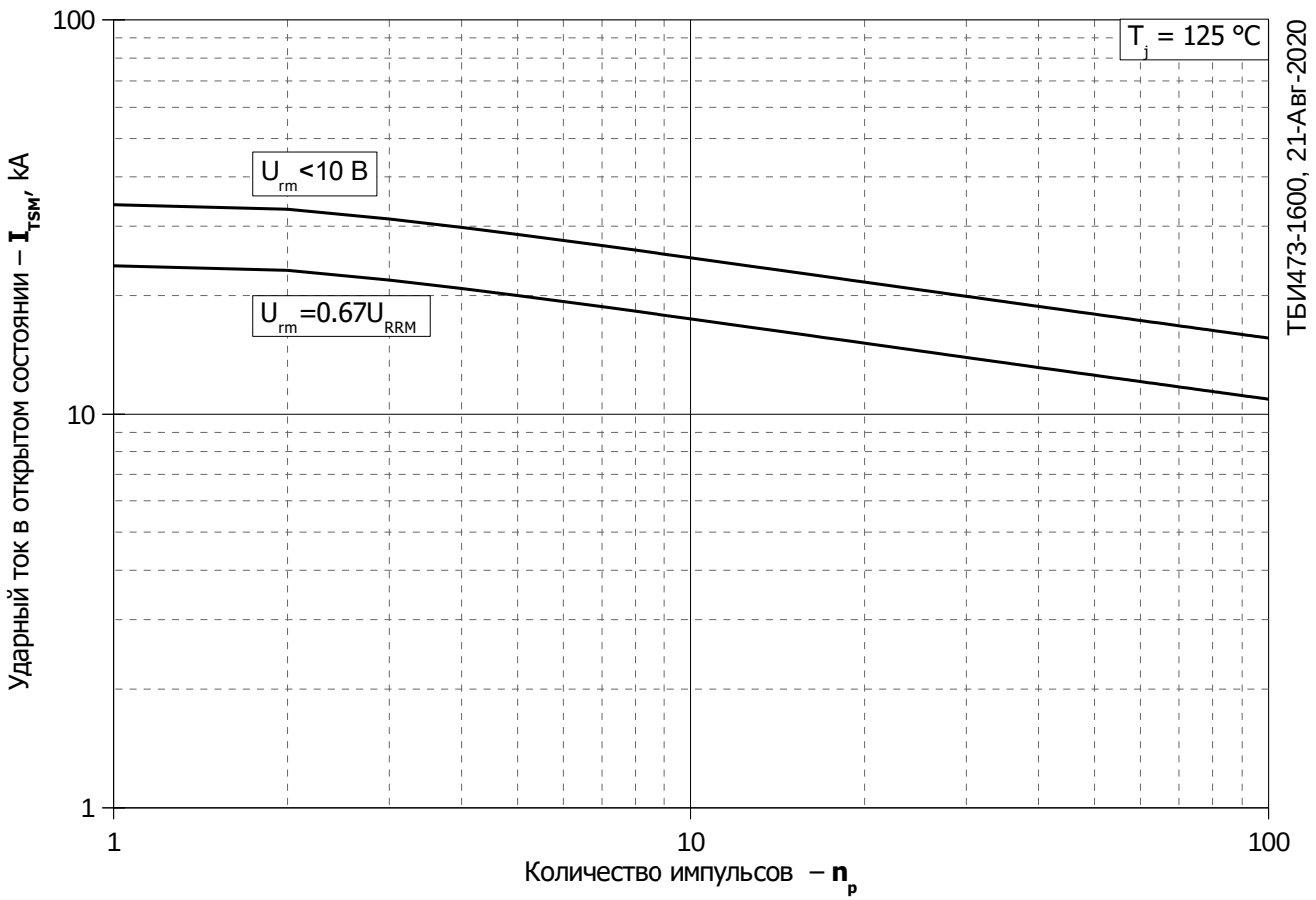


Рис. 26 – Максимальные ударные и  $I^2t$  характеристики



ТБИ473-1600, 21-Авг-2020

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