

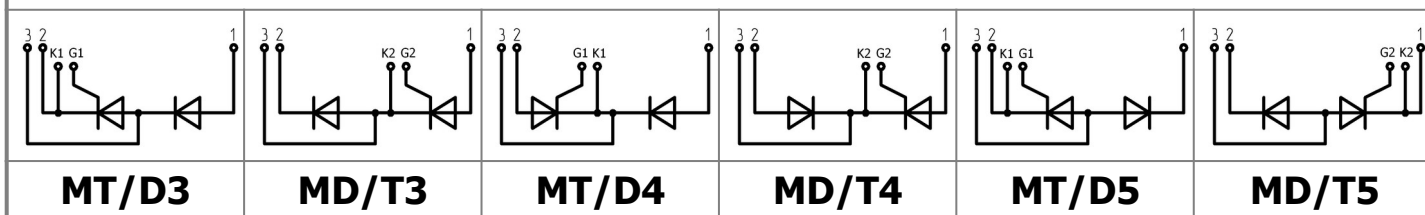
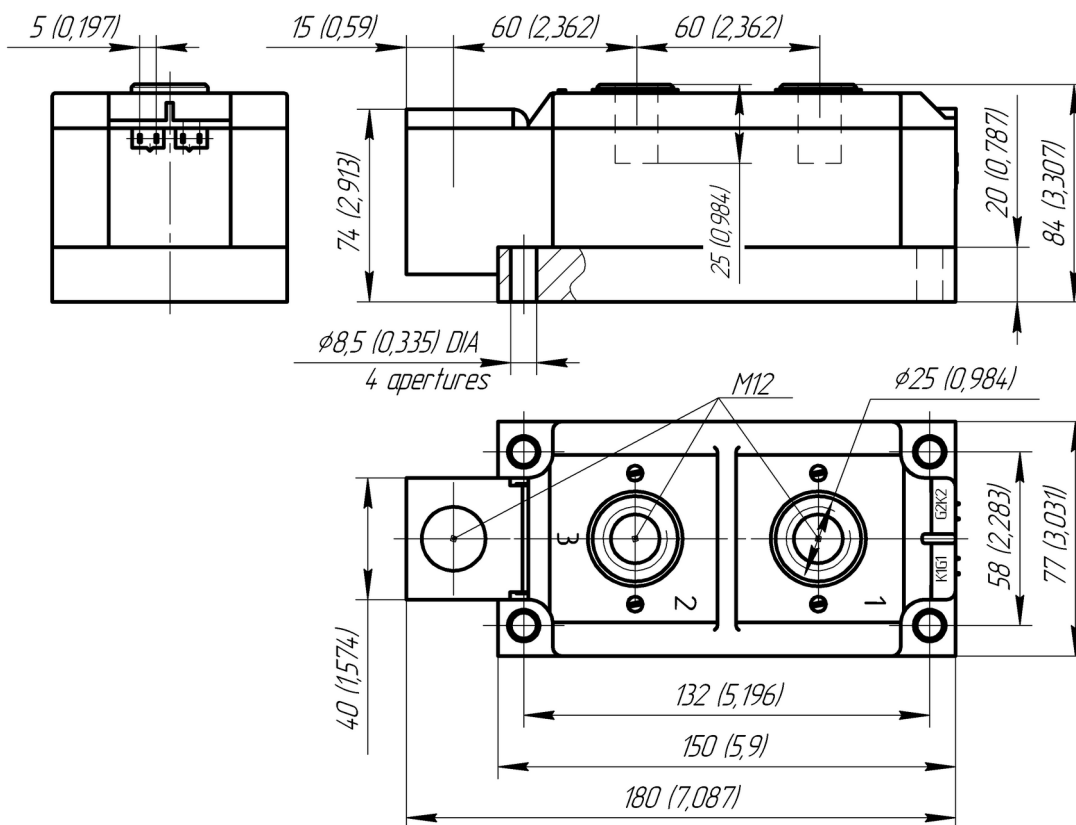
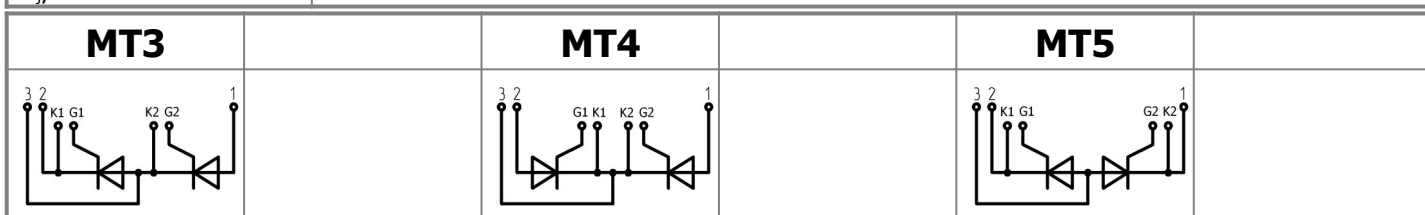


# ПРОТОН-ЭЛЕКТРОТЕКС

Изолированное основание  
 Корпус промышленного стандарта  
 Упрощенная механическая конструкция,  
 быстрая сборка  
 Прижимная конструкция

## Двухпозиционный Тиристорный Модуль МТх-1000-12-D

Средний прямой ток	$I_{TAV}$	1000 А	
Повторяющееся импульсное напряжение в закрытом состоянии	$U_{DRM}$	1000...1200 В	
Повторяющееся импульсное обратное напряжение	$U_{RRM}$		
Время выключения	$t_q$	200 мкс	
$U_{DRM}, U_{RRM}, В$	1000	1100	1200
Класс по напряжению	10	11	12
$T_j, ^\circ C$	-40...+140		




**ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ**

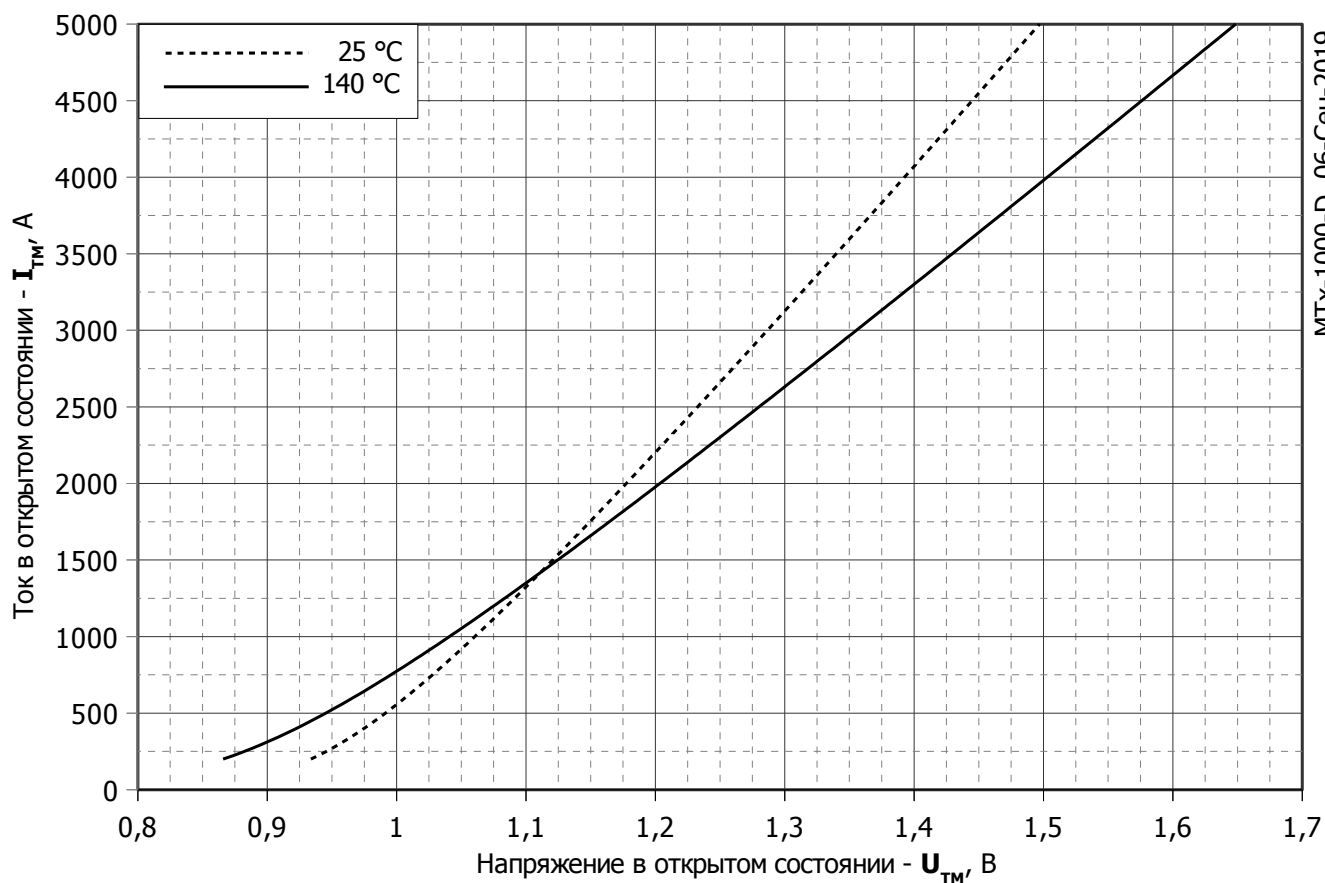
Обозначение и наименование параметра		Ед. изм.	Значение	Условия измерения	
<b>Параметры в проводящем состоянии</b>					
$I_{TAV}$	Максимально допустимый средний ток в открытом состоянии	А	1000 895	$T_c=77\text{ }^\circ\text{C}$ ; 180 эл. град. синус; 50 Гц $T_c=85\text{ }^\circ\text{C}$ ; 180 эл. град. синус; 50 Гц	
$I_{TRMS}$	Действующий ток в открытом состоянии	А	1570	$T_c=77\text{ }^\circ\text{C}$ ; 180 эл. град. синус; 50 Гц	
$I_{TSM}$	Ударный ток в открытом состоянии	кА	32.0 37.0	$T_j=T_{j\max}$ $T_j=25\text{ }^\circ\text{C}$	180 эл. град. синус; $t_p=10\text{ мс}$ ; единичный импульс; $U_D=U_R=0\text{ В}$ ; Импульс управления: $I_G=2\text{ А}$ ; $t_{GP}=50\text{ мкс}$ ; $di_G/dt \geq 1\text{ А/мкс}$
			34.0 39.0	$T_j=T_{j\max}$ $T_j=25\text{ }^\circ\text{C}$	180 эл. град. синус; $t_p=8.3\text{ мс}$ ; единичный импульс; $U_D=U_R=0\text{ В}$ ; Импульс управления: $I_G=2\text{ А}$ ; $t_{GP}=50\text{ мкс}$ ; $di_G/dt \geq 1\text{ А/мкс}$
$I^2t$	Защитный показатель	$A^2c \cdot 10^3$	5100 6800	$T_j=T_{j\max}$ $T_j=25\text{ }^\circ\text{C}$	180 эл. град. синус; $t_p=10\text{ мс}$ ; единичный импульс; $U_D=U_R=0\text{ В}$ ; Импульс управления: $I_G=2\text{ А}$ ; $t_{GP}=50\text{ мкс}$ ; $di_G/dt \geq 1\text{ А/мкс}$
			4700 6300	$T_j=T_{j\max}$ $T_j=25\text{ }^\circ\text{C}$	180 эл. град. синус; $t_p=8.3\text{ мс}$ ; единичный импульс; $U_D=U_R=0\text{ В}$ ; Импульс управления: $I_G=2\text{ А}$ ; $t_{GP}=50\text{ мкс}$ ; $di_G/dt \geq 1\text{ А/мкс}$
<b>Блокирующие параметры</b>					
$U_{DRM}, U_{RRM}$	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	
<b>Параметры управления</b>					
$I_{FGM}$	Максимальный прямой ток управления	А	8	$T_j=T_{j\max}$	
$U_{RGM}$	Максимальное обратное напряжение управления	В	5		
$P_G$	Максимальная рассеиваемая мощность по управлению	Вт	4	$T_j=T_{j\max}$ для постоянного тока управления	
<b>Параметры переключения</b>					
$(di_T/dt)_{crit}$	Критическая скорость нарастания тока в открытом состоянии ( $f=1\text{ Hz}$ )	А/мкс	400	$T_j=T_{j\max}$ ; $U_D=0.67 \cdot U_{DRM}$ ; $I_{TM}=2 I_{TAV}$ ; Импульс управления: $I_G=2\text{ А}$ ; $t_{GP}=50\text{ мкс}$ ; $di_G/dt \geq 2\text{ А/мкс}$	
<b>Тепловые параметры</b>					
$T_{stg}$	Температура хранения	$^\circ\text{C}$	-40...+50		
$T_j$	Температура р-п перехода	$^\circ\text{C}$	-40...+140		
$T_{c\text{ op}}$	Рабочая температура корпуса	$^\circ\text{C}$	-40...+125		
<b>Механические параметры</b>					
$a$	Ускорение	м/с <sup>2</sup>	50		

## 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	1.30	$T_j=25\text{ }^\circ\text{C}$ ; $I_{TM}=3140\text{ A}$	
$U_{T(ТО)}$	Пороговое напряжение, макс	В	0.90	$T_j=T_{j\text{ max}}$ ; $0.5\pi I_{TAV} < I_T < 1.5\pi I_{TAV}$	
$r_T$	Динамическое сопротивление в открытом состоянии, макс	МОм	0.150		
$I_L$	Ток включения, макс	мА	1500	$T_j=25\text{ }^\circ\text{C}$ ; $U_D=12\text{ В}$ ; Импульс управления: $I_G=2\text{ A}$ ; $t_{GP}=50\text{ мкс}$ ; $di_G/dt \geq 1\text{ A/мкс}$	
$I_H$	Ток удержания, макс	мА	300	$T_j=25\text{ }^\circ\text{C}$ ; $U_D=12\text{ В}$ ; управление разомкнуто	
<b>Блокирующие характеристики</b>					
$I_{DRM}, I_{RRM}$	Повторяющийся импульсный обратный ток и повторяющийся импульсный ток в закрытом состоянии, макс	мА	150 4.00	$T_j=T_{j\text{ max}}$ ; $T_j=25\text{ }^\circ\text{C}$	$U_D=U_{DRM}$ ; $U_R=U_{RRM}$
$(du_D/dt)_{crit}$	Критическая скорость нарастания напряжения в закрытом состоянии <sup>1)</sup> , мин	В/мкс	1000	$T_j=T_{j\text{ max}}$ ; $U_D=0.67\cdot U_{DRM}$ ; управление разомкнуто	
<b>Характеристики управления</b>					
$U_{GT}$	Отпирающее постоянное напряжение управления, макс	В	4.00 2.50 2.00	$T_j=T_{j\text{ min}}$ ; $T_j=25\text{ }^\circ\text{C}$ ; $T_j=T_{j\text{ max}}$	$U_D=12\text{ В}$ ; $I_D=3\text{ A}$ ; Постоянный ток управления
$I_{GT}$	Отпирающий постоянный ток управления, макс	мА	500 300 200	$T_j=T_{j\text{ min}}$ ; $T_j=25\text{ }^\circ\text{C}$ ; $T_j=T_{j\text{ max}}$	
$U_{GD}$	Неотпирающее постоянное напряжение управления, мин	В	0.25	$T_j=T_{j\text{ max}}$ ; $U_D=0.67\cdot U_{DRM}$ ;	
$I_{GD}$	Неотпирающий постоянный ток управления, мин	мА	10.00	Постоянный ток управления	
<b>Динамические характеристики</b>					
$t_{gd}$	Время задержки, макс	мкс	2.00	$T_j=25\text{ }^\circ\text{C}$ ; $U_D=600\text{ В}$ ; $I_{TM}=I_{TAV}$ ; $di/dt=200\text{ A/мкс}$ ; Импульс управления: $I_G=2\text{ A}$ ; $U_G=20\text{ В}$ ; $t_{GP}=50\text{ мкс}$ ; $di_G/dt=2\text{ A/мкс}$	
$t_q$	Время выключения <sup>2)</sup> , макс	мкс	200	$du_D/dt=50\text{ В/мкс}$ ; $T_j=T_{j\text{ max}}$ ; $I_{TM}=I_{TAV}$ ; $di_R/dt=-10\text{ A/мкс}$ ; $U_R=100\text{ В}$ ; $U_D=0.67\cdot U_{DRM}$ ;	
$Q_{rr}$	Заряд обратного восстановления, макс	мкКл	1600	$T_j=T_{j\text{ max}}$ ; $I_{TM}=1000\text{ A}$ ; $di_R/dt=-10\text{ A/мкс}$ ; $U_R=100\text{ В}$	
$t_{rr}$	Время обратного восстановления, макс	мкс	22		
$I_{rr}$	Обратный ток восстановления, макс	А	145		
<b>Тепловые характеристики</b>					
$R_{thjc}$	Тепловое сопротивление р-п переход-корпус, макс			180 эл. град. синус; 50 Гц	
	на модуль	$^\circ\text{C/Вт}$	0.0250		
	на позицию	$^\circ\text{C/Вт}$	0.0500		
$R_{thch}$	Тепловое сопротивление корпус-охладитель, макс				
	на модуль	$^\circ\text{C/Вт}$	0.0080		
	на позицию	$^\circ\text{C/Вт}$	0.0160		

Характеристики изоляции																																			
U <sub>ISOL</sub>	Электрическая прочность изоляции	кВ	3.00	синус; 50 Гц; действующее значение	t=60 с																														
			3.60		t=1 с																														
Механические характеристики																																			
M <sub>1</sub>	Момент затяжки основания (M8) <sup>3)</sup>	Нм	9.00	Допуск ± 15%																															
M <sub>2</sub>	Момент затяжки выводов (M12) <sup>3)</sup>	Нм	18.00	Допуск ± 15%																															
m	Масса, макс	г	4100																																
МАРКИРОВКА			ПРИМЕЧАНИЕ																																
<table border="1"> <tr> <td>MT</td><td>3</td><td>-</td><td>1000</td><td>-</td><td>12</td><td>-</td><td>A2</td><td>P2</td><td>-</td><td>D</td><td>-</td><td>Y2</td> </tr> <tr> <td>1</td><td>2</td><td></td><td>3</td><td></td><td>4</td><td></td><td>5</td><td>6</td><td></td><td>7</td><td></td><td>8</td> </tr> </table>			MT	3	-	1000	-	12	-	A2	P2	-	D	-	Y2	1	2		3		4		5	6		7		8	<sup>1)</sup> Критическая скорость нарастания напряжения в закрытом состоянии <table border="1"> <tr> <td>Обозначение группы</td><td>A2</td> </tr> <tr> <td>(du<sub>D</sub>/dt)<sub>crit</sub>, В/мкс</td><td>1000</td> </tr> </table>			Обозначение группы	A2	(du <sub>D</sub> /dt) <sub>crit</sub> , В/мкс	1000
MT	3	-	1000	-	12	-	A2	P2	-	D	-	Y2																							
1	2		3		4		5	6		7		8																							
Обозначение группы	A2																																		
(du <sub>D</sub> /dt) <sub>crit</sub> , В/мкс	1000																																		
1. Тиристорный модуль (MT) Тиристорно-диодный модуль (MT/Д) Диодно-тиристорный модуль (МД/Т)			<sup>2)</sup> Время выключения (du <sub>D</sub> /dt=50 В/мкс) <table border="1"> <tr> <td>Обозначение группы</td><td>P2</td> </tr> <tr> <td>t<sub>q</sub>, мкс</td><td>200</td> </tr> </table>			Обозначение группы	P2	t <sub>q</sub> , мкс	200																										
Обозначение группы	P2																																		
t <sub>q</sub> , мкс	200																																		
2. Схема включения 3. Средний прямой ток, А 4. Класс по напряжению 5. Критическая скорость нарастания напряжения в закрытом состоянии 6. Группа по времени выключения (du <sub>D</sub> /dt=50 В/мкс) 7. Тип корпуса (M.D) 8. Климатическое исполнение по ГОСТ 15150: Y2			<sup>3)</sup> Резьба должна быть смазана																																
			Сертифицирован UL, файл № E255404																																

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.



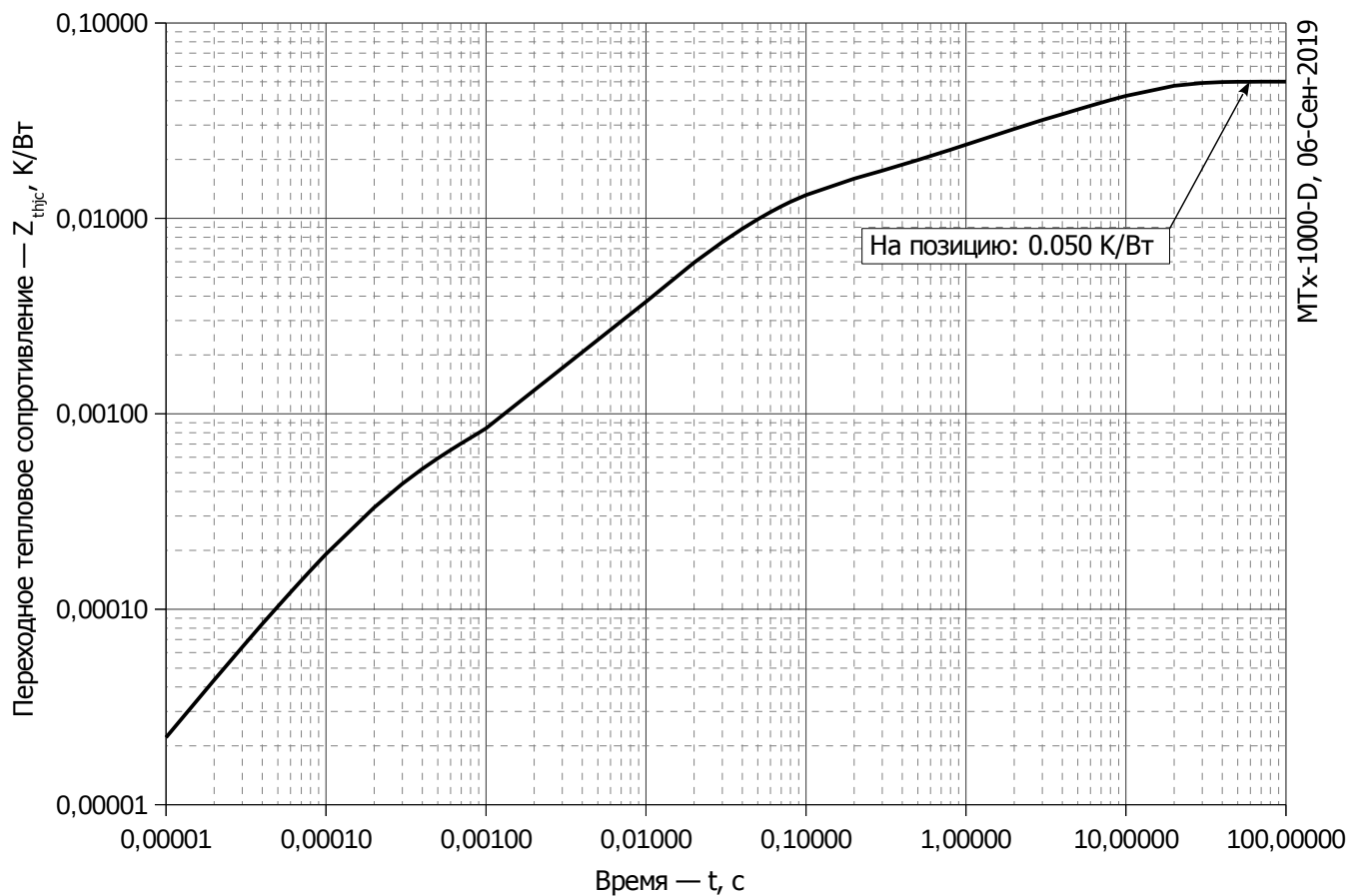
**Рис. 1 – Предельная вольт – амперная характеристика**

Аналитическая функция предельной вольт — амперной характеристики:

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

	Коэффициенты для графика	
	$T_j = 25^\circ\text{C}$	$T_j = T_{j\text{max}}$
<b>A</b>	0.72995000	0.58667000
<b>B</b>	0.00010218	0.00014305
<b>C</b>	0.03670500	0.05035000
<b>D</b>	-0.00079941	-0.00116160

**Модель предельной вольт – амперной характеристики (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  $t$ .

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

<b>i</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
<b><math>R_i</math>, К/Вт</b>	0.02506	0.009643	0.00348	0.009712	0.001719	0.0004399
<b><math>\tau_i</math>, с</b>	8.474	1.110	0.2289	0.04529	0.009524	0.0002414

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

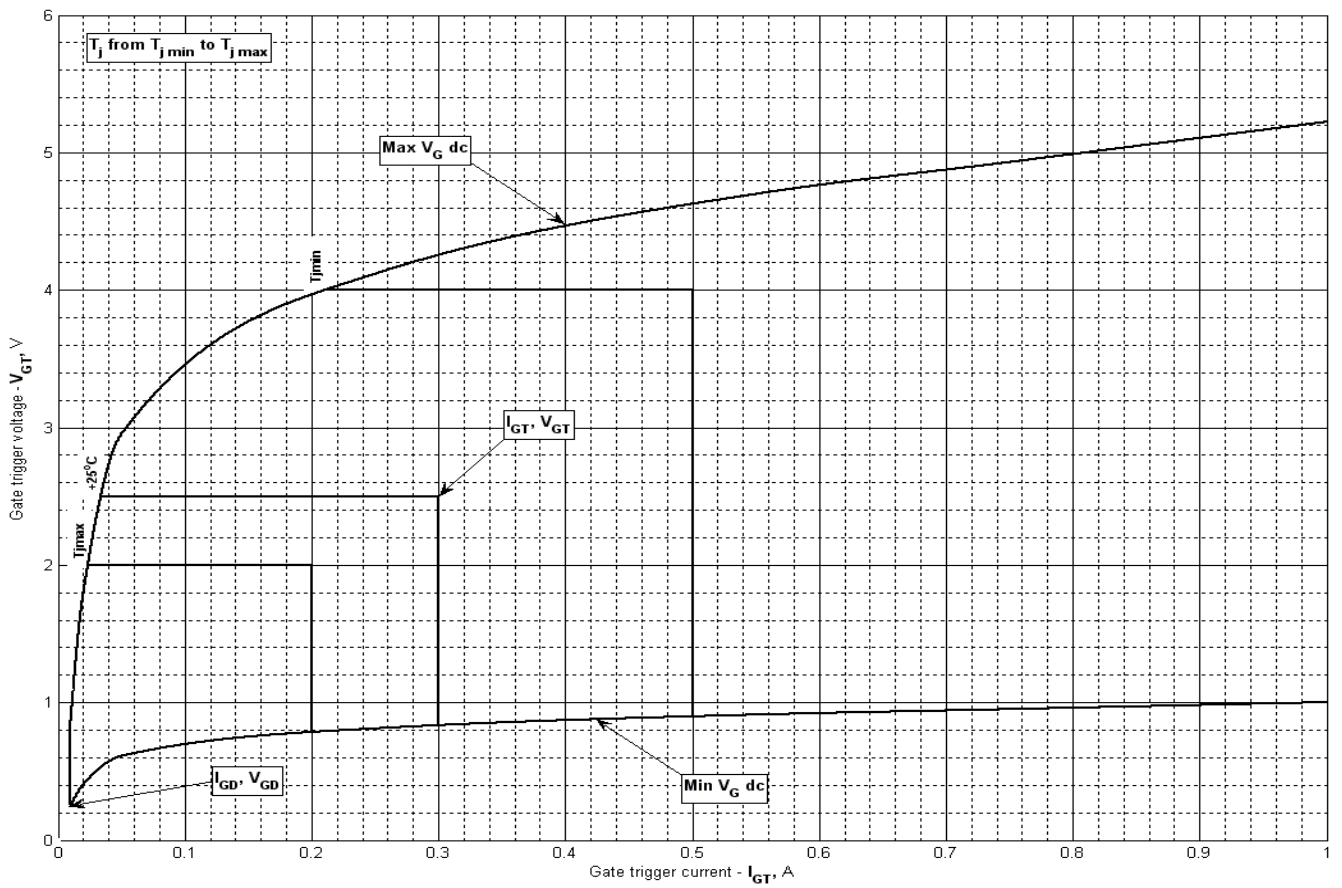


Рис. 3 – Вольт – амперная характеристика цепи управления

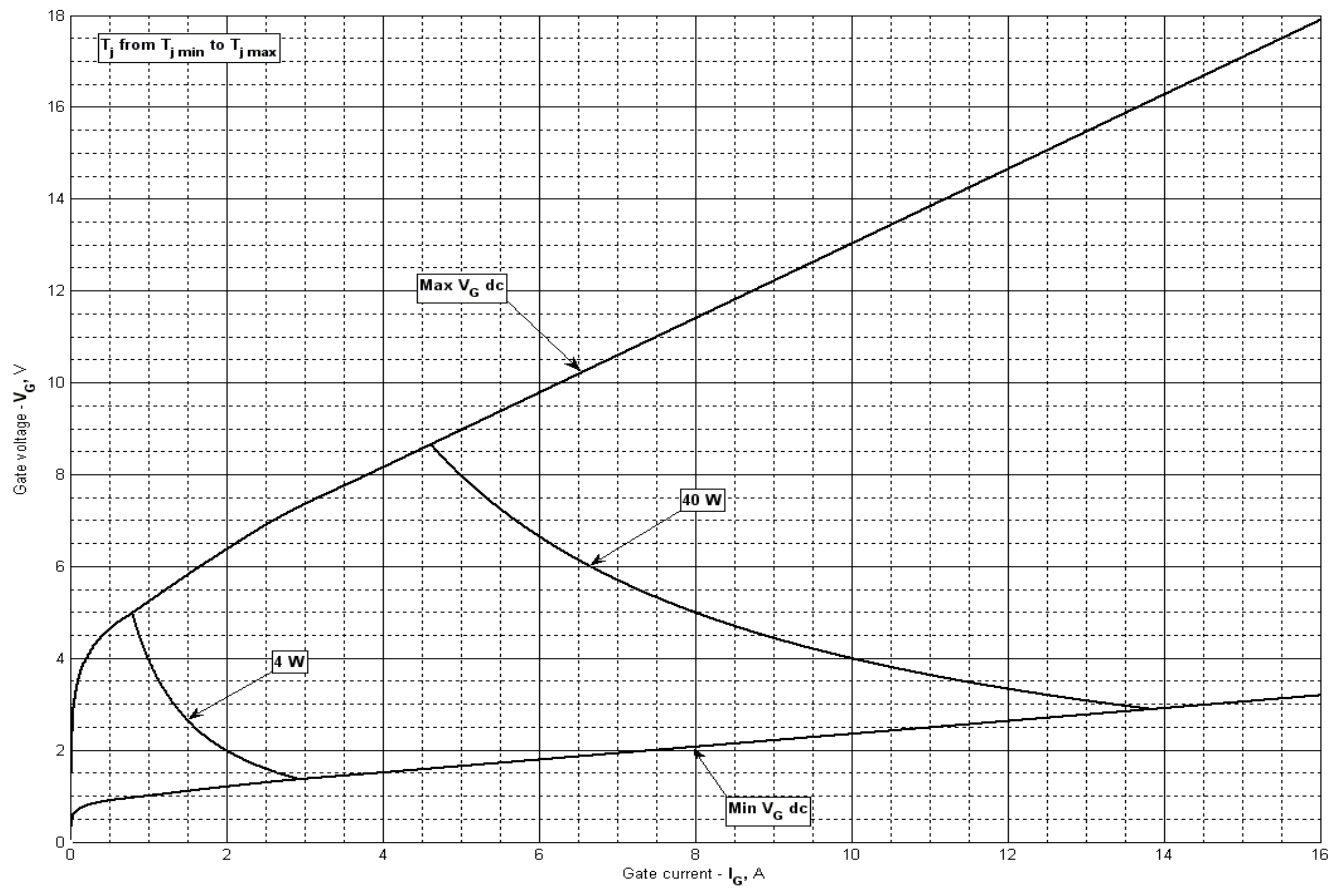
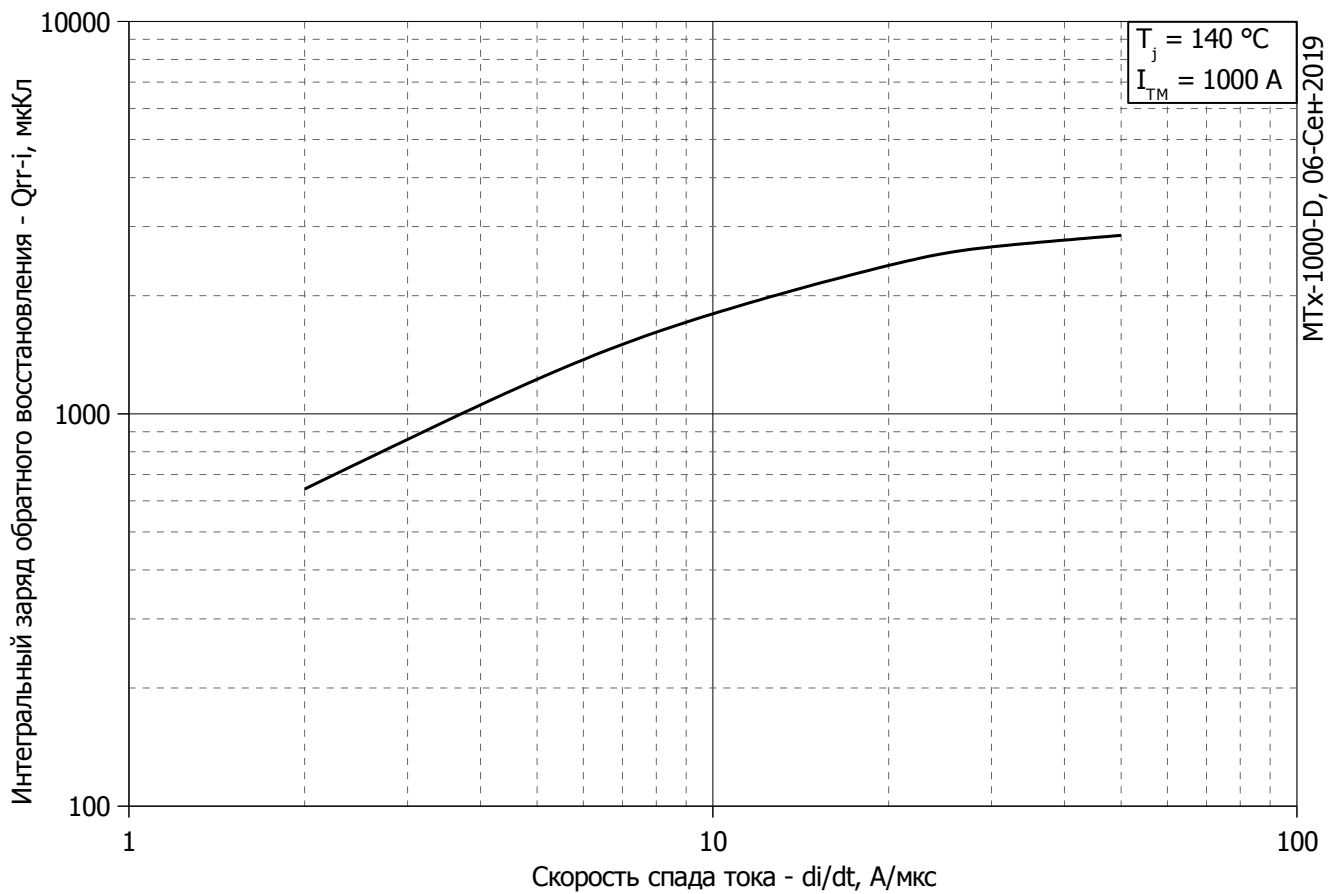
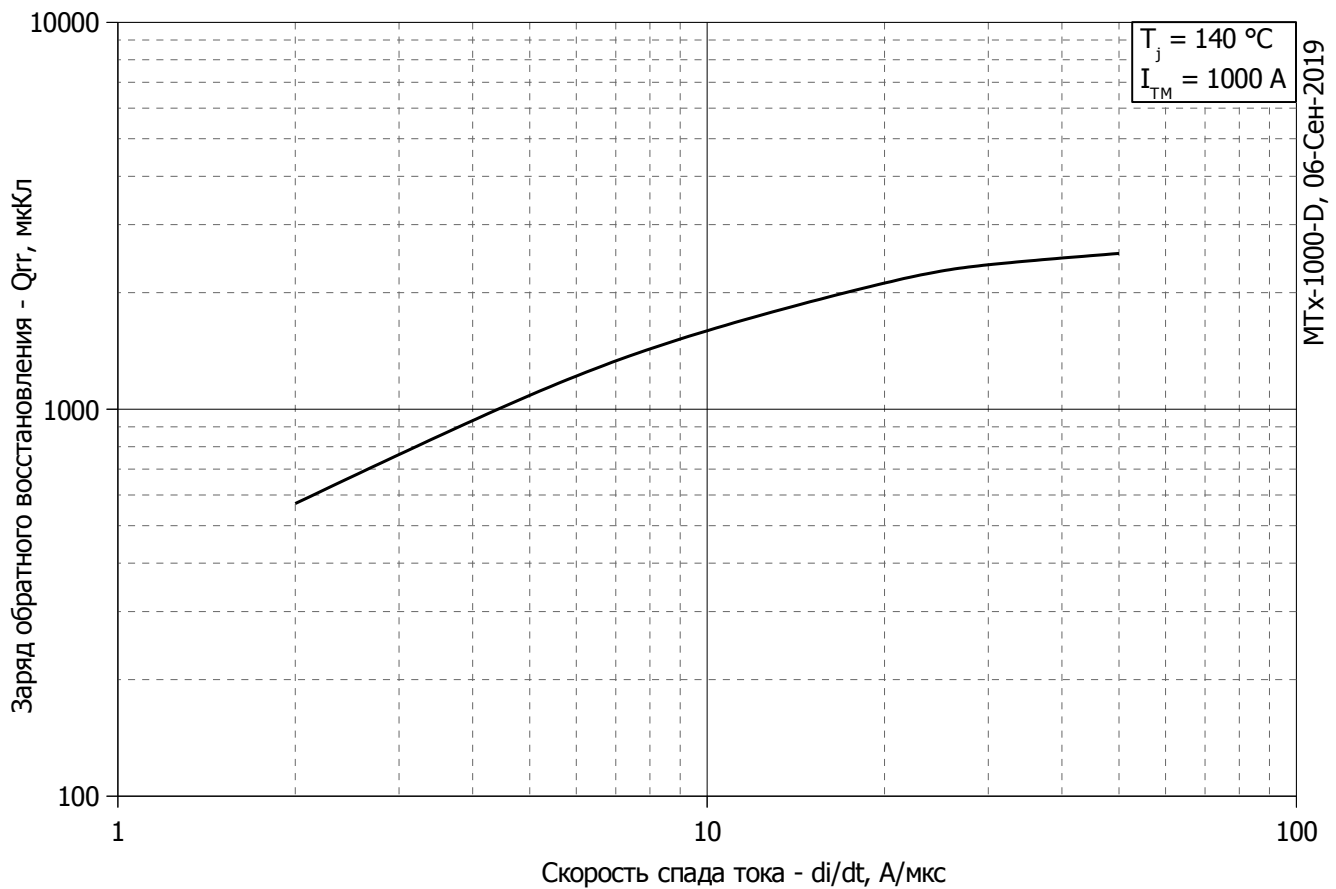


Рис. 4 – Вольт – амперная характеристика цепи управления – Кривые мощности

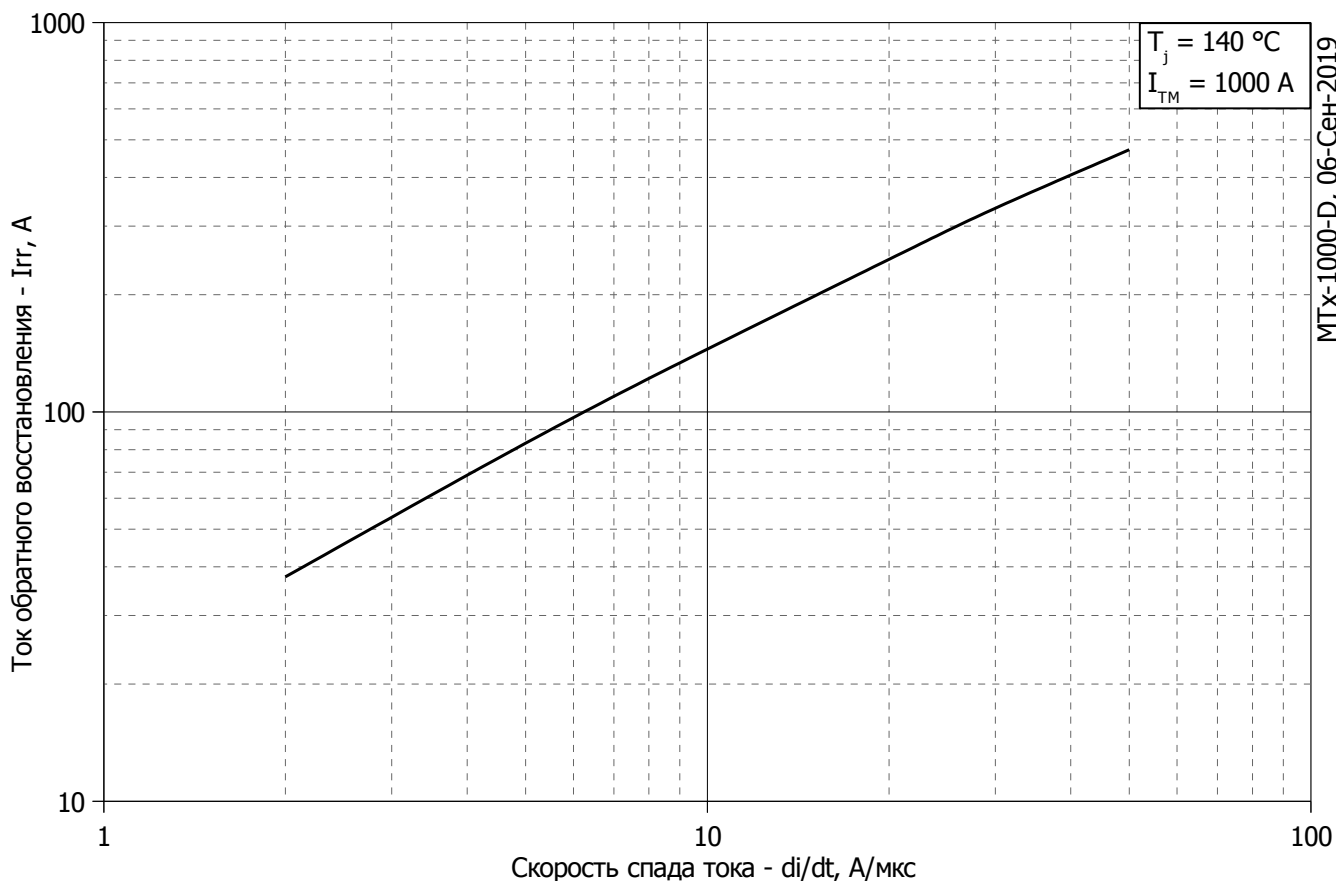


**Рис. 5 – Зависимость максимального интегрального заряда обратного восстановления  $Q_{rr-i}$  от скорости спада тока  $di_R/dt$  в открытом состоянии**

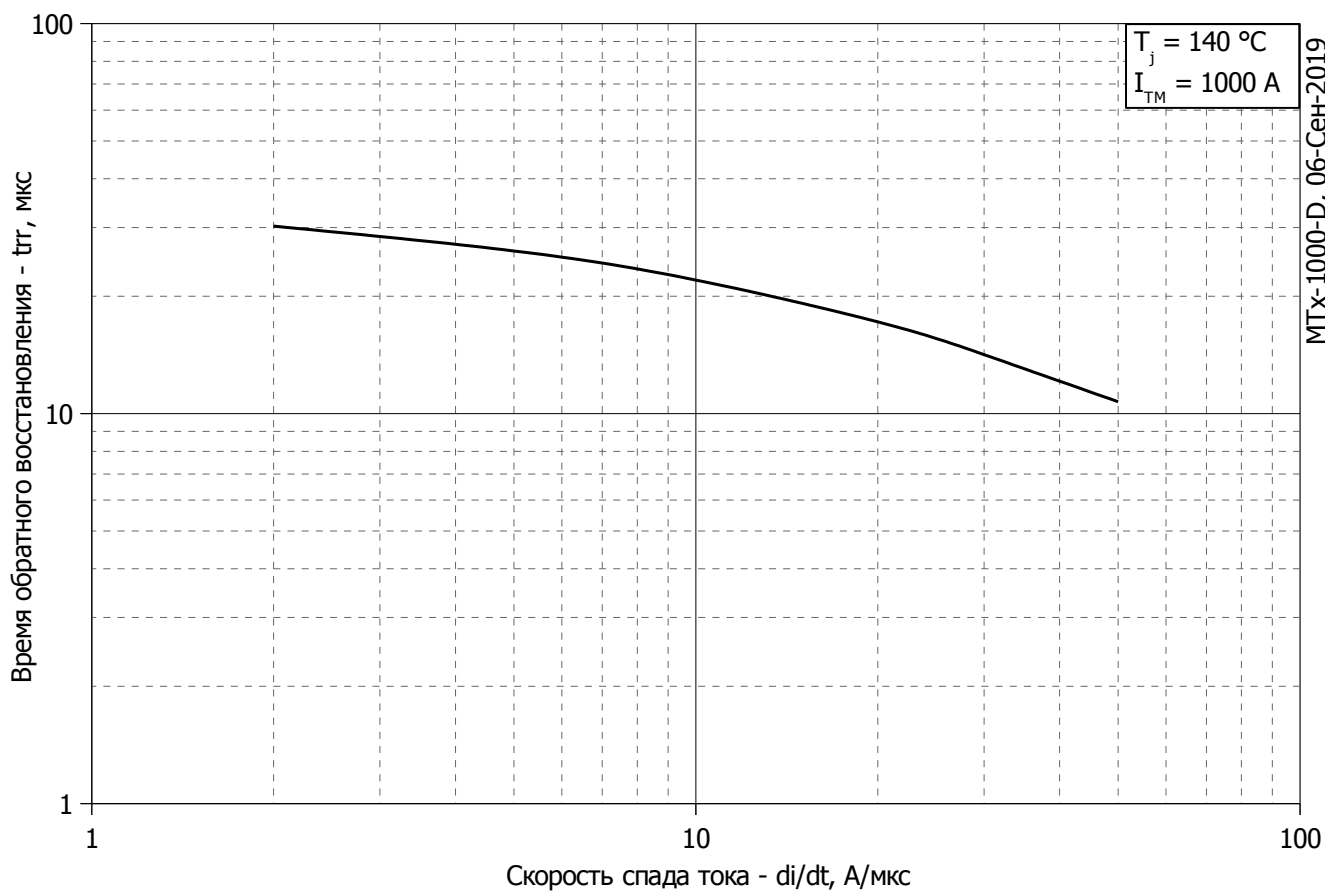


**Рис. 6 – Зависимость максимального заряда обратного восстановления  $Q_{rr}$  от скорости спада тока  $di_R/dt$  (по ГОСТ 24461, хорда 25%) в открытом состоянии**

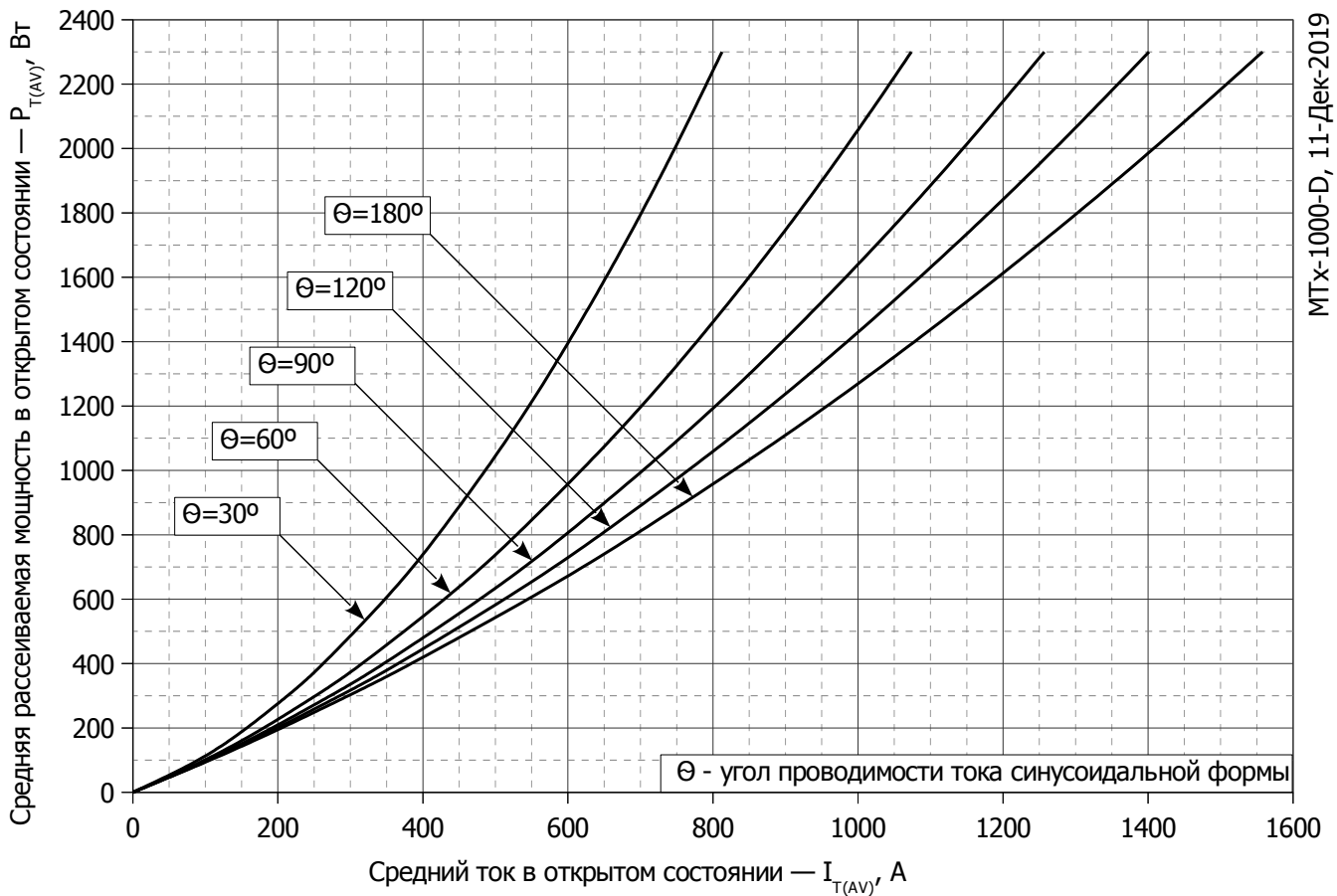




**Рис. 7 – Зависимость максимального тока обратного восстановления  $I_{rr}$  от скорости спада тока  $di_R/dt$  в открытом состоянии**

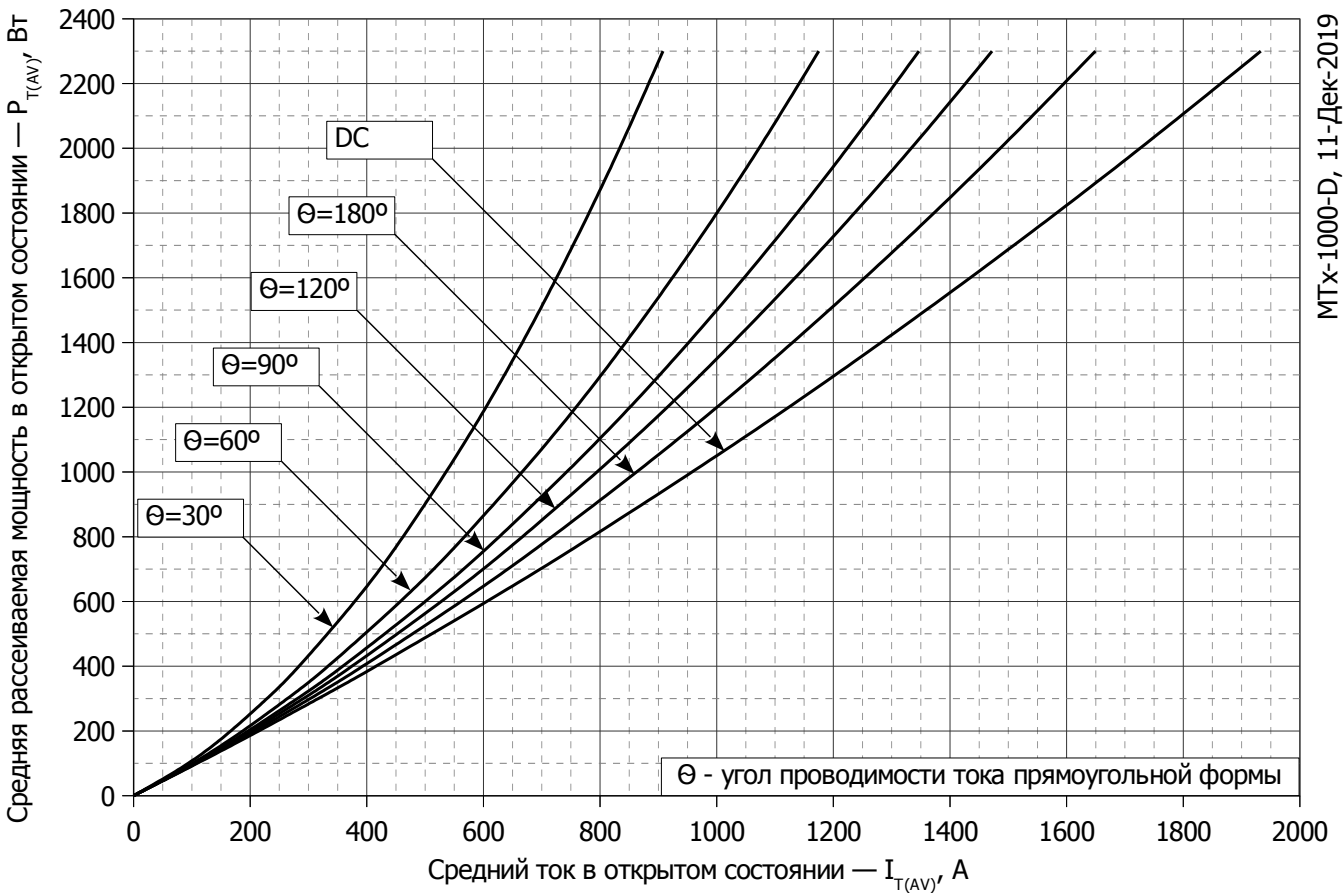


**Рис. 8 - Зависимость максимального времени обратного восстановления  $t_{rr}$  от скорости спада тока  $di_R/dt$  (по ГОСТ 24461, хорда 25%) в открытом состоянии**



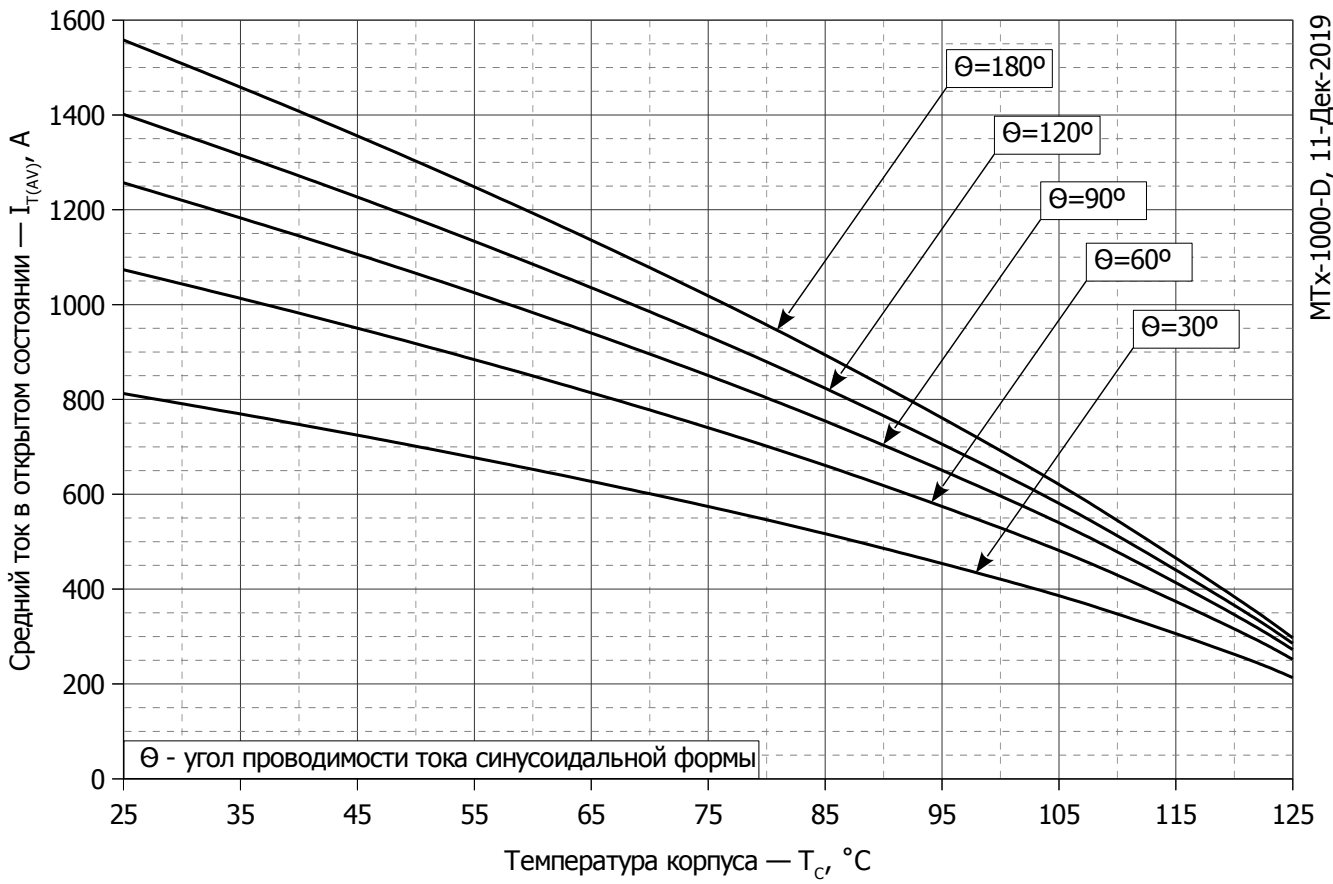
MTx-1000-D, 11-Дек-2019

**Рис. 9 - Зависимость потерь мощности  $P_{TAV}$  от среднего тока в открытом состоянии  $I_{TAV}$  синусоидальной формы при различных углах проводимости ( $f=50$  Гц, двустороннее охлаждение)**

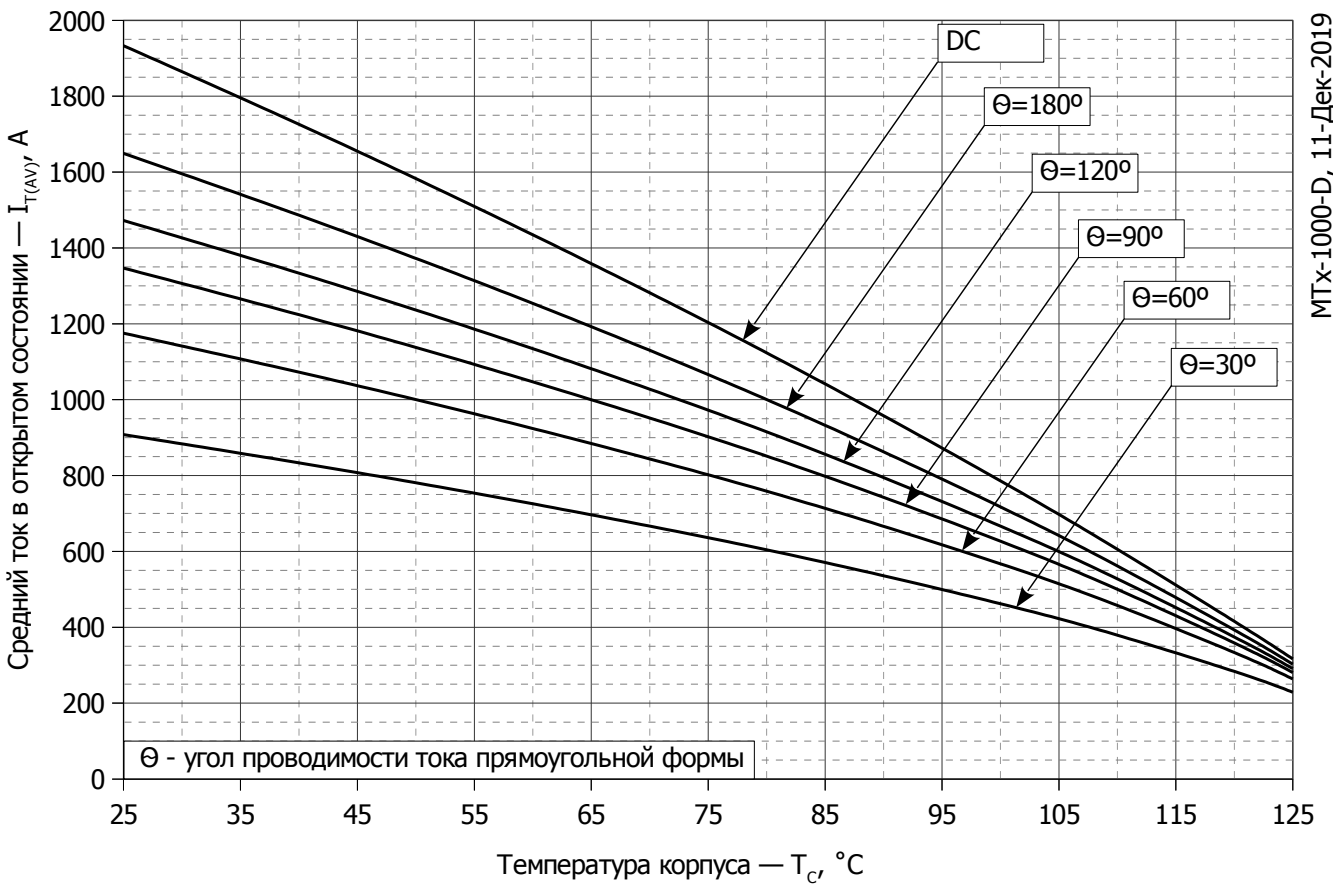


MTx-1000-D, 11-Дек-2019

**Рис. 10 – Зависимость потерь мощности  $P_{TAV}$  от среднего тока в открытом состоянии  $I_{TAV}$  прямоугольной формы при различных углах проводимости ( $f=50$  Гц, двустороннее охлаждение)**

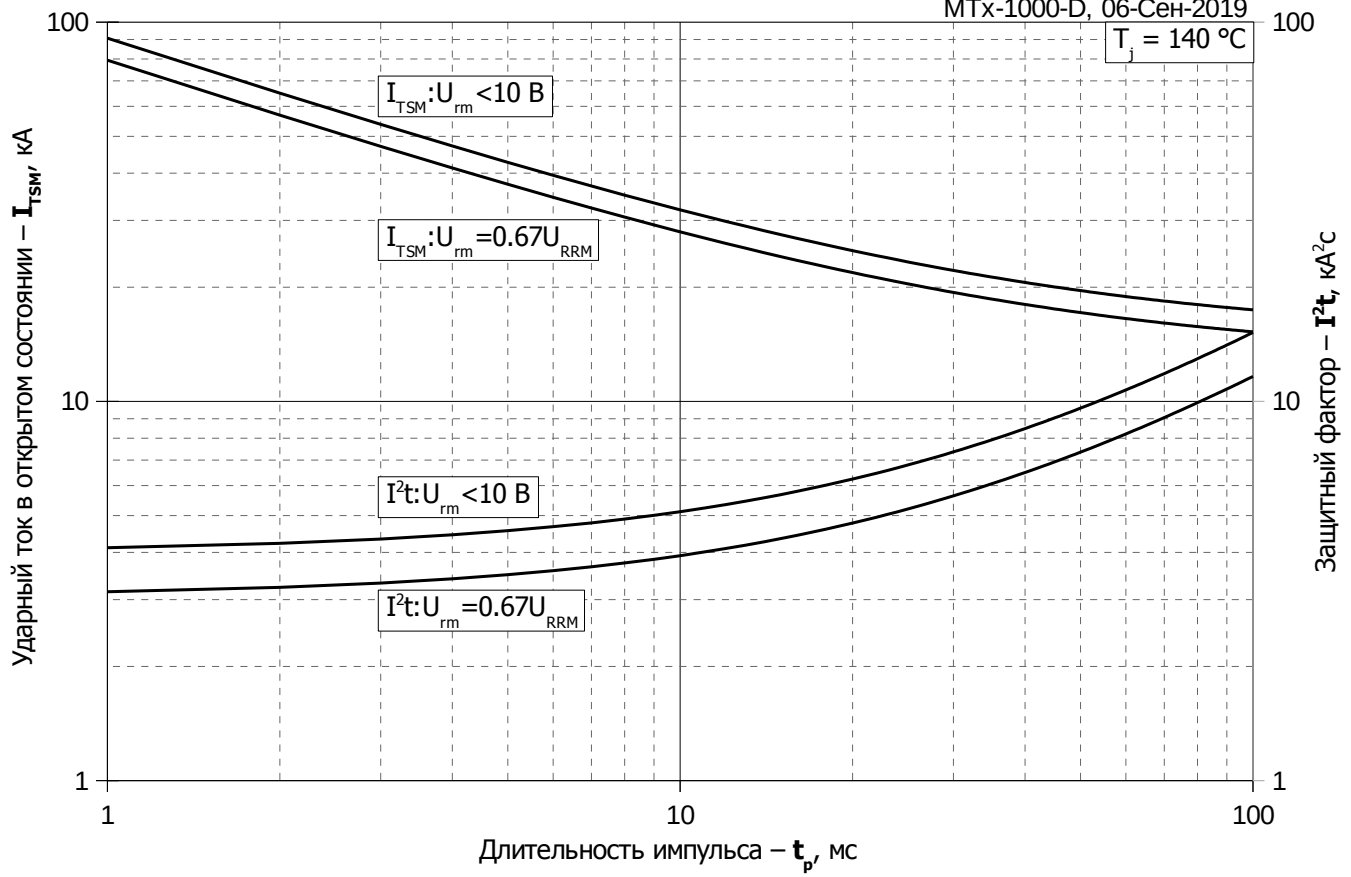


**Рис. 11 – Зависимость среднего тока в открытом состоянии  $I_{TAV}$  от температуры корпуса  $T_c$  для синусоидальной формы тока при различных углах проводимости ( $f=50$  Гц, Двустороннее охлаждение)**

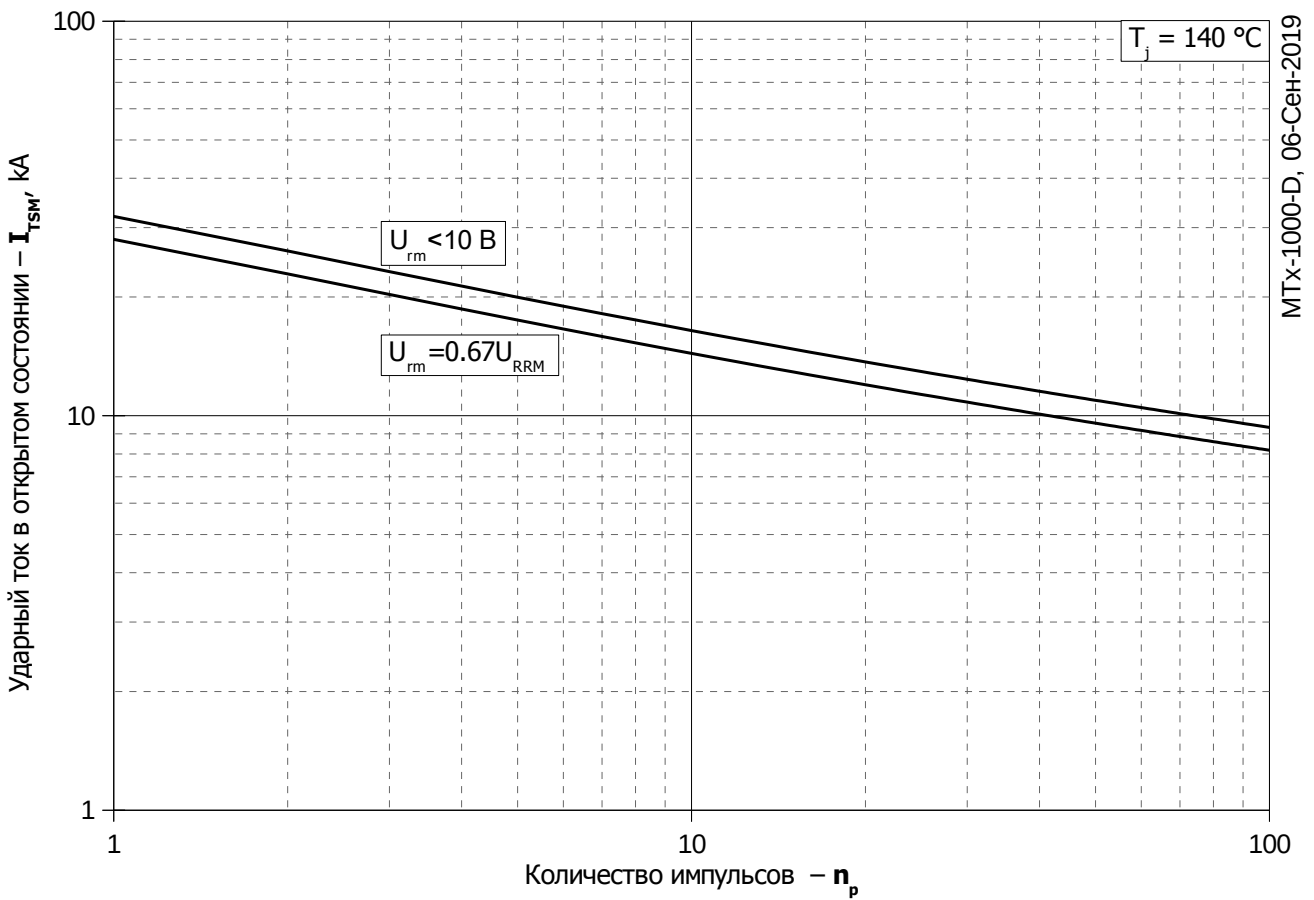


**Рис. 12 - Зависимость среднего тока в открытом состоянии  $I_{TAV}$  от температуры корпуса  $T_c$  для прямоугольной формы тока при различных углах проводимости ( $f=50$  Гц, Двустороннее охлаждение)**

$T_j = 140\text{ }^\circ\text{C}$



**Рис. 13 – Зависимость максимальной амплитуды ударного тока в открытом состоянии  $I_{FSM}$  и защитного фактора  $I^2t$  от длительности импульса  $t_p$**



MTx-1000-D, 06-Сен-2019

**Рис. 14 – Зависимость максимальной амплитуды ударного тока в открытом состоянии  $I_{FSM}$  от количества импульсов  $n_p$**