



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

Быстродействующий Импульсный Тиристор Тип ТБЧ133-400-12

Максимально допустимый средний ток в открытом состоянии	I_{TAV}	400 А		
Повторяющееся импульсное напряжение в закрытом состоянии	U_{DRM}	1000...1200 В		
Повторяющееся импульсное обратное напряжение	U_{RRM}			
Время выключения	t_q	5.00, 6.30, 8.00, 10.0 мкс		
$U_{DRM}, U_{RRM}, В$	1000	1100	1200	
Класс по напряжению	10	11	12	
$T_j, ^\circ C$	-60...+125			

ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ

Обозначение и наименование параметра		Ед. изм.	Значение	Условия измерения	
Параметры в проводящем состоянии					
I_{TAV}	Максимально допустимый средний ток в открытом состоянии	А	358 400 533	$T_c=85\text{ }^\circ C$; двухстороннее охлаждение; $T_c=78\text{ }^\circ C$; двухстороннее охлаждение; $T_c=55\text{ }^\circ C$; двухстороннее охлаждение; 180 эл. град. синус; 50 Гц	
I_{TRMS}	Действующий ток в открытом состоянии	А	628	$T_c=78\text{ }^\circ C$; двухстороннее охлаждение; 180 эл. град. синус; 50 Гц	
I_{TSM}	Ударный ток в открытом состоянии	кА	5.5 6.5	$T_j=T_{j\max}$ $T_j=25\text{ }^\circ C$	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
			6.0 7.0	$T_j=T_{j\max}$ $T_j=25\text{ }^\circ C$	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 показатель	A^2c10^3	150 210	$T_j=T_{j\max}$ $T_j=25\text{ }^\circ C$	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
			140 200	$T_j=T_{j\max}$ $T_j=25\text{ }^\circ C$	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

Блокирующие параметры				
U_{DRM}, U_{RRM}	Повторяющееся импульсное обратное напряжение и повторяющееся импульсное напряжение в закрытом состоянии	В	1000...1200	$T_{j\ min} < T_j < T_{j\ max}$; 180 эл. град. синус; 50 Гц; управление разомкнуто
U_{DSM}, U_{RSM}	Неповторяющееся импульсное обратное напряжение и неповторяющееся импульсное напряжение в закрытом состоянии	В	1100...1300	$T_{j\ min} < T_j < T_{j\ max}$; 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
Параметры управления				
I_{FGM}	Максимальный прямой ток управления	А	6	$T_j = T_{j\ max}$
U_{RGM}	Максимальное обратное напряжение управления	В	5	
P_G	Максимальная рассеиваемая мощность по управлению	Вт	3	$T_j = T_{j\ max}$ для постоянного тока управления
Параметры переключения				
$(di_T/dt)_{crit}$	Критическая скорость нарастания тока в открытом состоянии ($f=1\ Hz$)	А/мкс	2000	$T_j = T_{j\ max}$; $U_D = 0.67 \cdot U_{DRM}$; $I_{TM} = 900\ A$; Импульс управления: $I_G = I_{FGM}$; $U_G = 20\ В$; $t_{GP} = 50\ мкс$; $di_G/dt = 2\ A/мкс$
Тепловые параметры				
T_{stg}	Температура хранения	°С	-60...+50	
T_j	Температура р-п перехода	°С	-60...+125	
Механические параметры				
F	Монтажное усилие	кН	9.0...11.0	
a	Ускорение	м/с ²	50	В зажатом состоянии

ХАРАКТЕРИСТИКИ

Обозначение и наименование характеристики		Ед. изм.	Значение	Условия измерения
Характеристики в проводящем состоянии				
U_{TM}	Импульсное напряжение в открытом состоянии, макс	В	3.30	$T_j = 25\ ^\circ C$; $I_{TM} = 1256\ A$
$U_{T(ТО)}$	Пороговое напряжение, макс	В	1.775	$T_j = T_{j\ max}$; $0.5 \pi I_{TAV} < I_T < 1.5 \pi I_{TAV}$
r_T	Динамическое сопротивление в открытом состоянии, макс	МОм	1.155	
I_H	Ток удержания, макс	мА	500	$T_j = 25\ ^\circ C$; $U_D = 12\ В$; управление разомкнуто
Блокирующие характеристики				
I_{DRM}, I_{RRM}	Повторяющийся импульсный обратный ток и повторяющийся импульсный ток в закрытом состоянии, макс	мА	70	$T_j = T_{j\ max}$; $U_D = U_{DRM}$; $U_R = U_{RRM}$
$(du_D/dt)_{crit}$	Критическая скорость нарастания напряжения в закрытом состоянии ¹⁾ , мин	В/мкс	200, 320, 500, 1000, 1600, 2000, 2500	$T_j = T_{j\ max}$; $U_D = 0.67 \cdot U_{DRM}$; управление разомкнуто

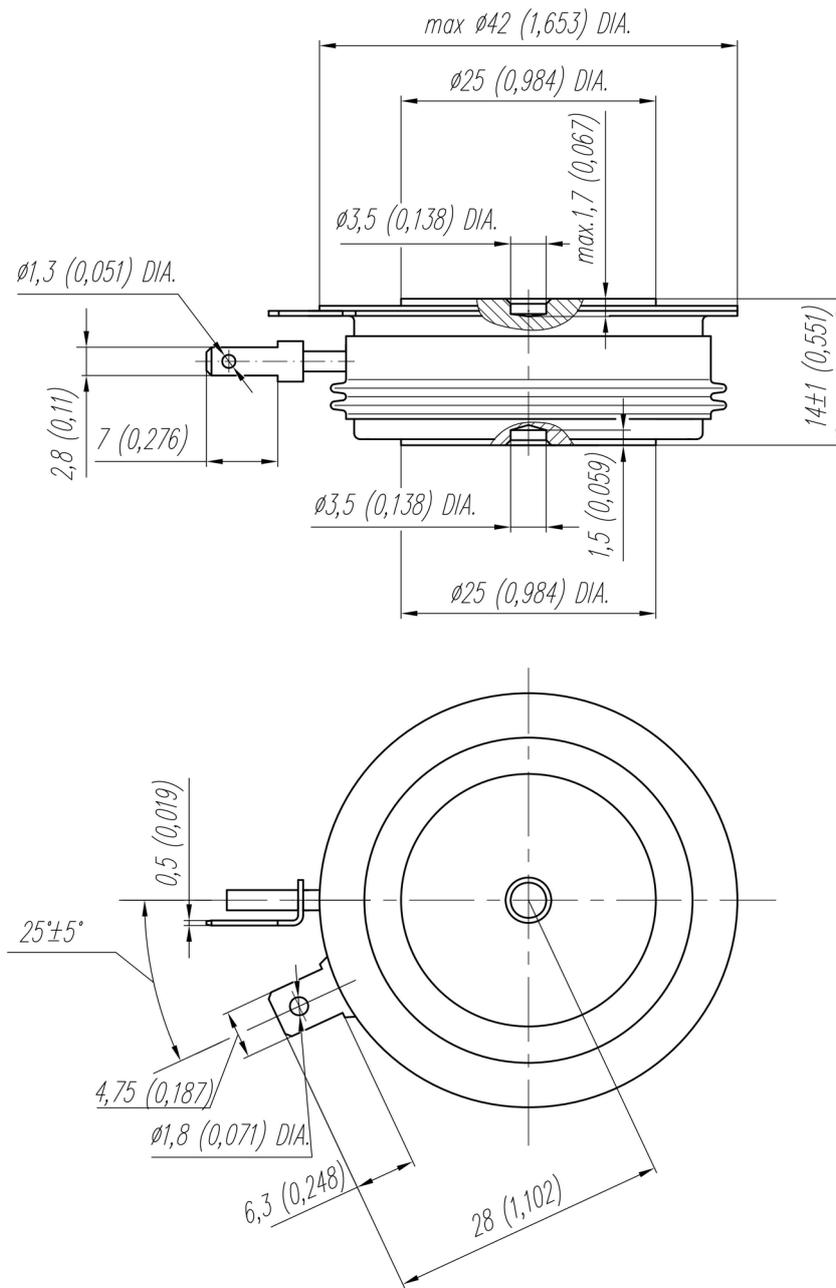
Характеристики управления					
U_{GT}	Отпирающее постоянное напряжение управления, макс	В	3.00 2.50 1.50	$T_j = T_{j \min}$ $T_j = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ $T_j = T_{j \max}$	$U_D = 12 \text{ В}; I_D = 3 \text{ А};$ Постоянный ток управления
I_{GT}	Отпирающий постоянный ток управления, макс	мА	500 300 150	$T_j = T_{j \min}$ $T_j = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ $T_j = T_{j \max}$	
U_{GD}	Неотпирающее постоянное напряжение управления, мин	В	0.40	$T_j = T_{j \max};$ $U_D = 0.67 \cdot U_{DRM};$	
I_{GD}	Неотпирающий постоянный ток управления, мин	мА	70.00	Постоянный ток управления	

Динамические характеристики					
t_{gd}	Время задержки включения, макс	мкс	0.70	$T_j = 25 \text{ }^\circ\text{C}; U_D = 600 \text{ В}; I_{TM} = I_{TAV};$ $di/dt = 200 \text{ А/мкс};$	
t_{gt}	Время включения ²⁾ , макс	мкс	1.25, 1.60, 2.00, 2.50	Импульс управления: $I_G = I_{FGM}; U_G = 20 \text{ В};$ $t_{GP} = 50 \text{ мкс}; di_G/dt = 2 \text{ А/мкс}$	
t_q	Время выключения ³⁾ , макс	мкс	5.00, 6.30, 8.00, 10.0	$du_D/dt = 50 \text{ В/мкс};$	$T_j = T_{j \max}; I_{TM} = I_{TAV};$ $di_R/dt = -10 \text{ А/мкс};$ $U_R = 100 \text{ В};$ $U_D = 0.67 U_{DRM}$
			6.30; 8.00, 10.00, 12.5	$du_D/dt = 200 \text{ В/мкс};$	
Q_{rr}	Заряд обратного восстановления, макс	мкКл	60	$T_j = T_{j \max}; I_{TM} = I_{TAV};$ $di_R/dt = -50 \text{ А/мкс};$ $U_R = 100 \text{ В}$	
t_{rr}	Время обратного восстановления, макс	мкс	1.85		
I_{rr}	Обратный ток восстановления, макс	А	65		

Тепловые характеристики					
R_{thjc}	Тепловое сопротивление р-п переход-корпус, макс	$^\circ\text{C/Вт}$	0.0400	Постоянный ток	Двухстороннее охлаждение
R_{thjc-A}			0.0880		Охлаждение со стороны анода
R_{thjc-K}			0.0720		Охлаждение со стороны катода
R_{thck}	Тепловое сопротивление корпус-охладитель, макс	$^\circ\text{C/Вт}$	0.0060	Постоянный ток	

Механические характеристики					
m	Масса, макс	г	85		
D_s	Длина пути тока утечки по поверхности	мм (дюйм)	10.3 (0.405)		
D_a	Длина пути тока утечки по воздуху	мм (дюйм)	6.3 (0.248)		

МАРКИРОВКА								ПРИМЕЧАНИЕ																							
ТБЧ	133	400	12	A2	A4	M4	УХЛ2	¹⁾ Критическая скорость нарастания напряжения в закрытом состоянии <table border="1"> <thead> <tr> <th>Обозначение группы</th> <th>P2</th> <th>K2</th> <th>E2</th> <th>A2</th> <th>T1</th> <th>P1</th> <th>M1</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>$(du_D/dt)_{crit}, \text{ В/мкс}$</td> <td>200</td> <td>320</td> <td>500</td> <td>1000</td> <td>1600</td> <td>2000</td> <td>2500</td> </tr> </tbody> </table>								Обозначение группы	P2	K2	E2	A2	T1	P1	M1	$(du_D/dt)_{crit}, \text{ В/мкс}$	200	320	500	1000	1600	2000	2500
Обозначение группы	P2	K2	E2	A2	T1	P1	M1																								
$(du_D/dt)_{crit}, \text{ В/мкс}$	200	320	500	1000	1600	2000	2500																								
1	2	3	4	5	6	7	8																								
1. Тиристор быстродействующий высокочастотный 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								²⁾ Время включения <table border="1"> <thead> <tr> <th>Обозначение группы</th> <th>X4</th> <th>T4</th> <th>P4</th> <th>M4</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>$t_{gt}, \text{ мкс}$</td> <td>1.25</td> <td>1.60</td> <td>2.00</td> <td>2.50</td> </tr> </tbody> </table>								Обозначение группы	X4	T4	P4	M4	$t_{gt}, \text{ мкс}$	1.25	1.60	2.00	2.50						
Обозначение группы	X4	T4	P4	M4																											
$t_{gt}, \text{ мкс}$	1.25	1.60	2.00	2.50																											
								³⁾ Время выключения ($du_D/dt = 50 \text{ В/мкс}$) <table border="1"> <thead> <tr> <th>Обозначение группы</th> <th>E4</th> <th>C4</th> <th>B4</th> <th>A4</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>$t_q, \text{ мкс}$</td> <td>5.00</td> <td>6.30</td> <td>8.00</td> <td>10.0</td> </tr> </tbody> </table>								Обозначение группы	E4	C4	B4	A4	$t_q, \text{ мкс}$	5.00	6.30	8.00	10.0						
Обозначение группы	E4	C4	B4	A4																											
$t_q, \text{ мкс}$	5.00	6.30	8.00	10.0																											



Все размеры в миллиметрах (дюймах)

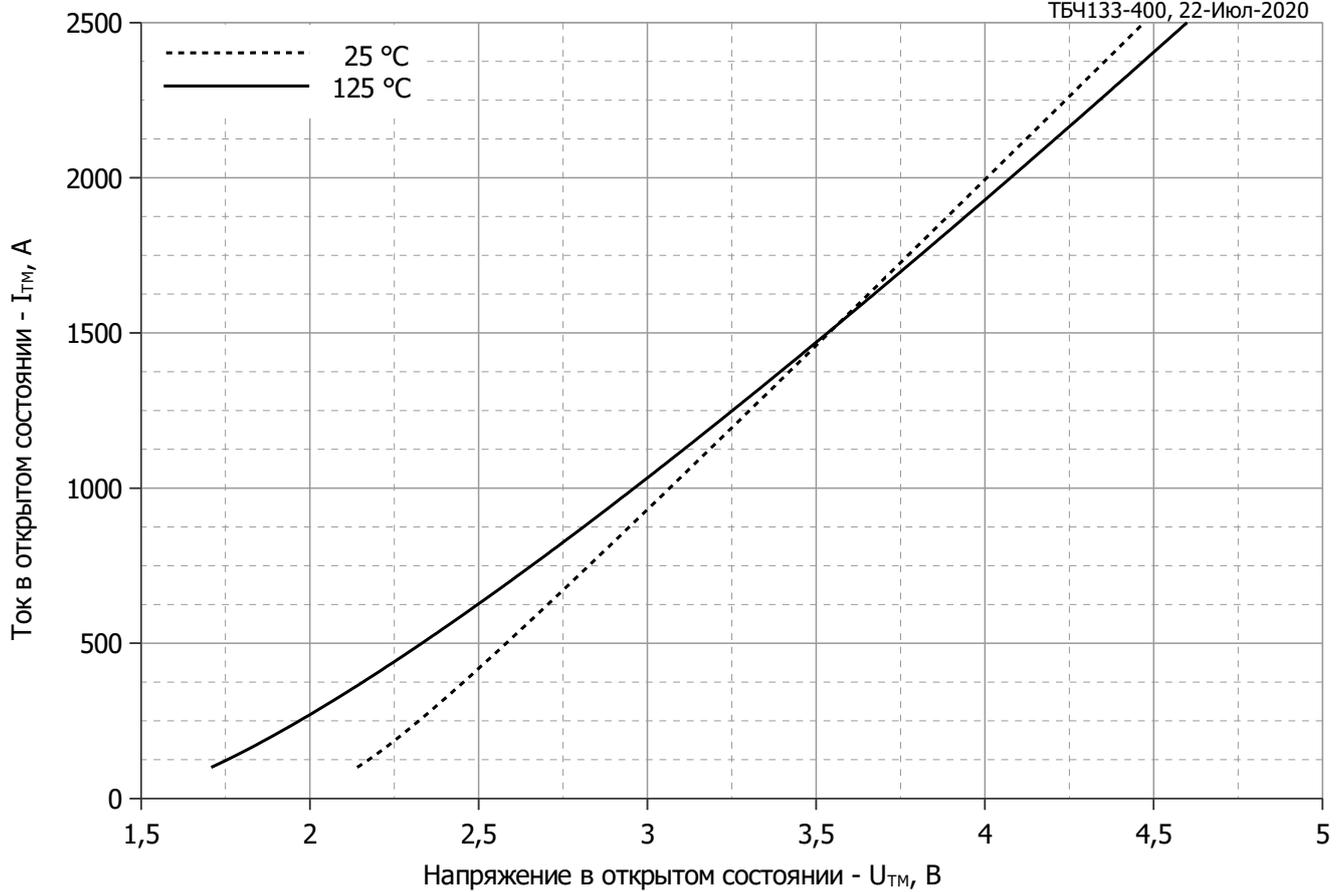


Рис. 1 – Предельная вольт – амперная характеристика в открытом состоянии

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	
	$T_j = 25^\circ\text{C}$	$T_j = T_{j\text{max}}$
A	1.76894707	1.45654520
B	0.00093748	0.00074239
C	0.06748631	-0.02625939
D	-0.00338307	0.02983140

Модель предельной вольт – амперной характеристики в открытом состоянии (см. Рис. 1)

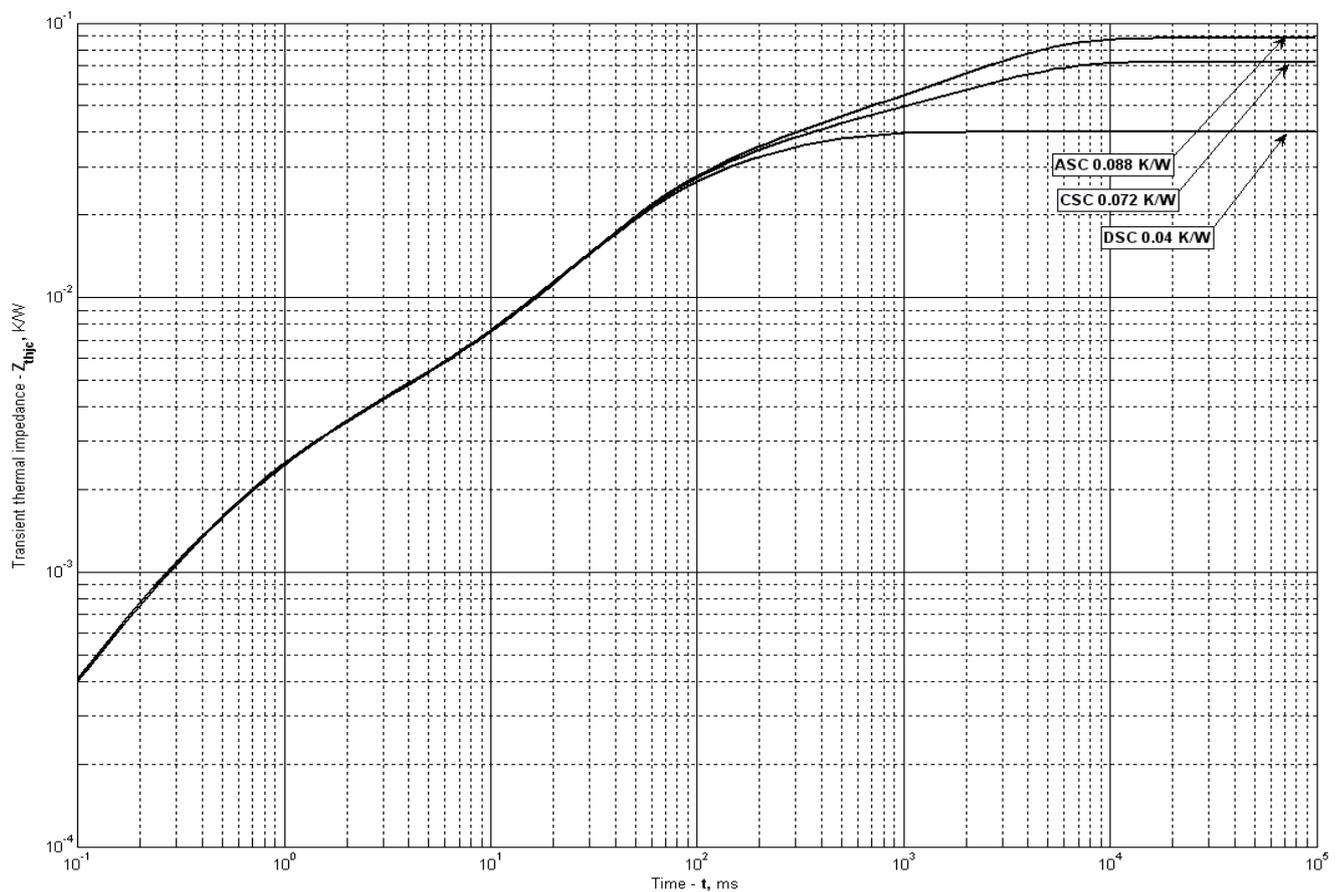


Рис. 2 – Зависимость переходного теплового сопротивления Z_{thjc} от времени t

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, τ_i = расчетные коэффициенты, приведенные в таблице.

Постоянный ток, двустороннее охлаждение

i	1	2	3	4	5	6
$R_i, K/W$	0.01423	0.01906	0.003576	0.002535	-4.666e-005	0.0006479
$\tau_{i, s}$	0.265	0.05901	0.03499	0.001252	0.000001	0.0002488

Постоянный ток, охлаждение со стороны катода

i	1	2	3	4	5	6
$R_i, K/W$	0.04804	0.001789	0.01342	0.02147	0.001374	0.001945
$\tau_{i, s}$	2.651	0.4195	0.2622	0.05451	0.002585	0.0005847

Постоянный ток, охлаждение со стороны анода

i	1	2	3	4	5	6
$R_i, K/W$	0.03216	0.01306	0.002934	0.02064	0.001493	0.001786
$\tau_{i, s}$	2.647	0.2831	0.1455	0.05284	0.002255	0.0005519

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

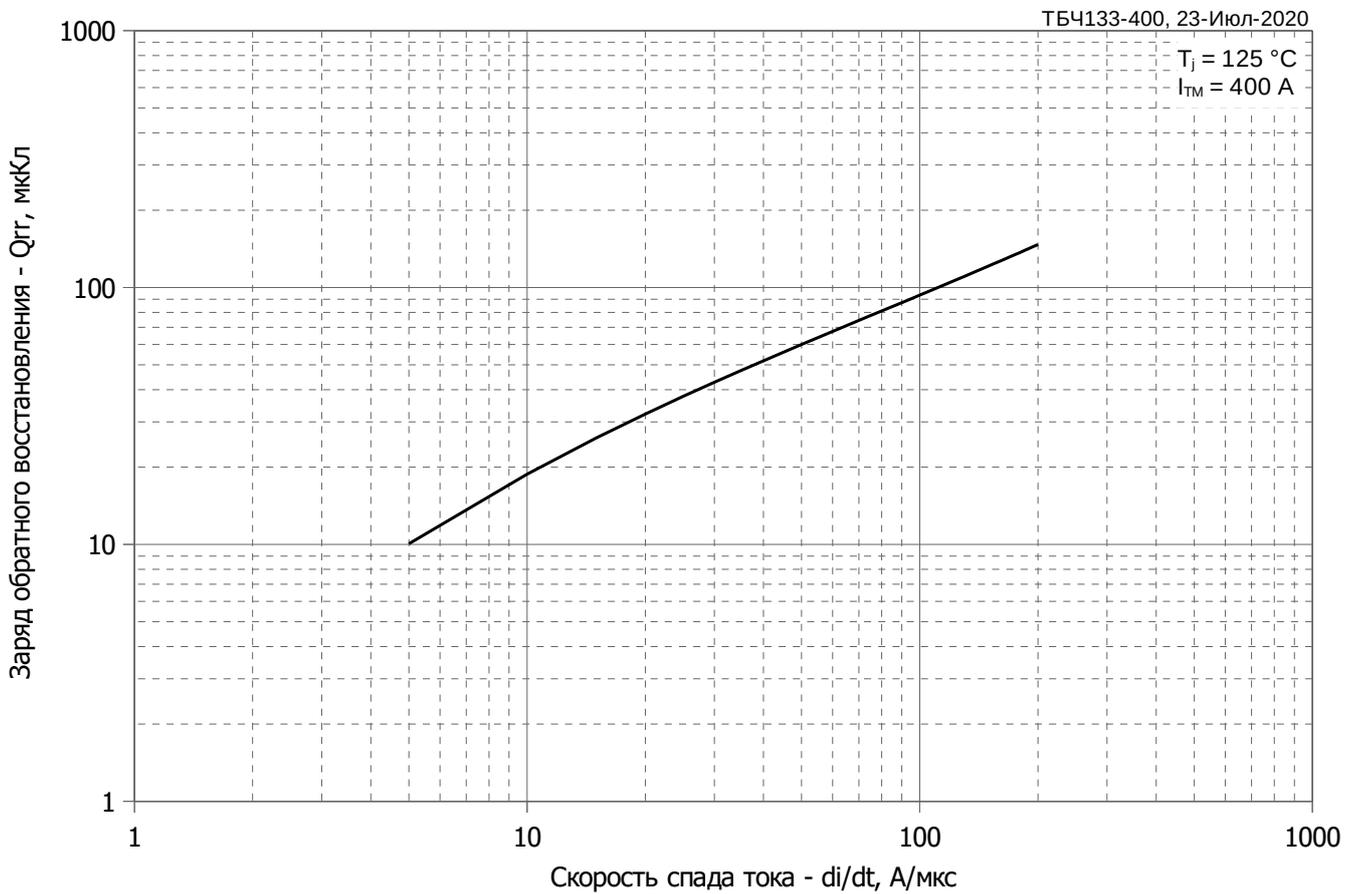


Рис. 3 – Зависимость максимального заряда обратного восстановления Q_{rr} от скорости спада тока di_R/dt (по ГОСТ 24461, хорда 25%) в открытом состоянии

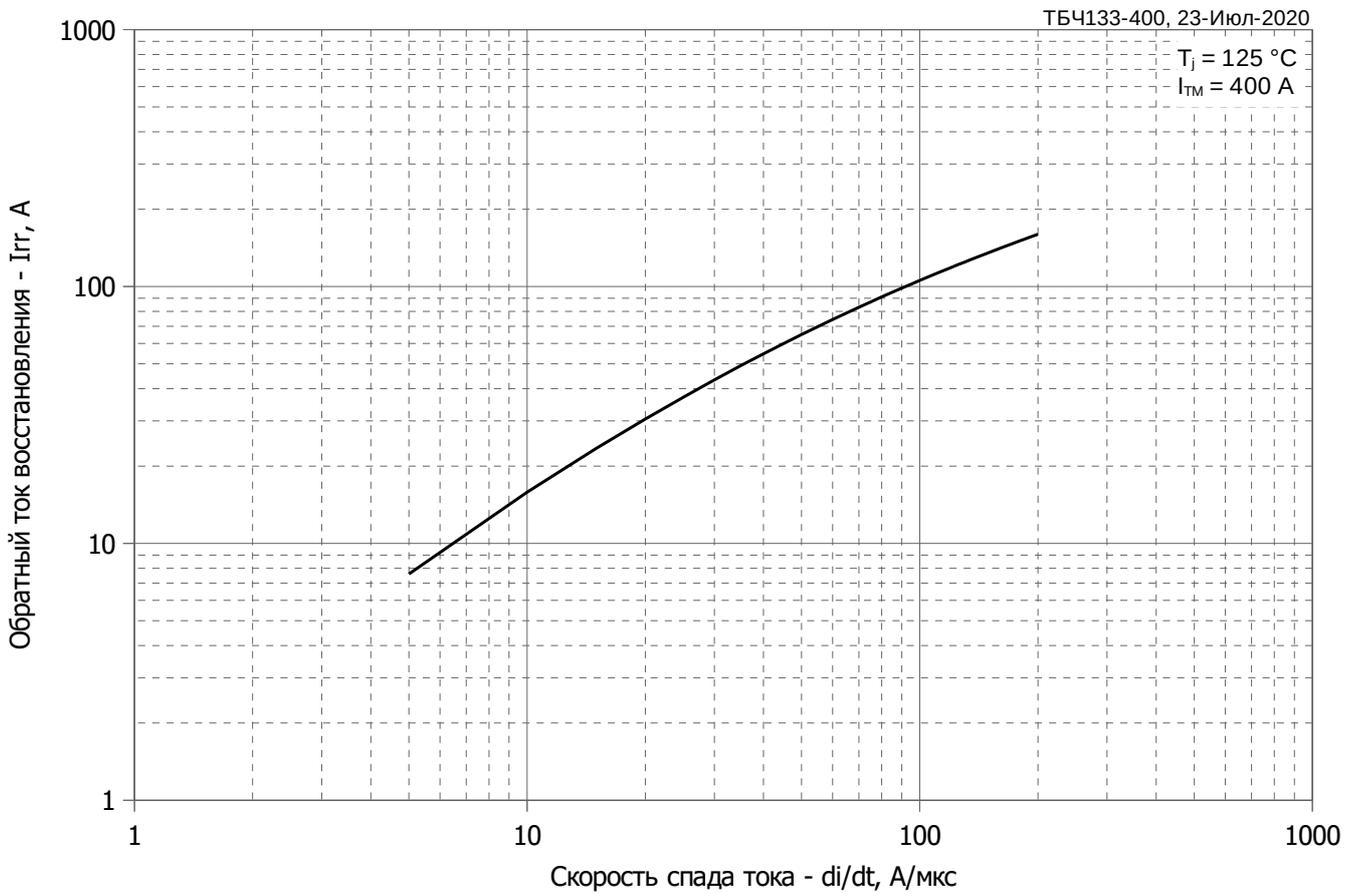


Рис. 4 – Зависимость максимального обратного тока восстановления I_{rr} от скорости спада тока di_R/dt в открытом состоянии

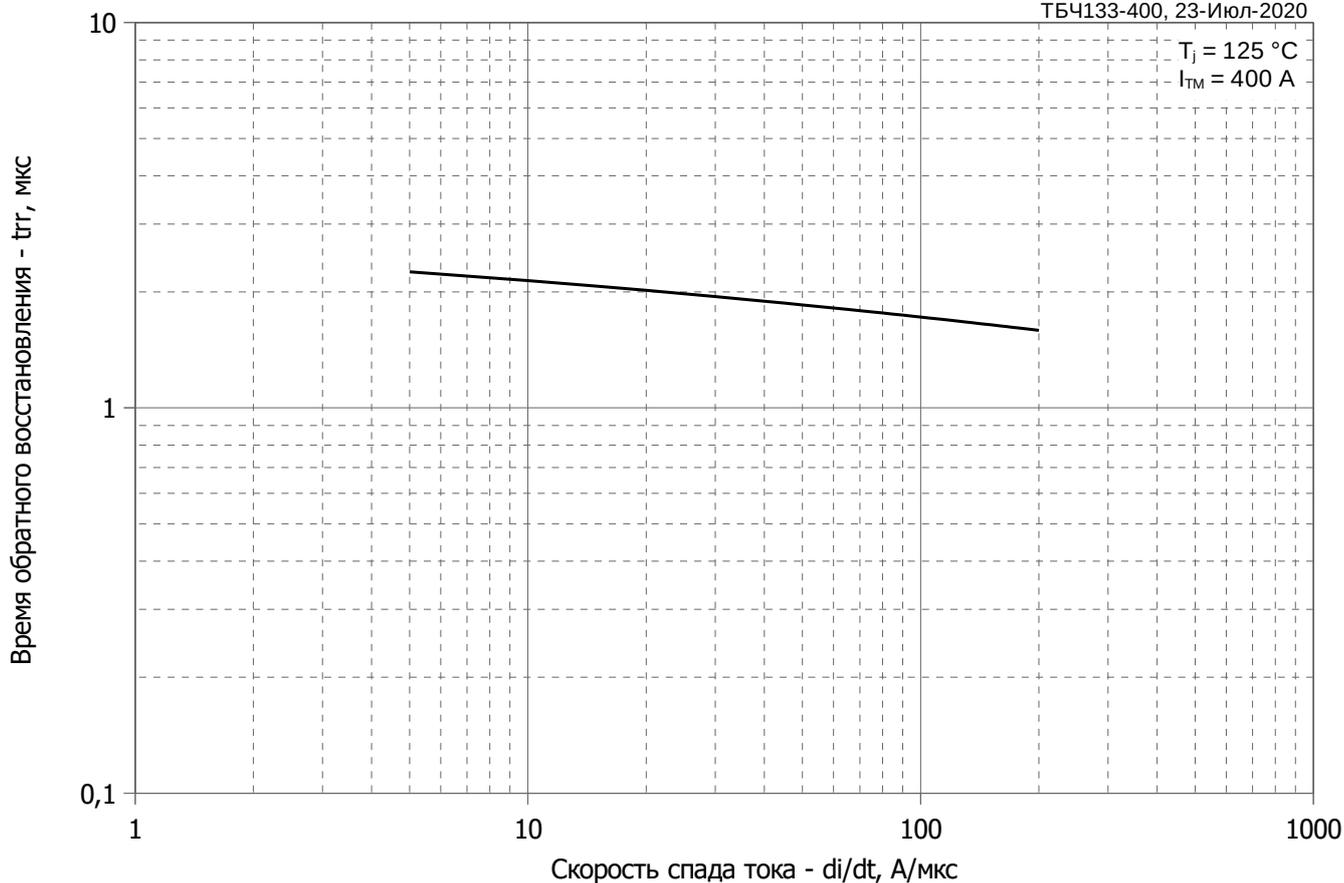
$T_j = 125\text{ }^\circ\text{C}$
 $I_{TM} = 400\text{ A}$


Рис. 5 - Зависимость максимального времени обратного восстановления t_{rr} от скорости спада тока di_R/dt (по ГОСТ 24461, хорда 25%) в открытом состоянии

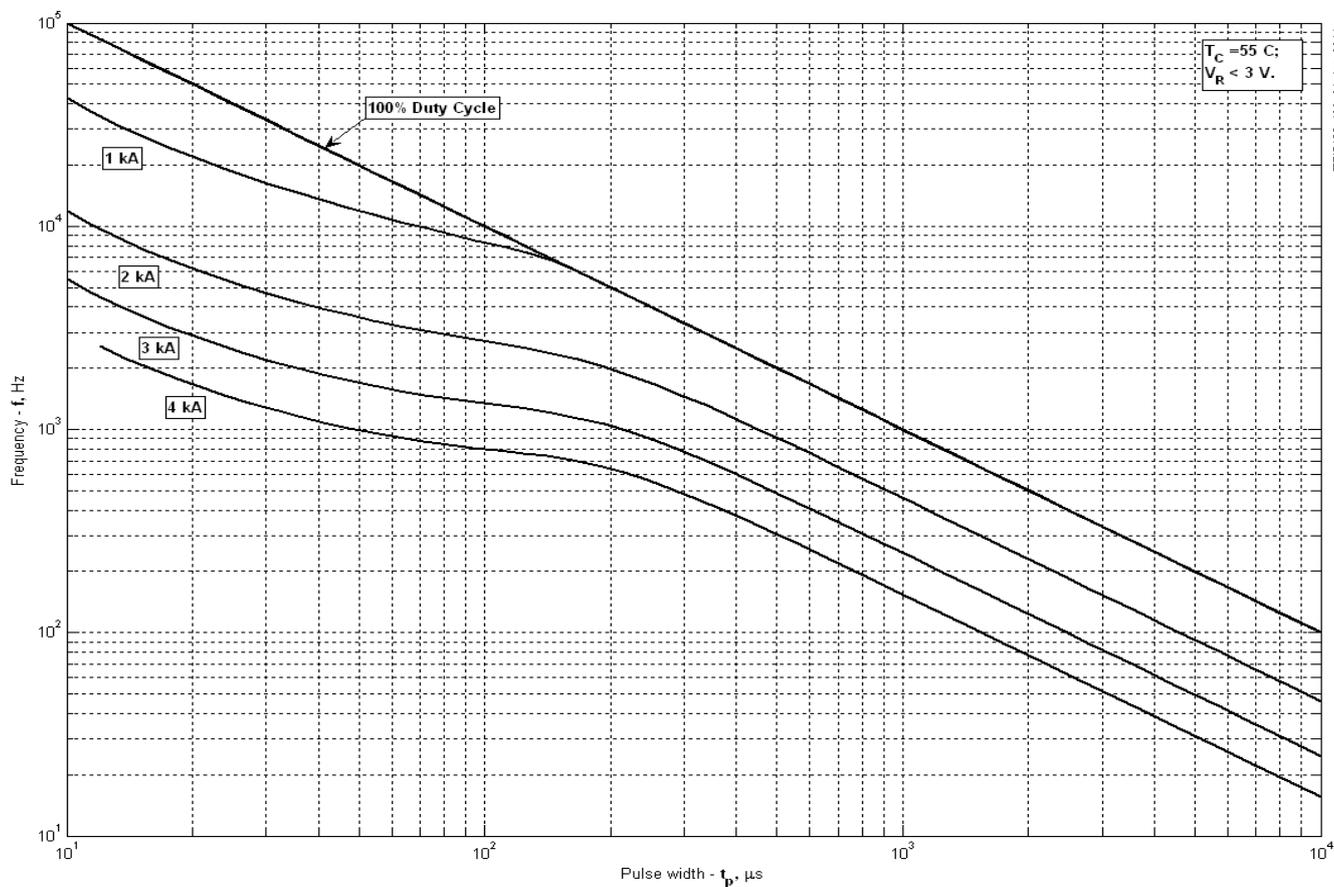


Рис. 6 - Зависимость частоты синусоидальных импульсов тока от длительности импульсов

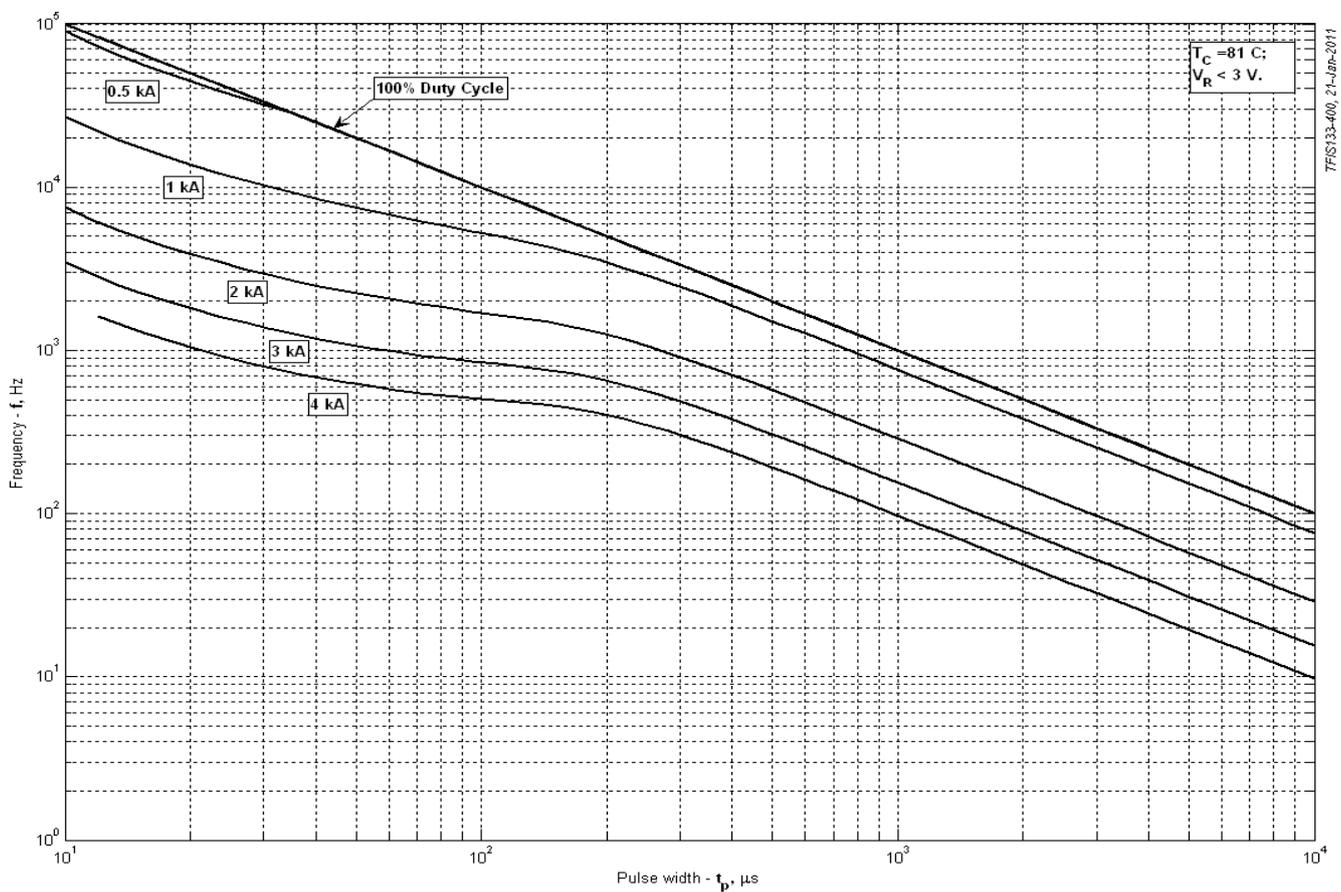


Рис. 7 - Зависимость частоты синусоидальных импульсов тока от длительности импульсов

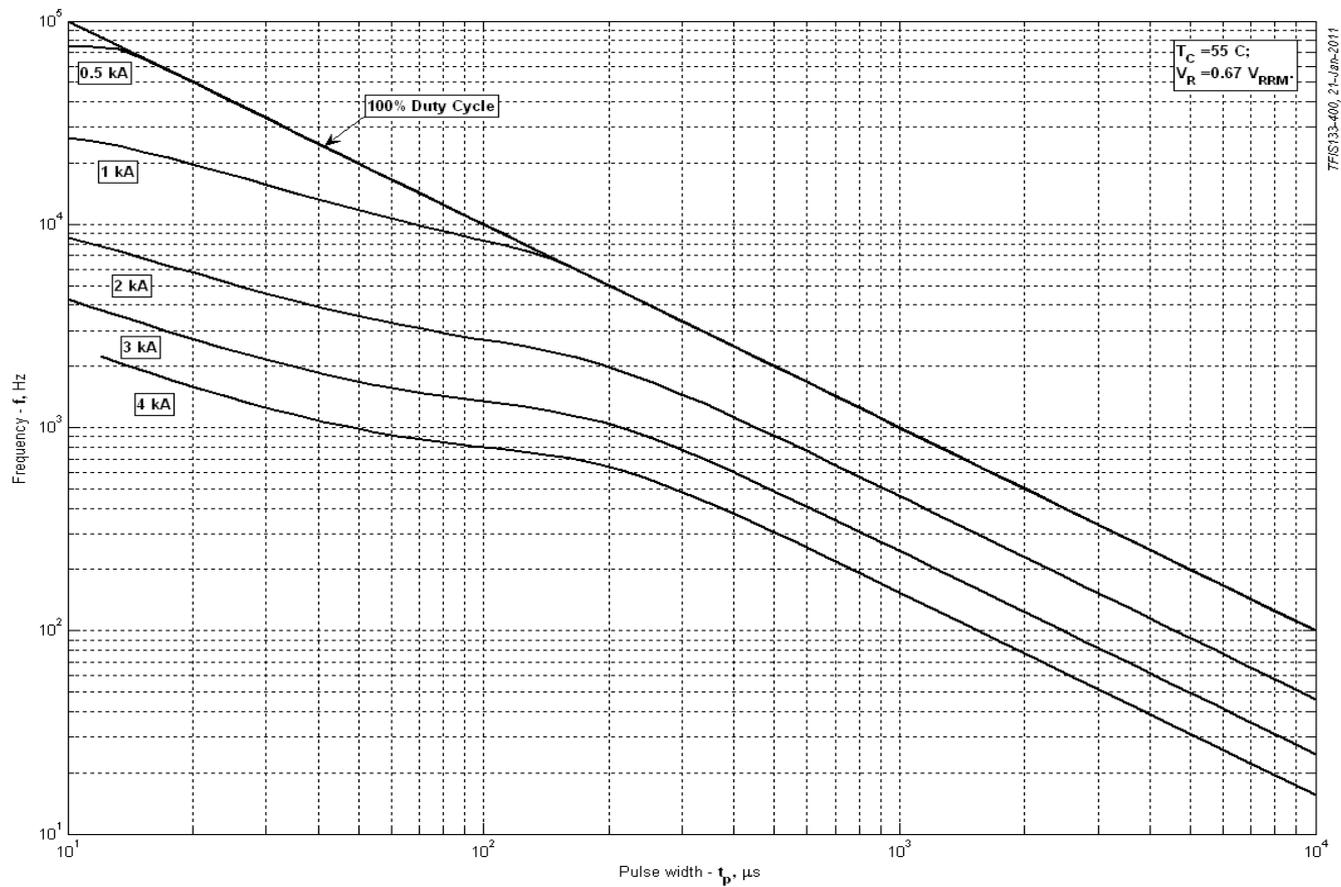


Рис. 8 - Зависимость частоты синусоидальных импульсов тока от длительности импульсов

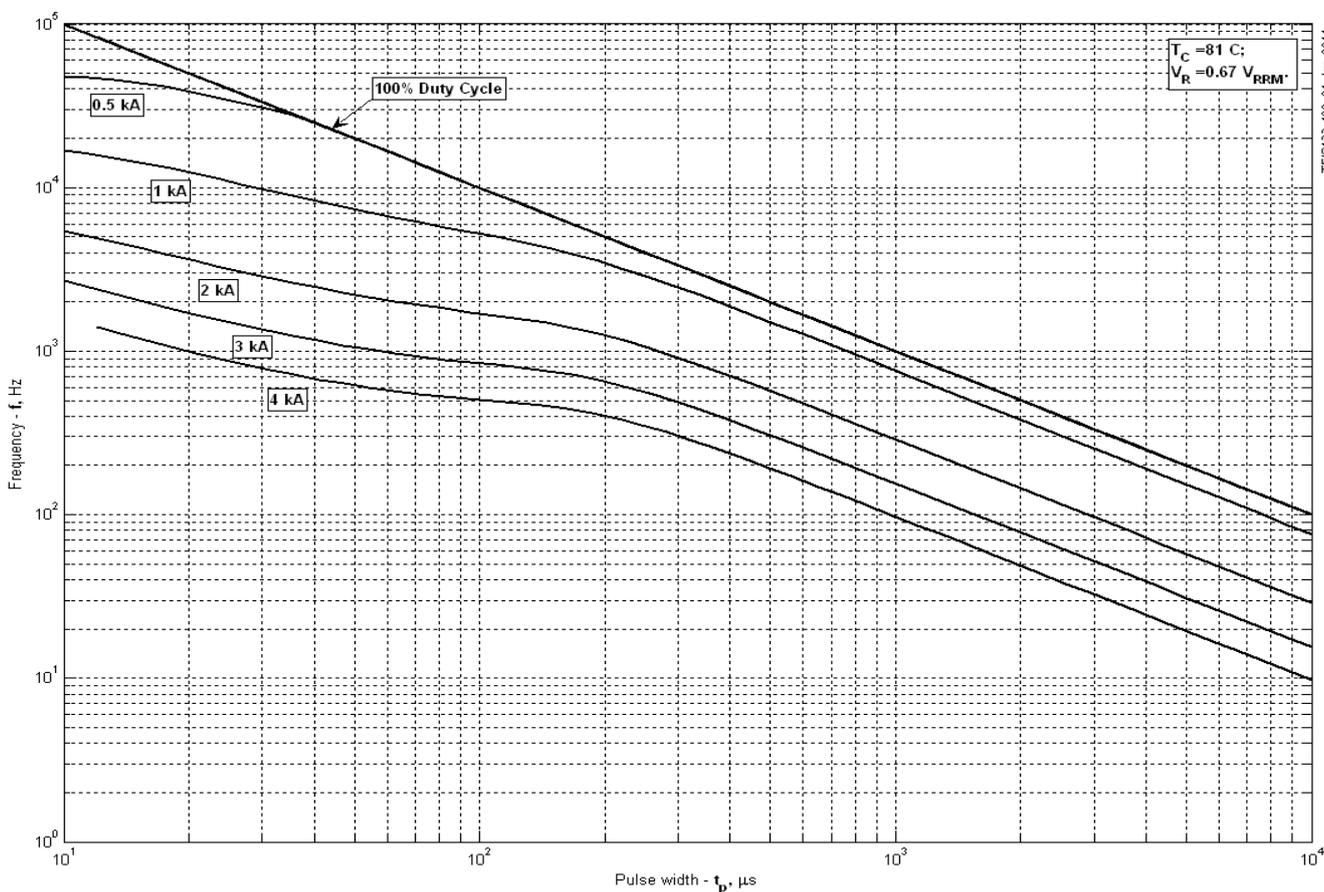


Рис. 9 - Зависимость частоты синусоидальных импульсов тока от длительности импульсов

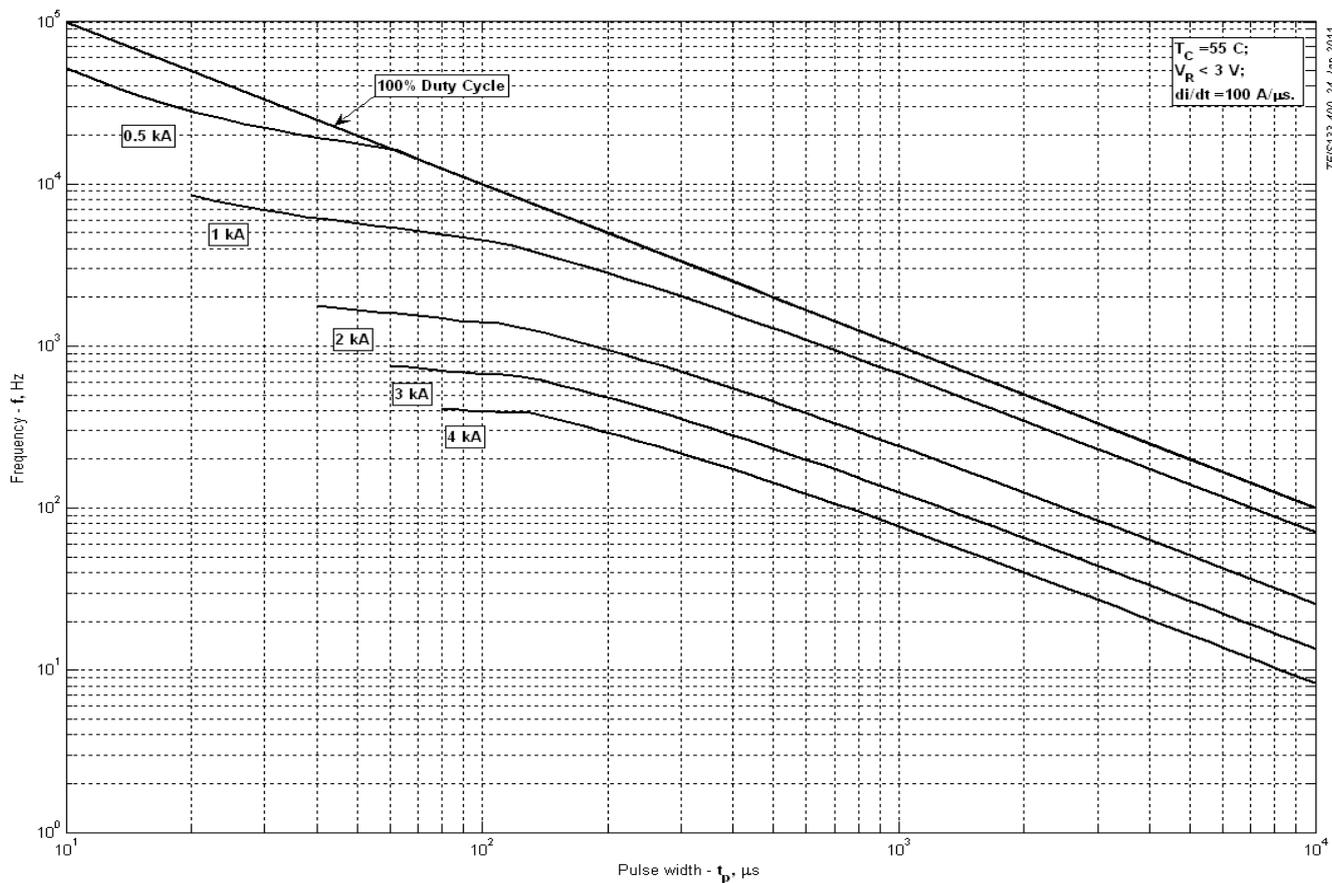


Рис. 10 - Зависимость частоты прямоугольных импульсов тока от длительности импульсов

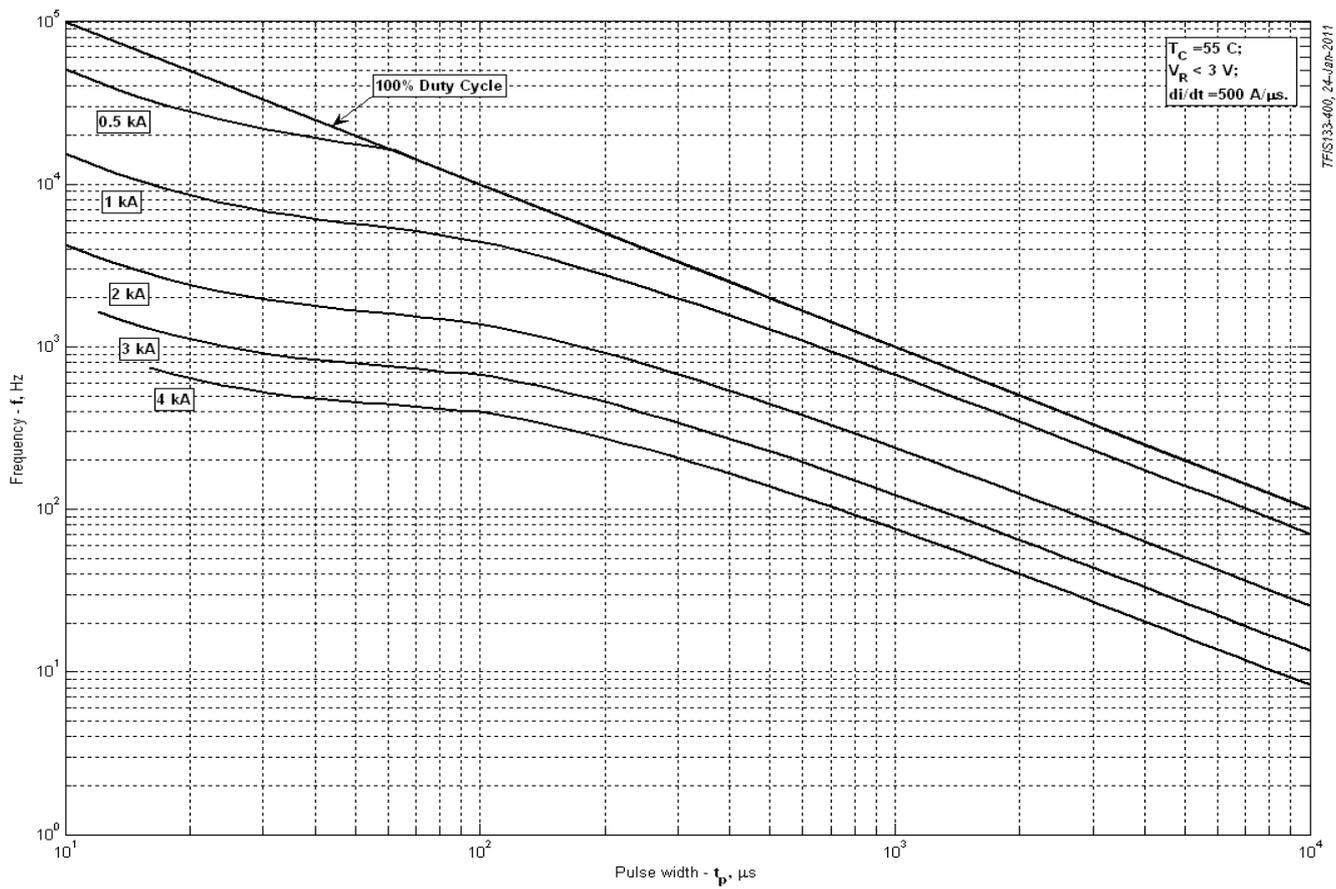


Рис. 11 - Зависимость частоты прямоугольных импульсов тока от длительности импульсов

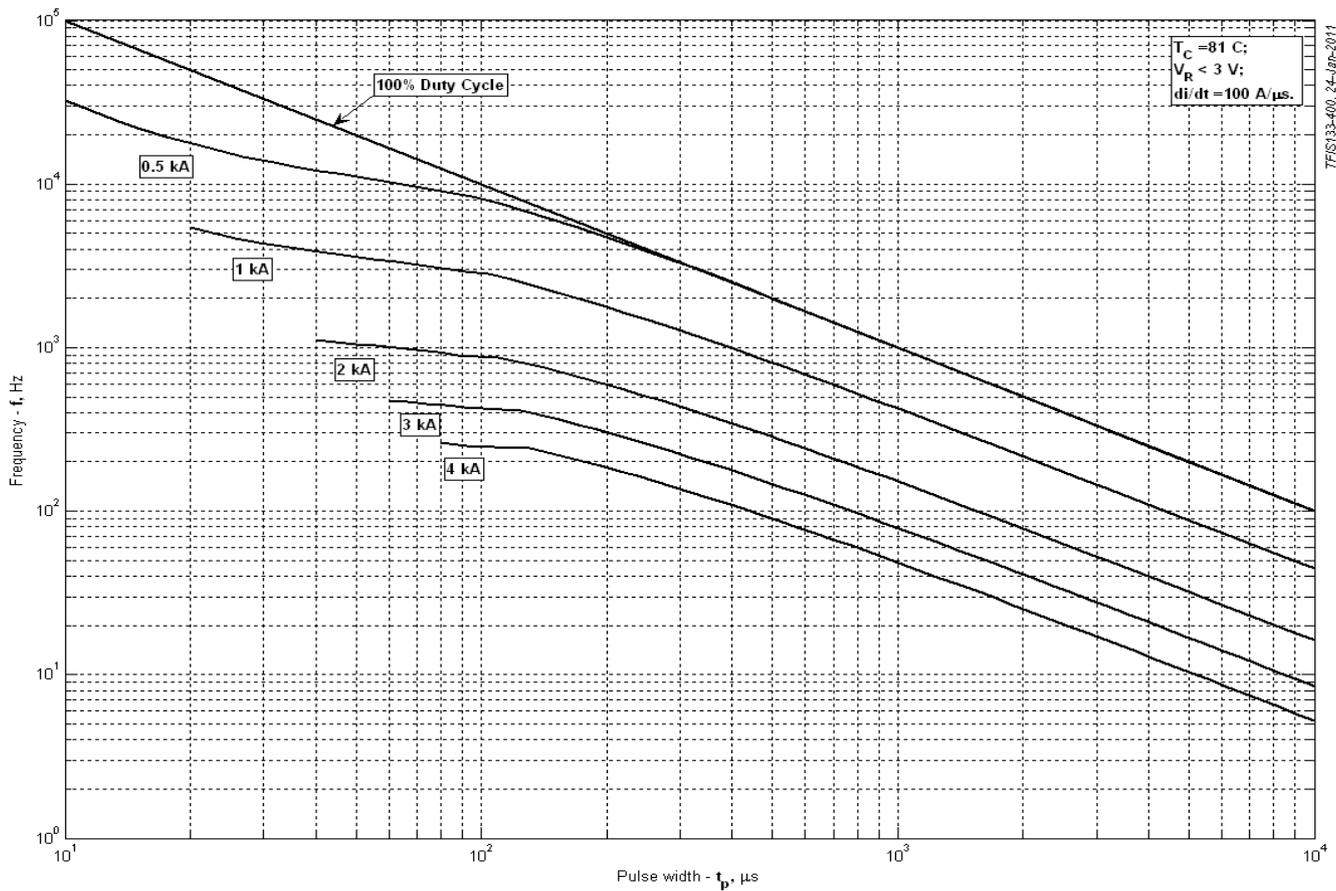


Рис. 12 - Зависимость частоты прямоугольных импульсов тока от длительности импульсов

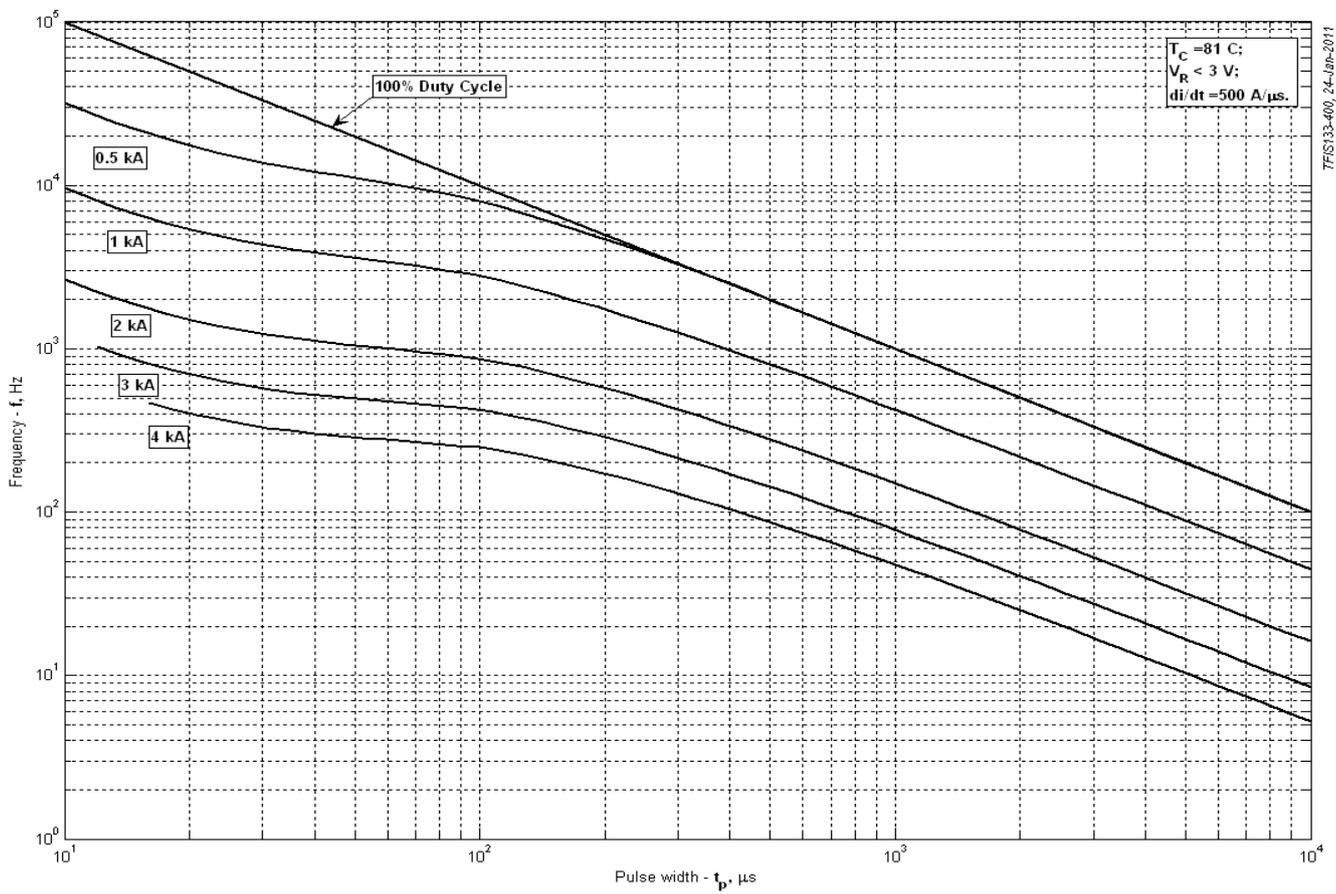


Рис. 13 - Зависимость частоты прямоугольных импульсов тока от длительности импульсов

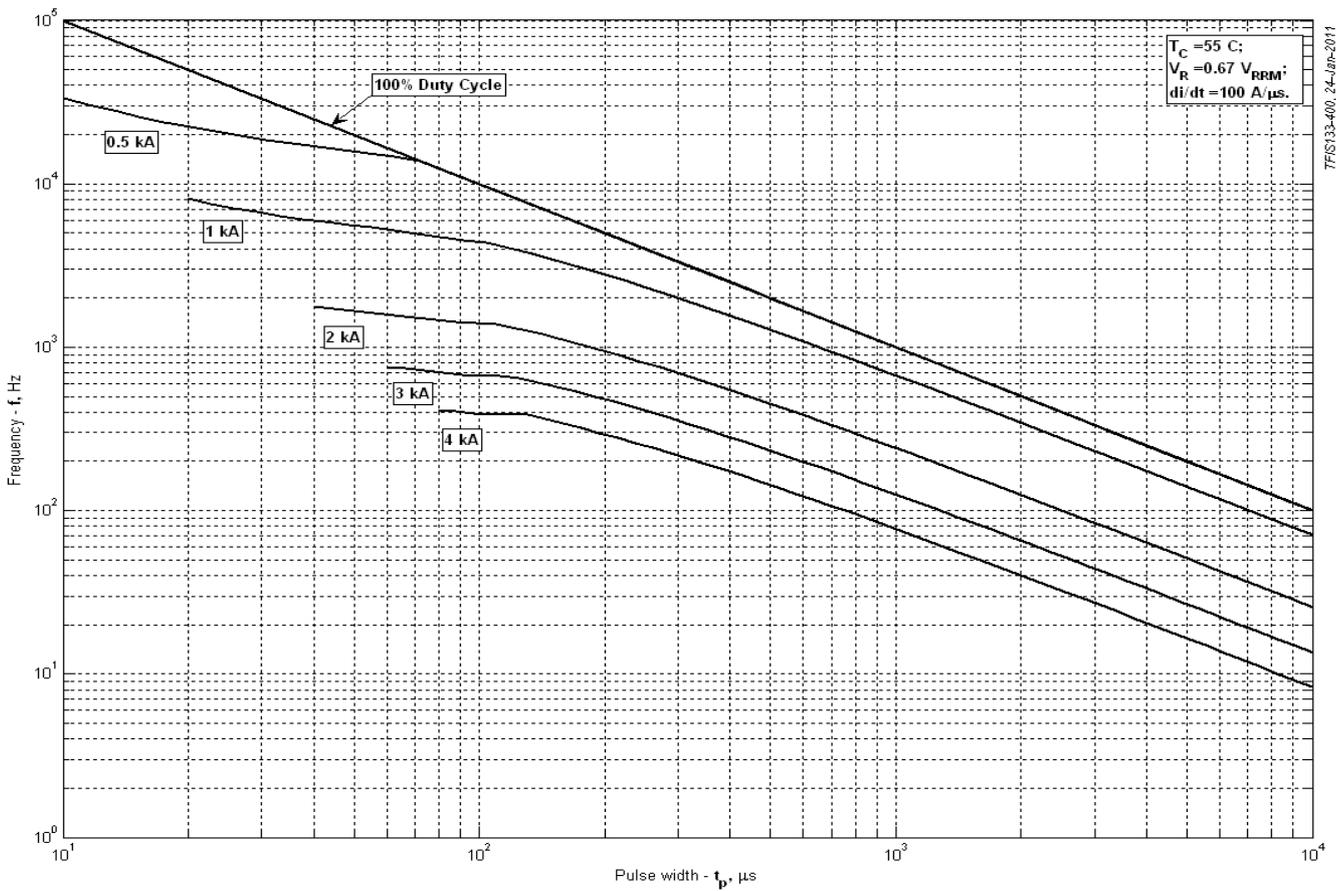


Рис. 14 - Зависимость частоты прямоугольных импульсов тока от длительности импульсов

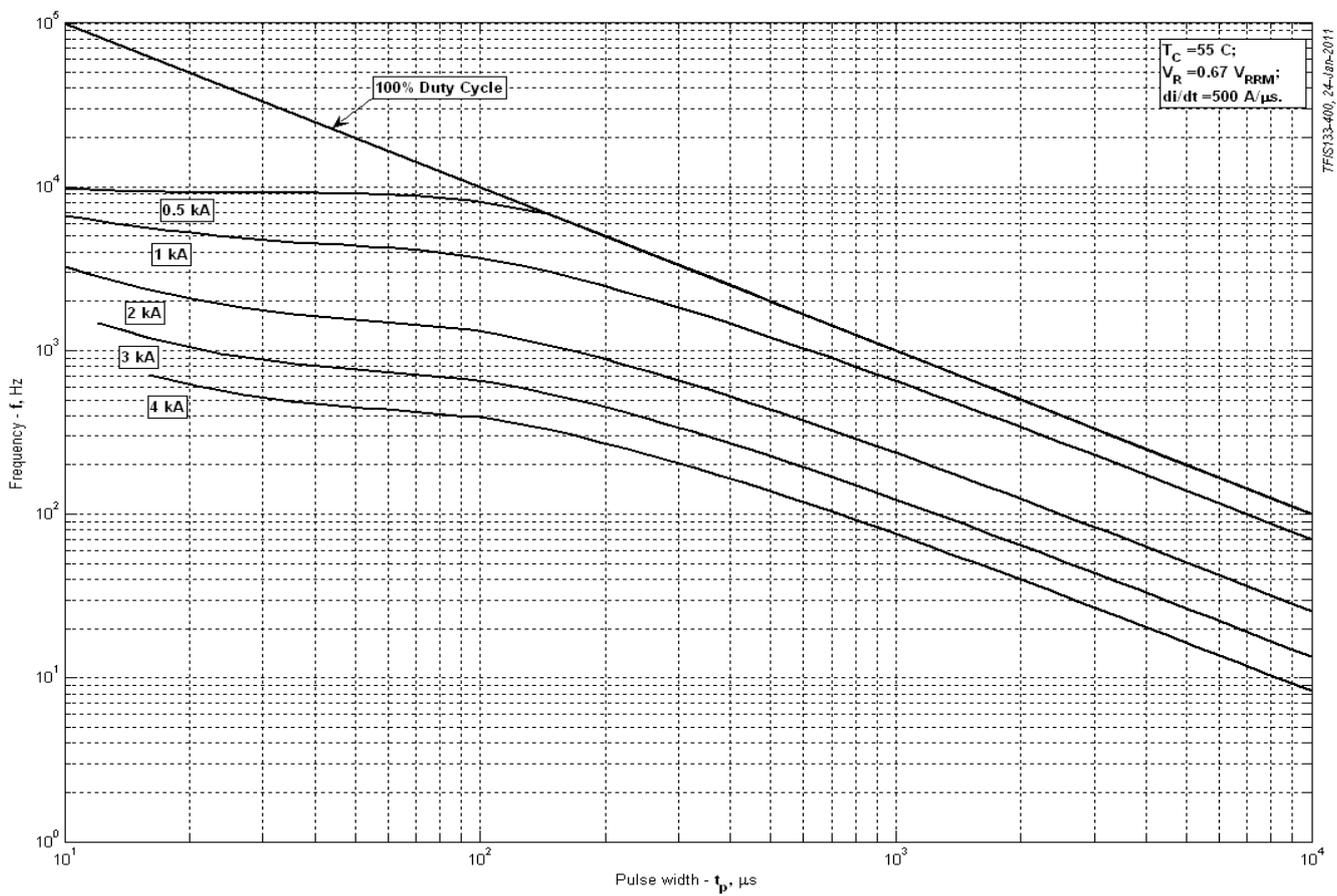


Рис. 15 - Зависимость частоты прямоугольных импульсов тока от длительности импульсов

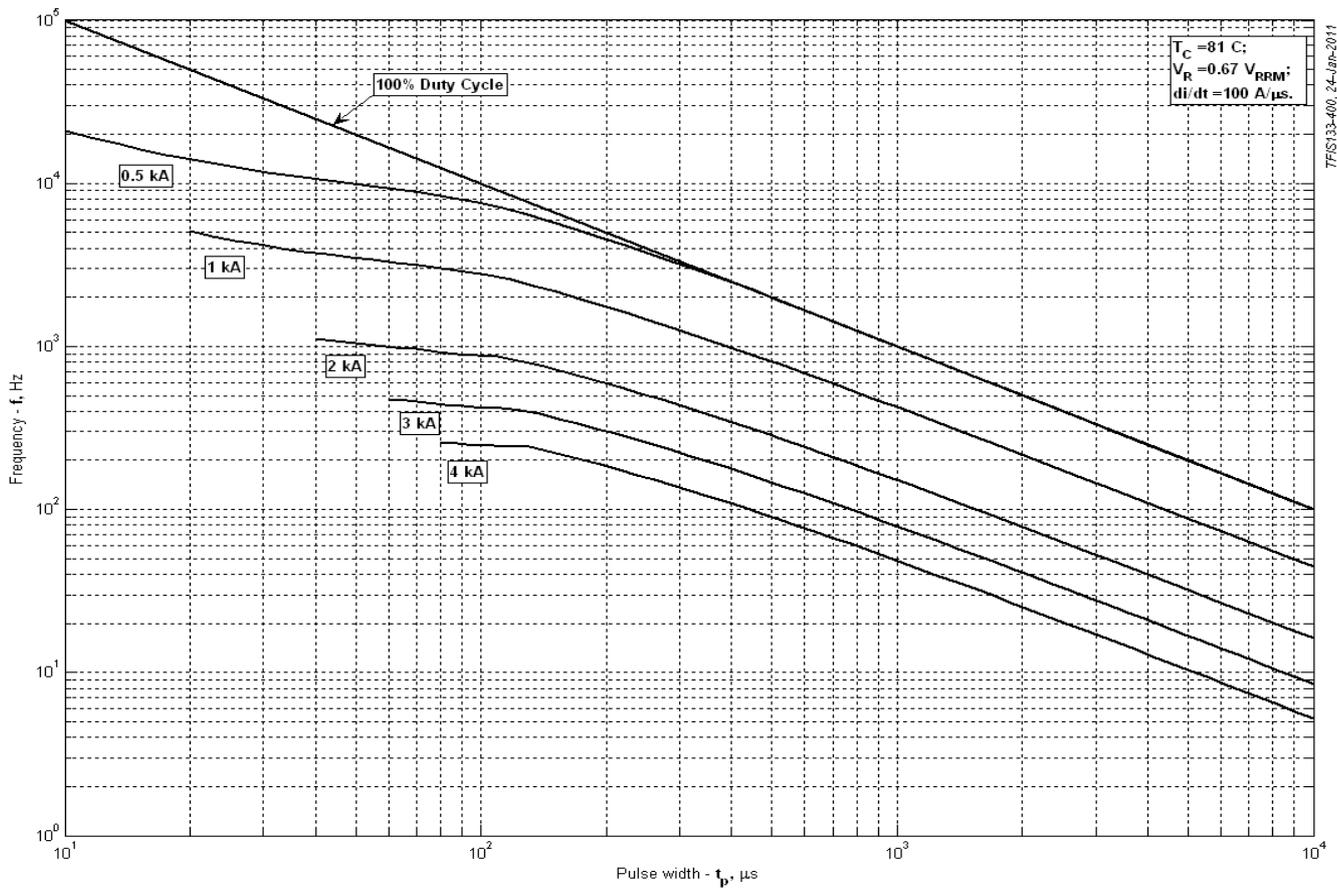


Рис. 16 - Зависимость частоты прямоугольных импульсов тока от длительности импульсов

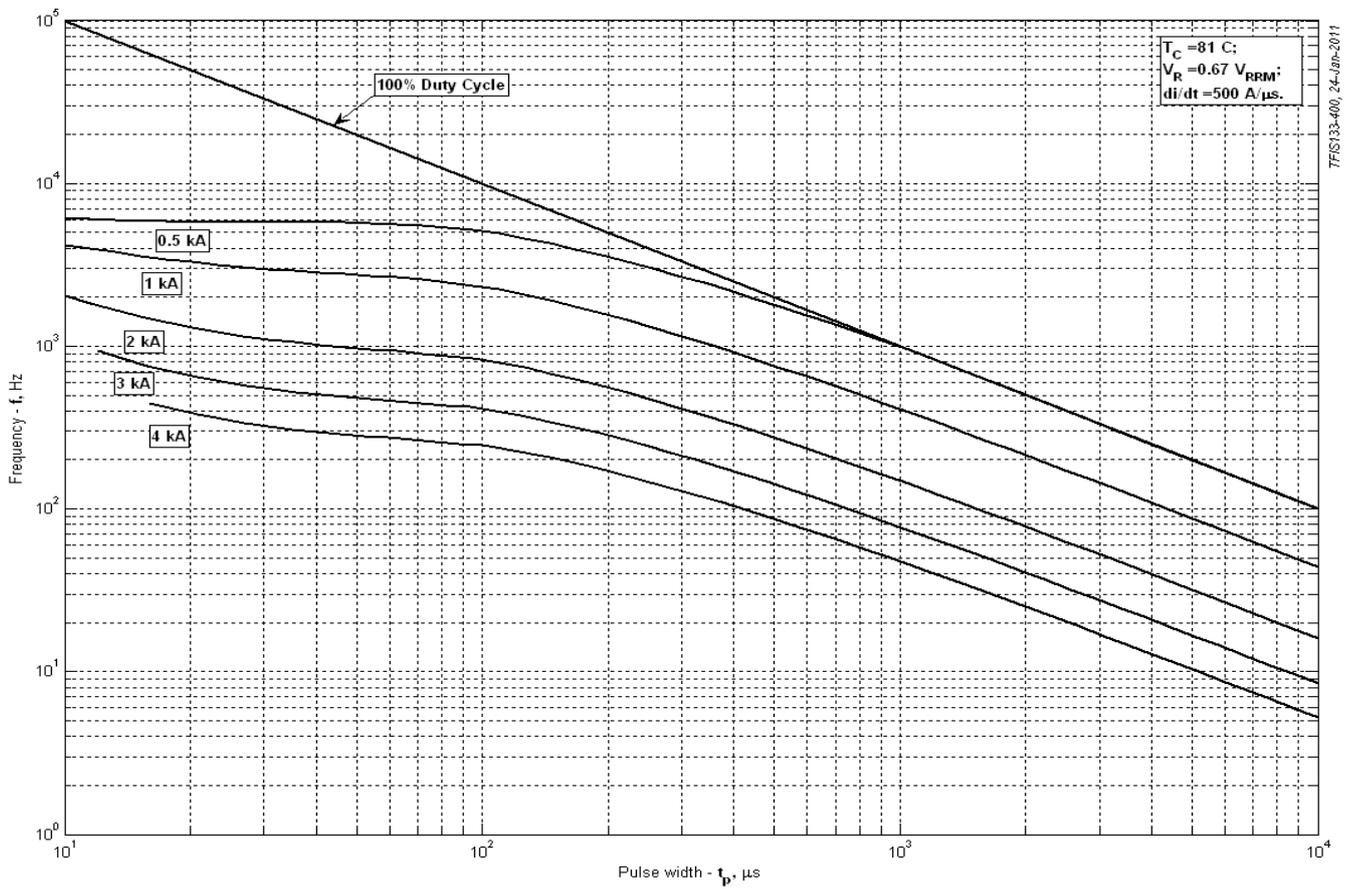


Рис. 17 - Зависимость частоты прямоугольных импульсов тока от длительности импульсов

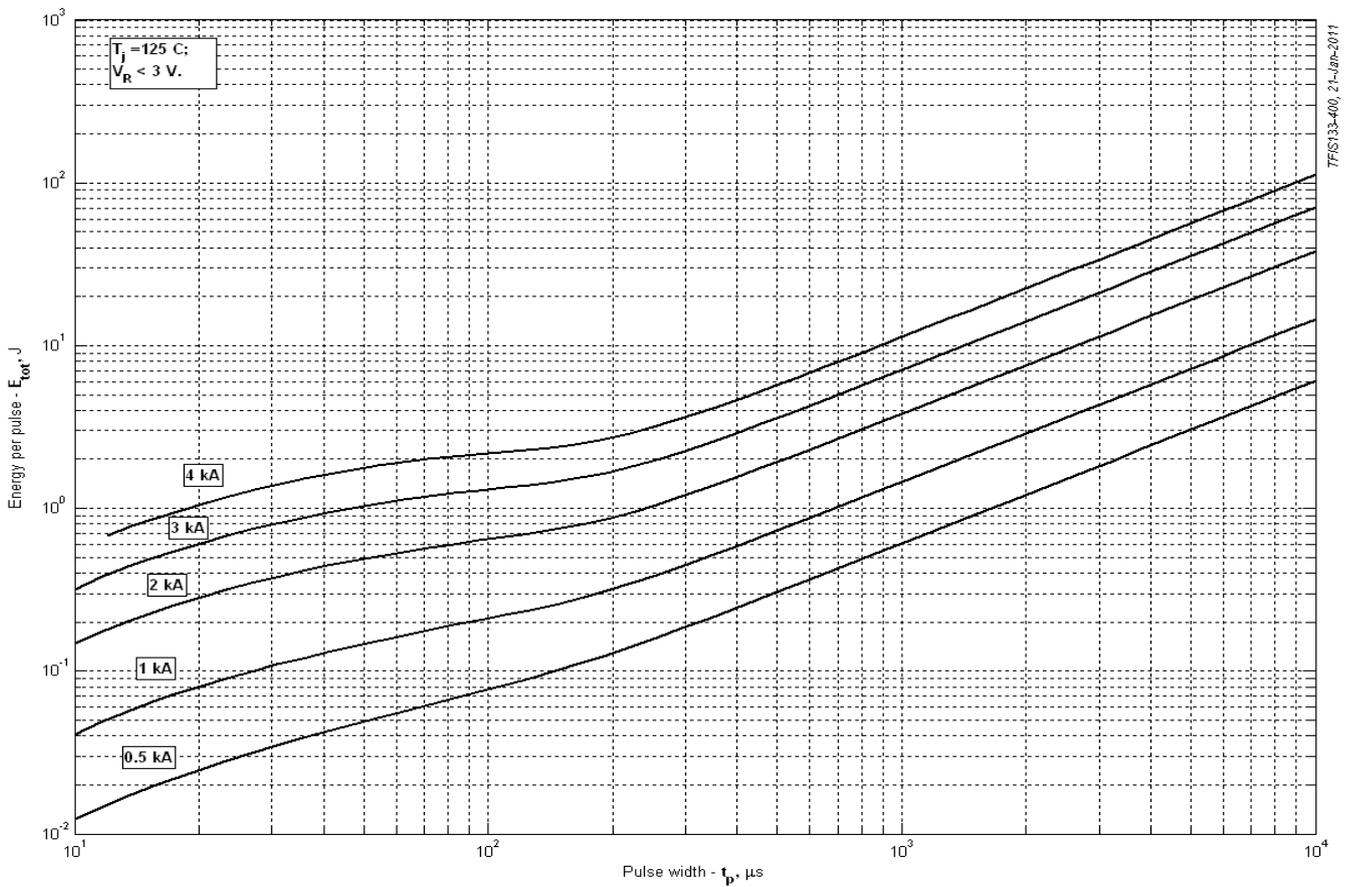


Рис. 18 – Энергия потерь одного синусоидального импульса тока

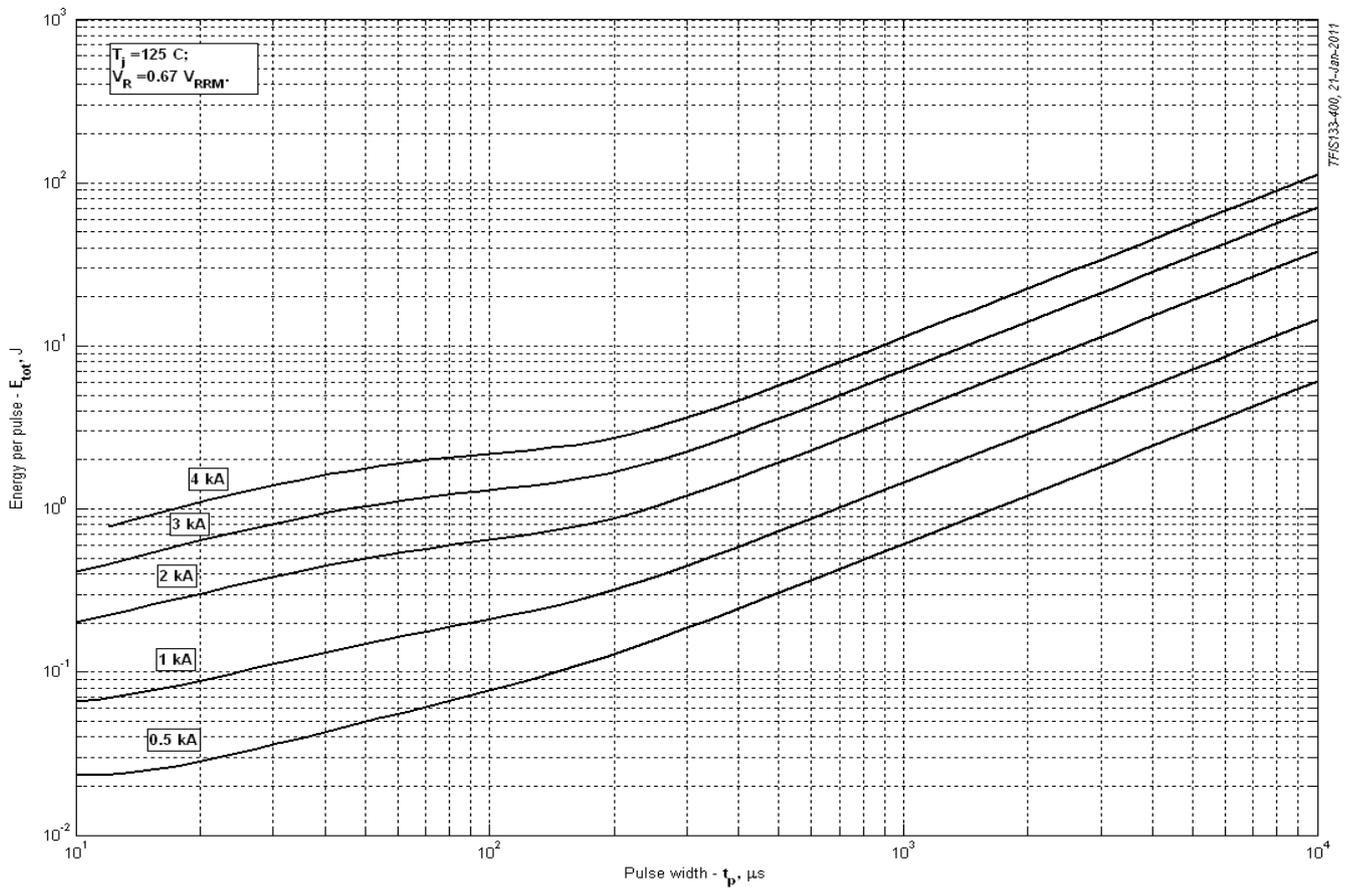


Рис. 19 – Энергия потерь одного синусоидального импульса тока

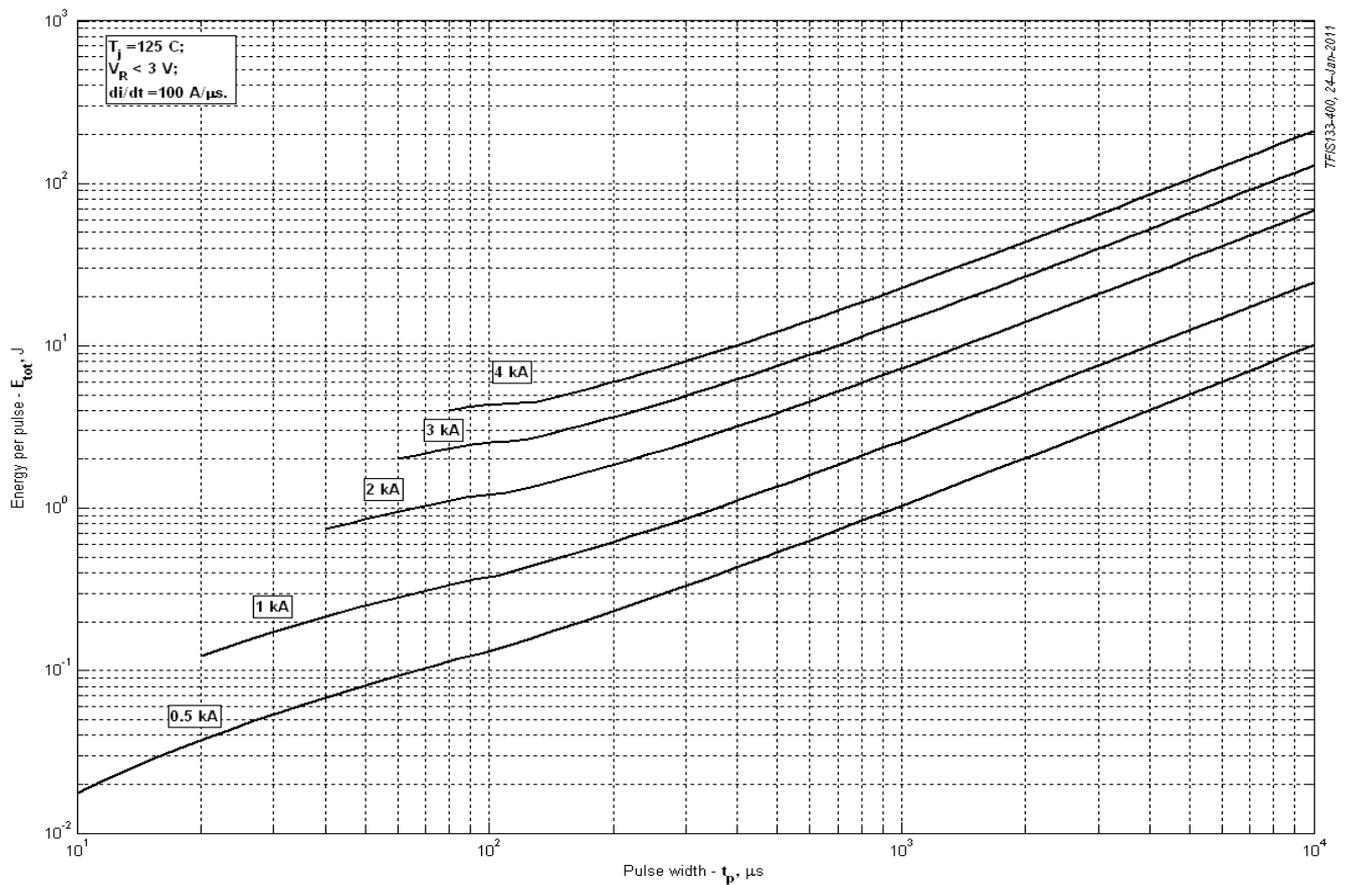


Рис. 20 – Энергия потерь одного прямоугольного импульса тока

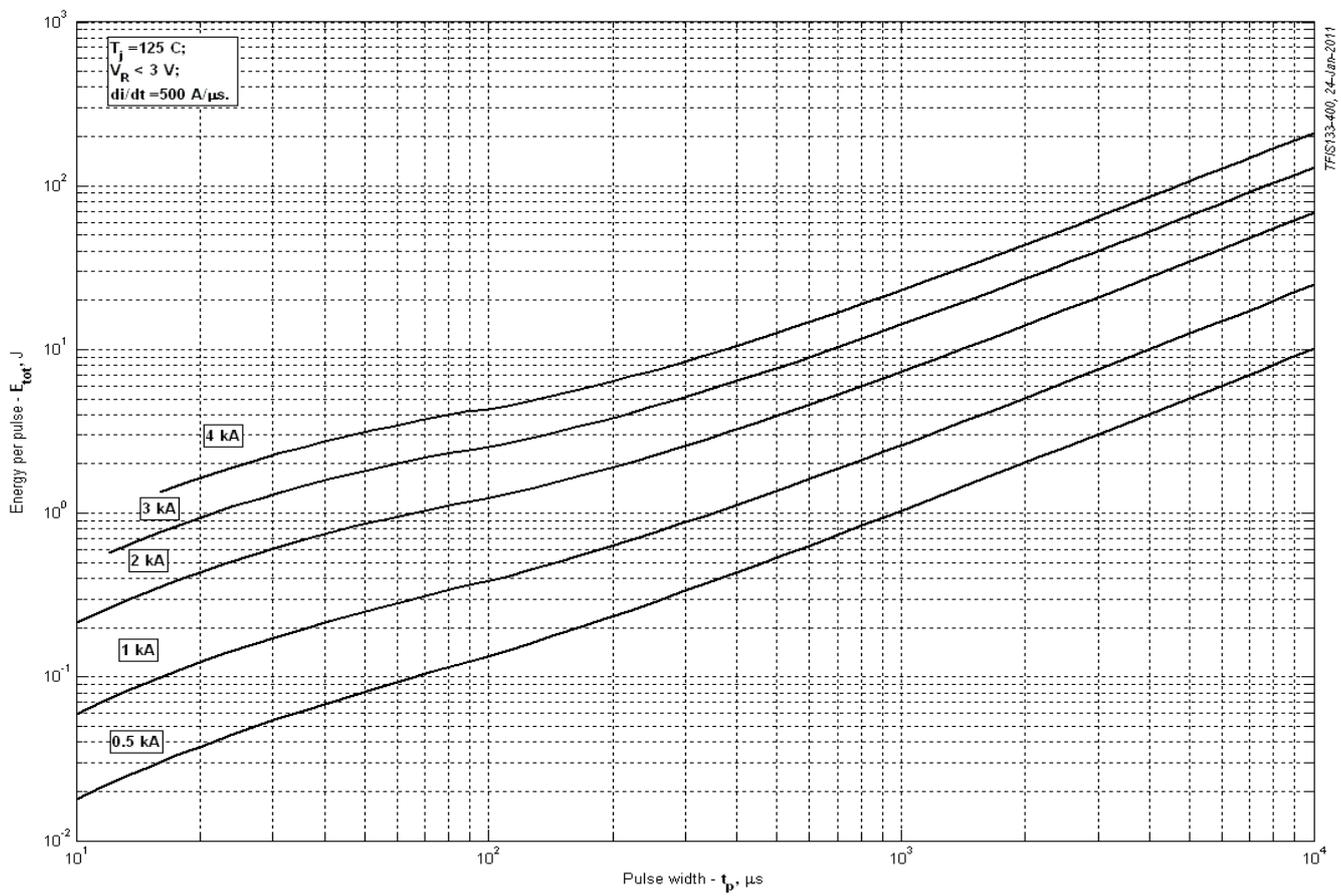


Рис. 21 – Энергия потерь одного прямоугольного импульса тока

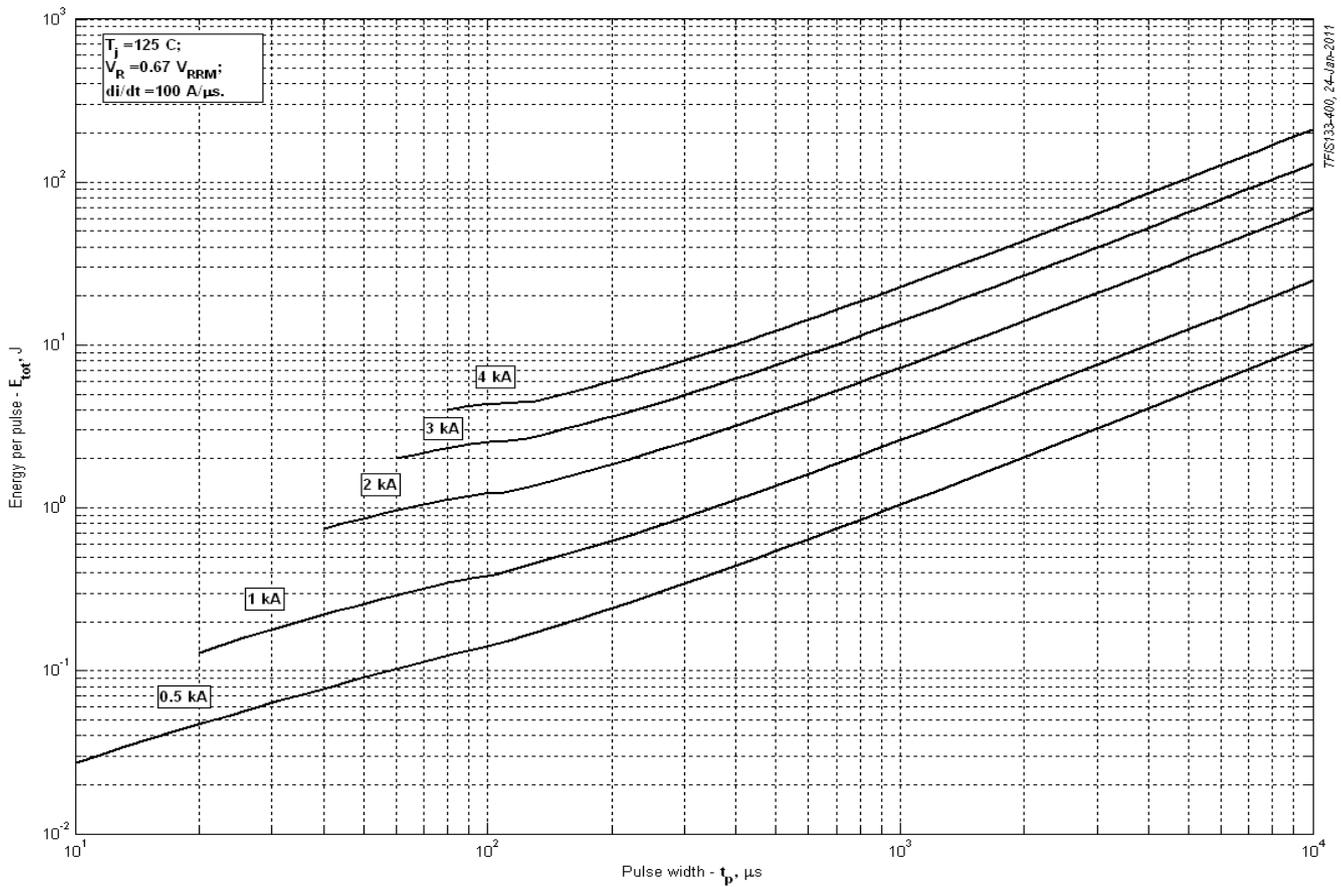


Рис. 22 – Энергия потерь одного прямоугольного импульса тока

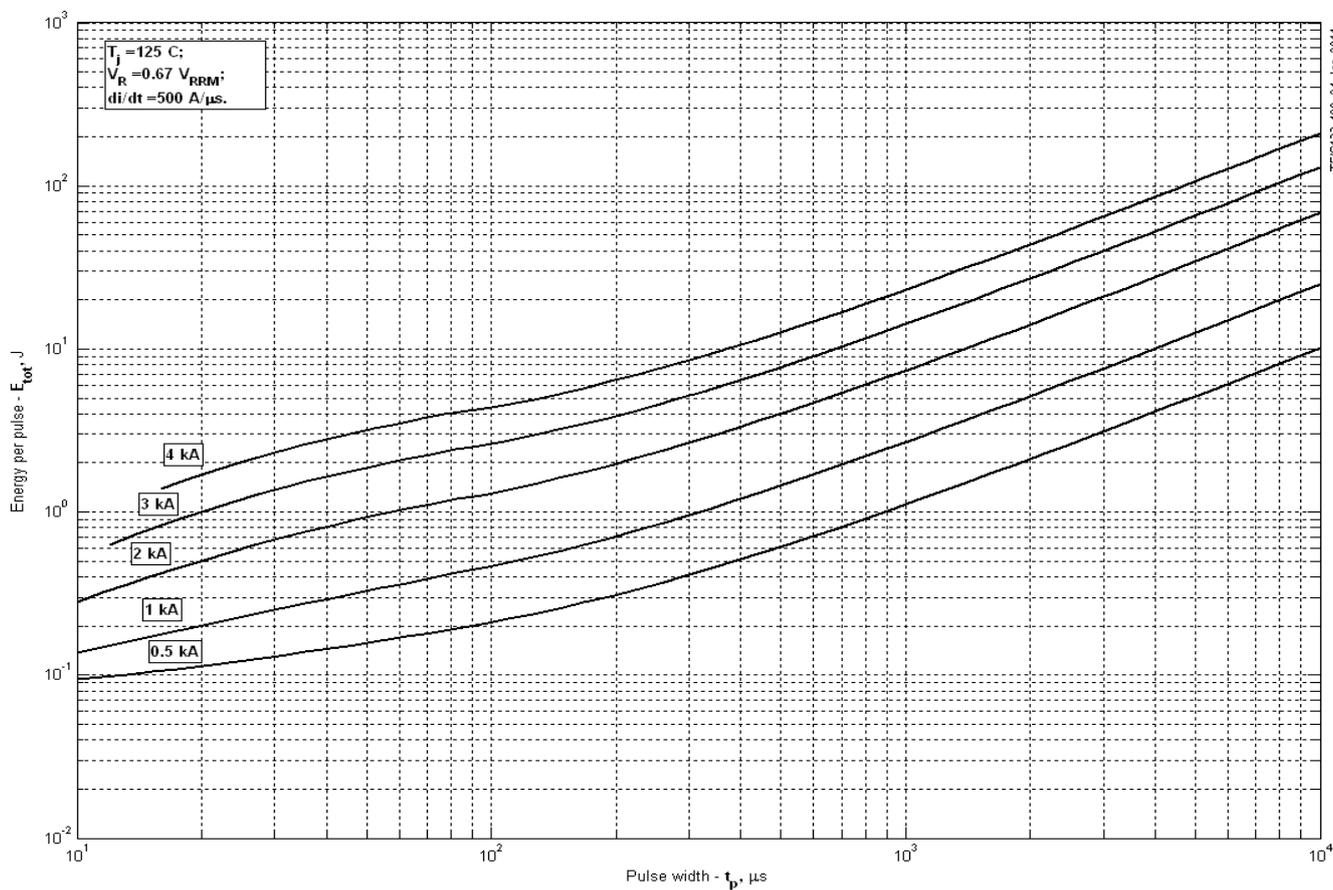


Рис. 23 – Энергия потерь одного прямоугольного импульса тока

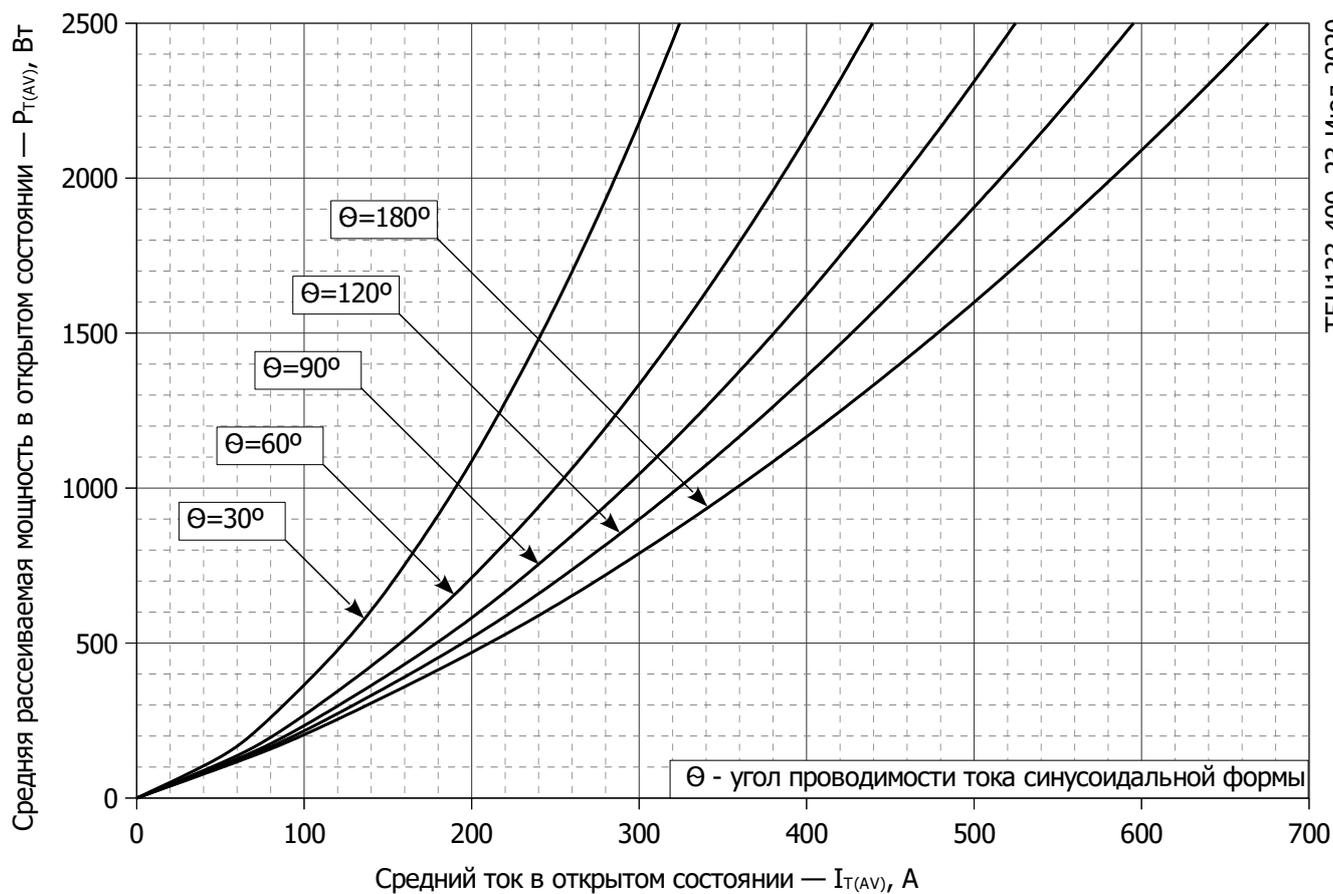
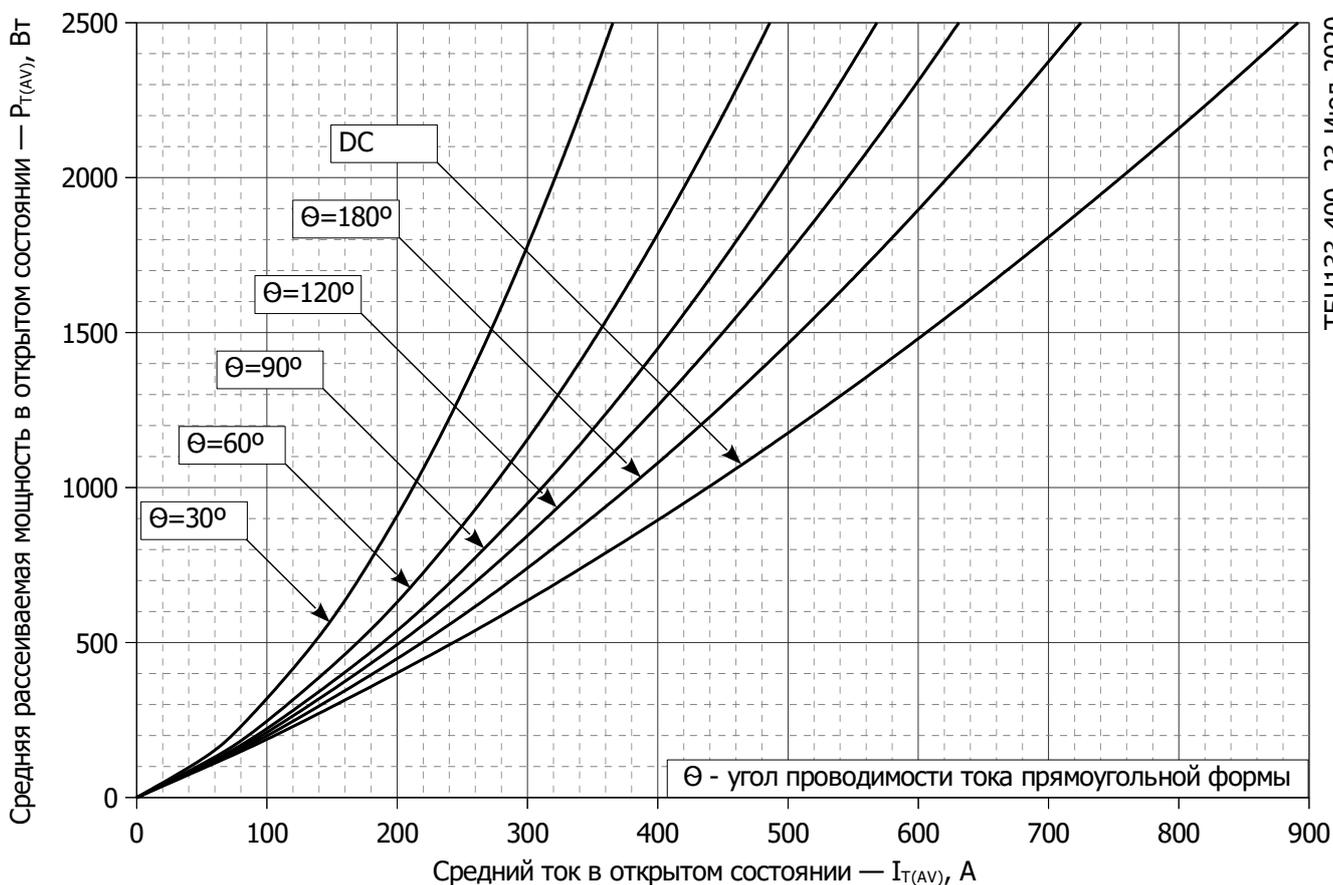
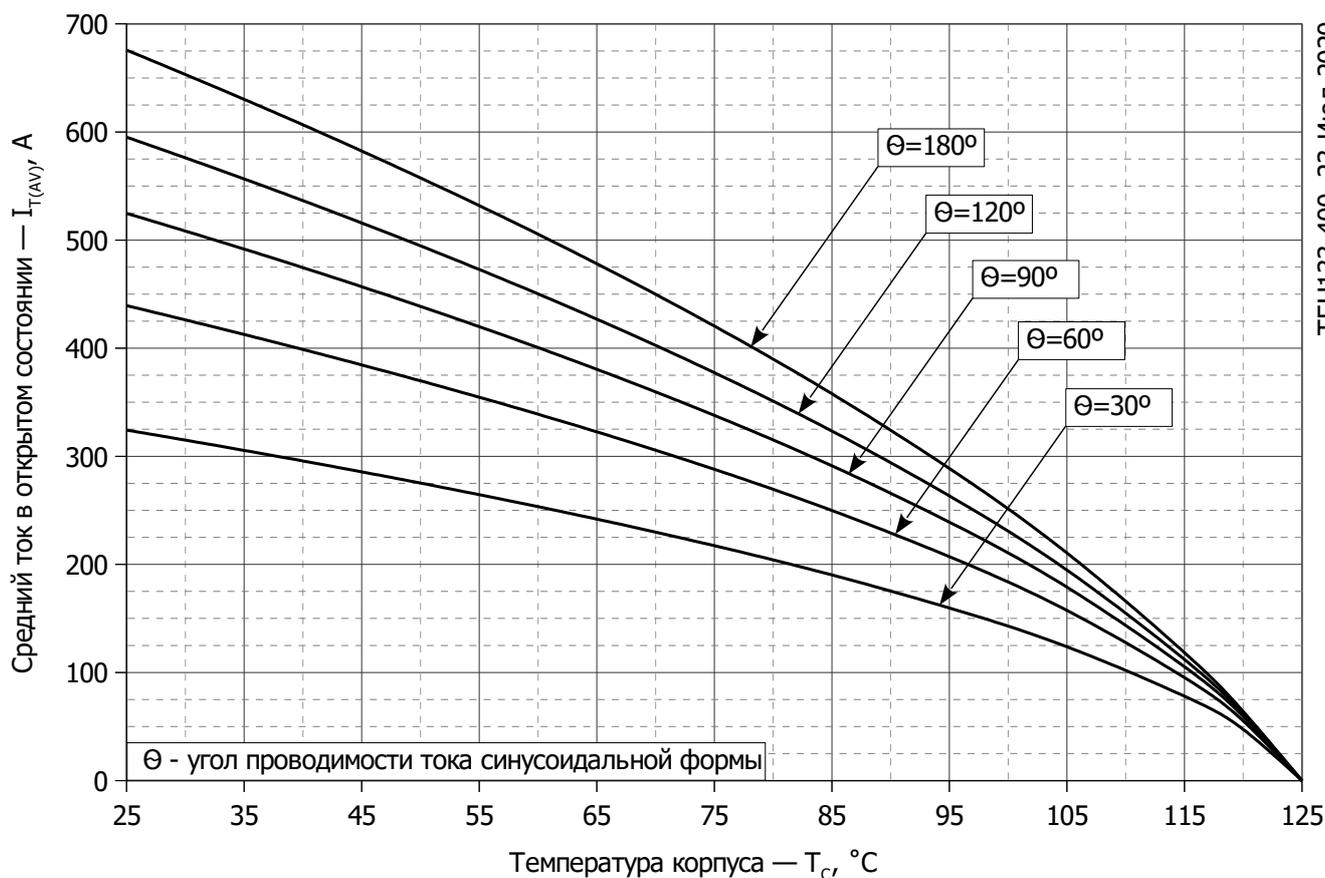


Рис. 24 - Зависимость потерь мощности P_{TAV} от среднего тока в открытом состоянии I_{TAV} синусоидальной формы при различных углах проводимости ($f=50$ Гц, двухстороннее охлаждение)



ТБЧ133-400, 23-Июль-2020

Рис. 25 – Зависимость потерь мощности P_{TAV} от среднего тока в открытом состоянии I_{TAV} прямоугольной формы при различных углах проводимости ($f=50$ Гц, двухстороннее охлаждение)



ТБЧ133-400, 23-Июль-2020

Рис. 26 – Зависимость среднего тока в открытом состоянии I_{TAV} от температуры корпуса T_c для синусоидальной формы тока при различных углах проводимости ($f=50$ Гц, двухстороннее охлаждение)

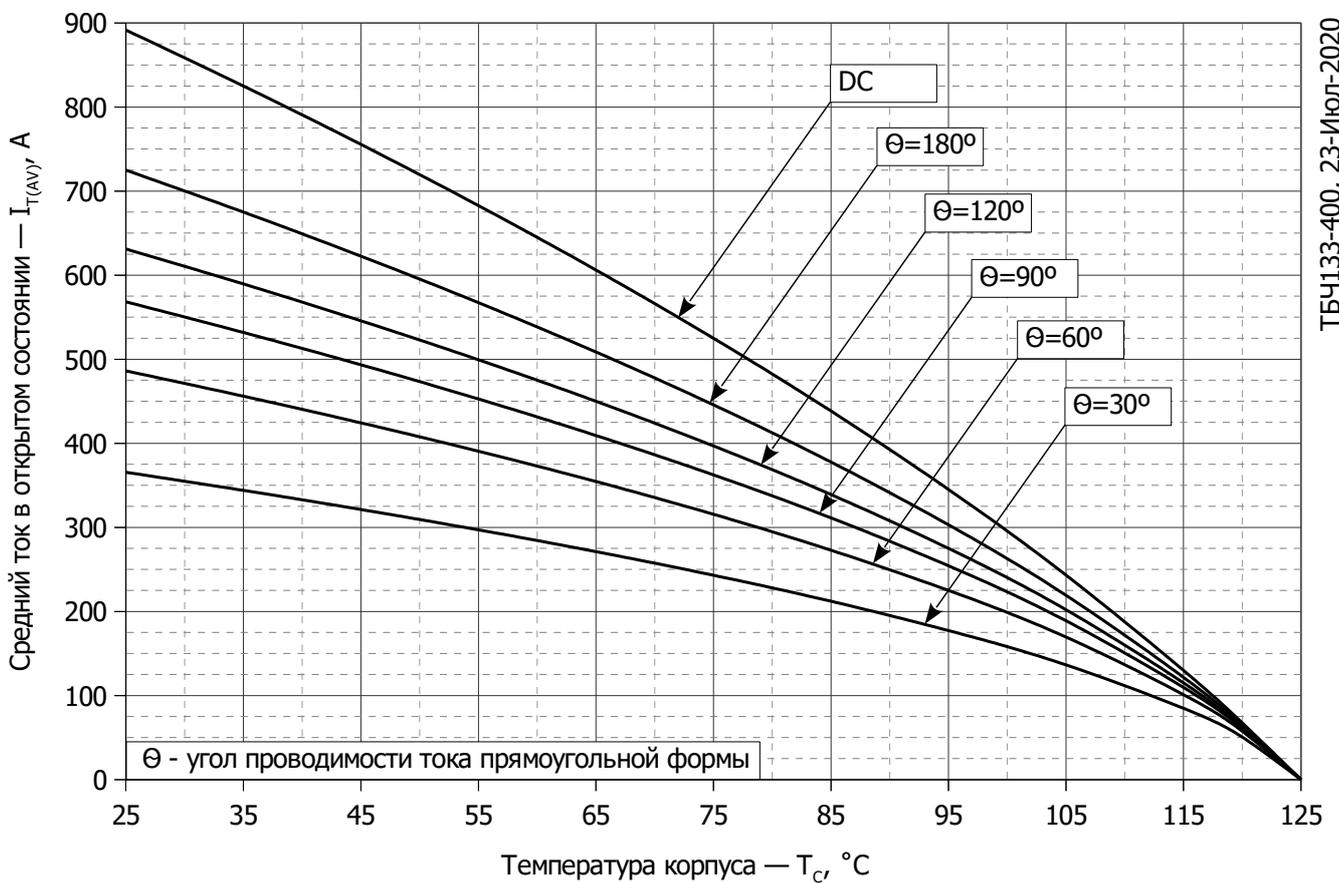


Рис. 27 - Зависимость среднего тока в открытом состоянии I_{TAV} от температуры корпуса T_C для прямоугольной формы тока при различных углах проводимости ($f=50$ Гц, двухстороннее охлаждение)

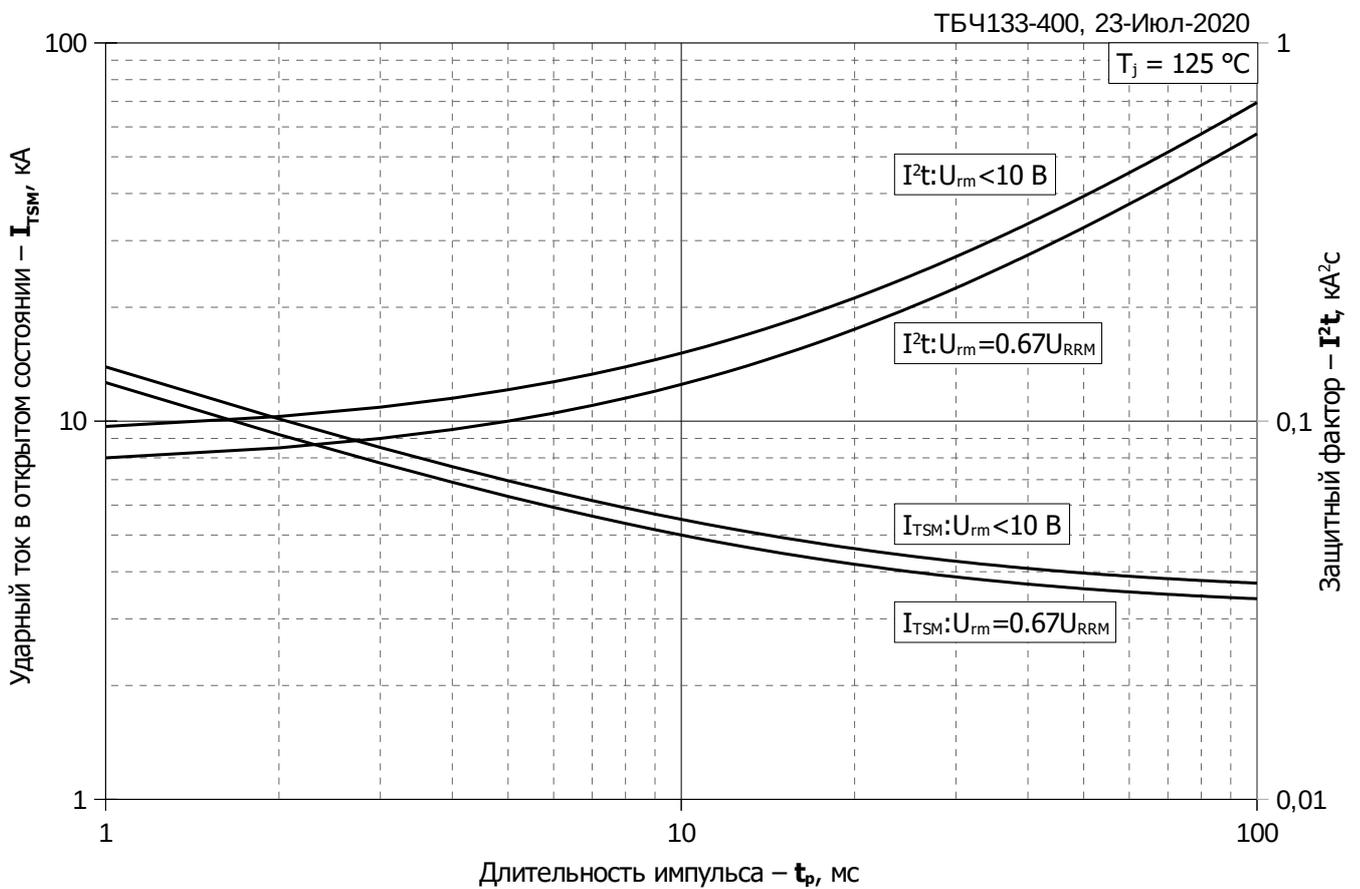


Рис. 28 – Зависимость максимальной амплитуды ударного тока в открытом состоянии I_{TSM} и защитного фактора I^2t от длительности импульса t_p

$T_j = 125\text{ }^\circ\text{C}$

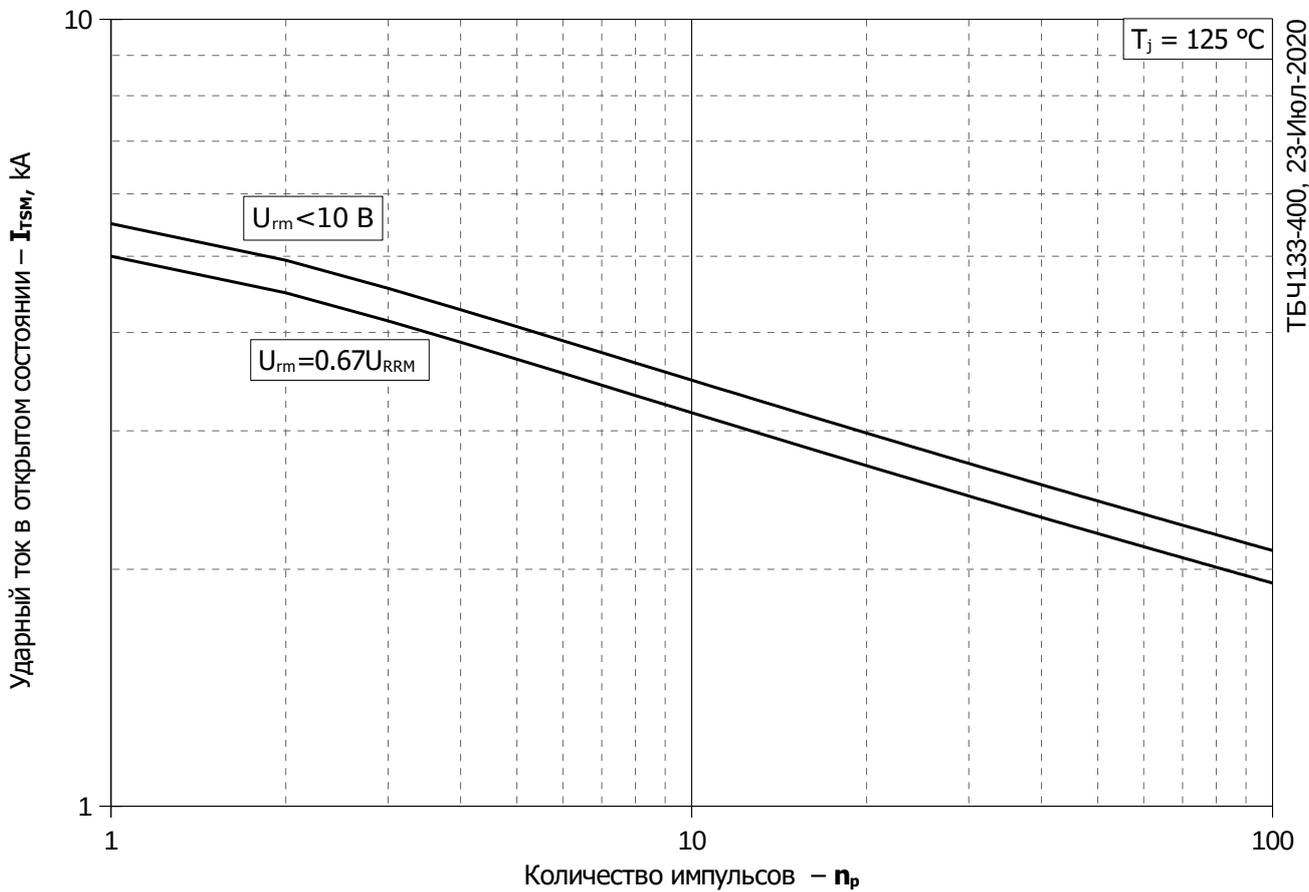


Рис. 29 – Зависимость максимальной амплитуды ударного тока в открытом состоянии I_{TSM} от количества импульсов n_p