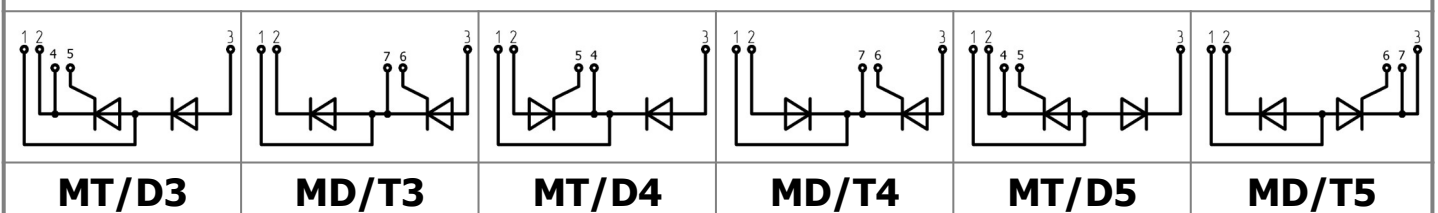
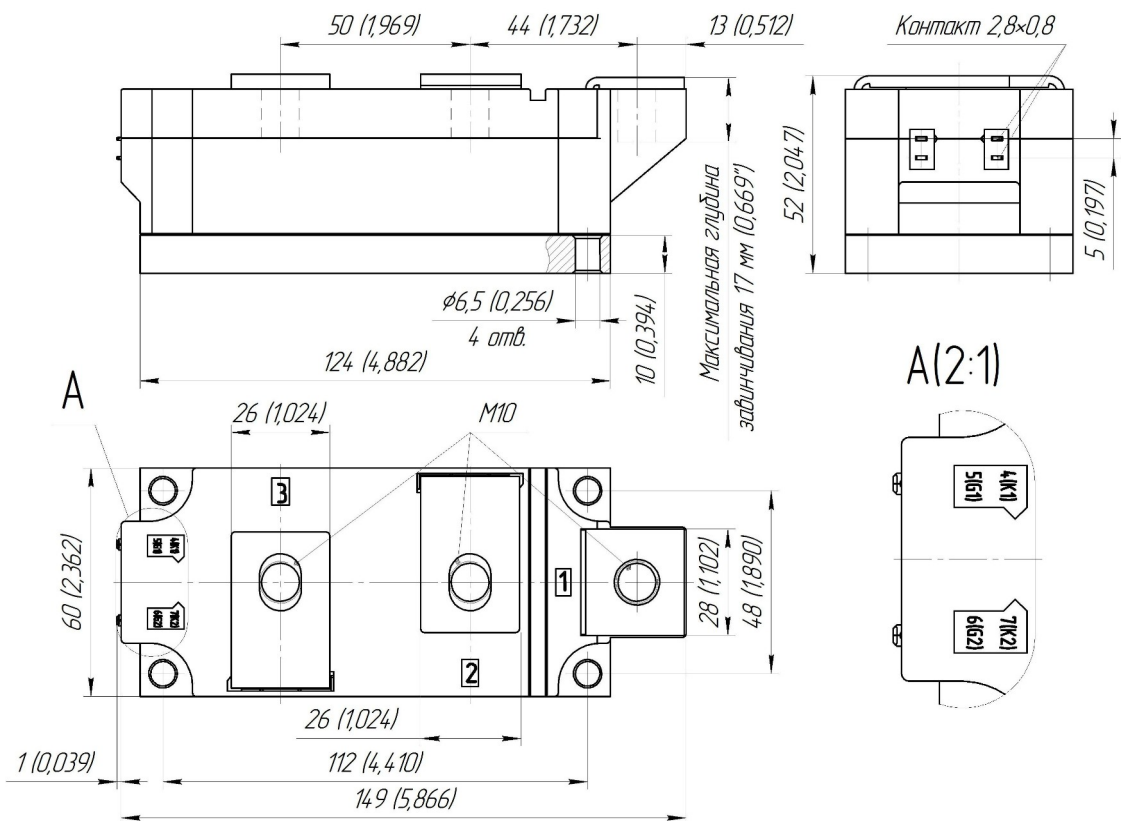
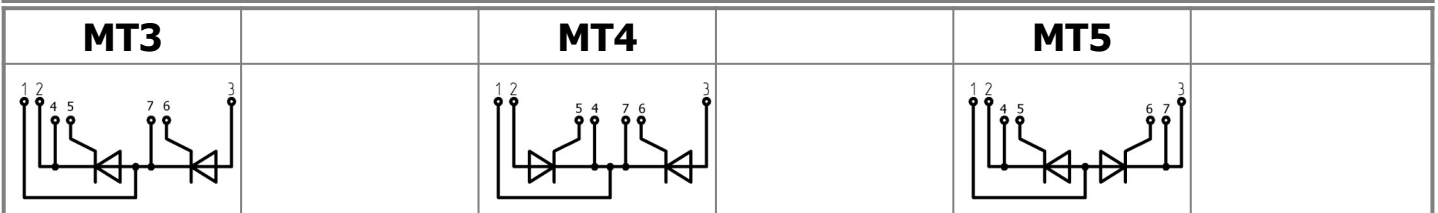




Изолированное основание  
 Корпус промышленного стандарта  
 Упрощенная механическая конструкция,  
 быстрая сборка  
 Прижимная конструкция

## Двухпозиционный Тиристорный Модуль МТх-400-28-А2

Средний прямой ток			$I_{TAV}$	400 А	
Повторяющееся импульсное напряжение в закрытом состоянии			$U_{DRM}$	2000...2800 В	
Повторяющееся импульсное обратное напряжение			$U_{RRM}$		
Время выключения			$t_q$	250 мкс	
$U_{DRM}, U_{RRM}, В$	2000	2200	2400	2600	2800
Класс по напряжению	20	22	24	26	28
$T_j, °C$	-40...+125				



**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	400 437	$T_c = 89\text{ }^\circ\text{C}$ ; $T_c = 85\text{ }^\circ\text{C}$ ; 180 эл. град. синус; 50 Гц
$I_{TRMS}$	Действующий ток в открытом состоянии	А	628	$T_c = 89\text{ }^\circ\text{C}$ ; 180 эл. град. синус; 50 Гц
$I_{TSM}$	Ударный ток в открытом состоянии	кА	11.0 13.0	$T_j = T_{j\max}$ $T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$ 180 эл. град. синус; $t_p = 10\text{ мс}$ ; единичный импульс; $U_D = U_R = 0\text{ В}$ ; Импульс управления: $I_G = 2\text{ А}$ ; $t_{GP} = 50\text{ мкс}$ ; $di_G/dt \geq 1\text{ А/мкс}$
			12.0 14.0	$T_j = T_{j\max}$ $T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$ 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	$A^2c \cdot 10^3$	600 840	$T_j = T_{j\max}$ $T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$ 180 эл. град. синус; $t_p = 10\text{ мс}$ ; единичный импульс; $U_D = U_R = 0\text{ В}$ ; Импульс управления: $I_G = 2\text{ А}$ ; $t_{GP} = 50\text{ мкс}$ ; $di_G/dt \geq 1\text{ А/мкс}$
			590 810	$T_j = T_{j\max}$ $T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$ 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	2000...2800	$T_{j\min} < T_j < T_{j\max}$ ; 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...2900	$T_{j\min} < T_j < T_{j\max}$ ; 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	1600	$T_j = T_{j\max}$ ; $U_D = 0.67 \cdot U_{DRM}$ ; $I_{TM} = 2100\text{ А}$ ; 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...+125	
$T_{c\text{ op}}$	Рабочая температура корпуса	$^\circ\text{C}$	-40...+125	
<b>Механические параметры</b>				
$a$	Ускорение	м/с <sup>2</sup>	50	

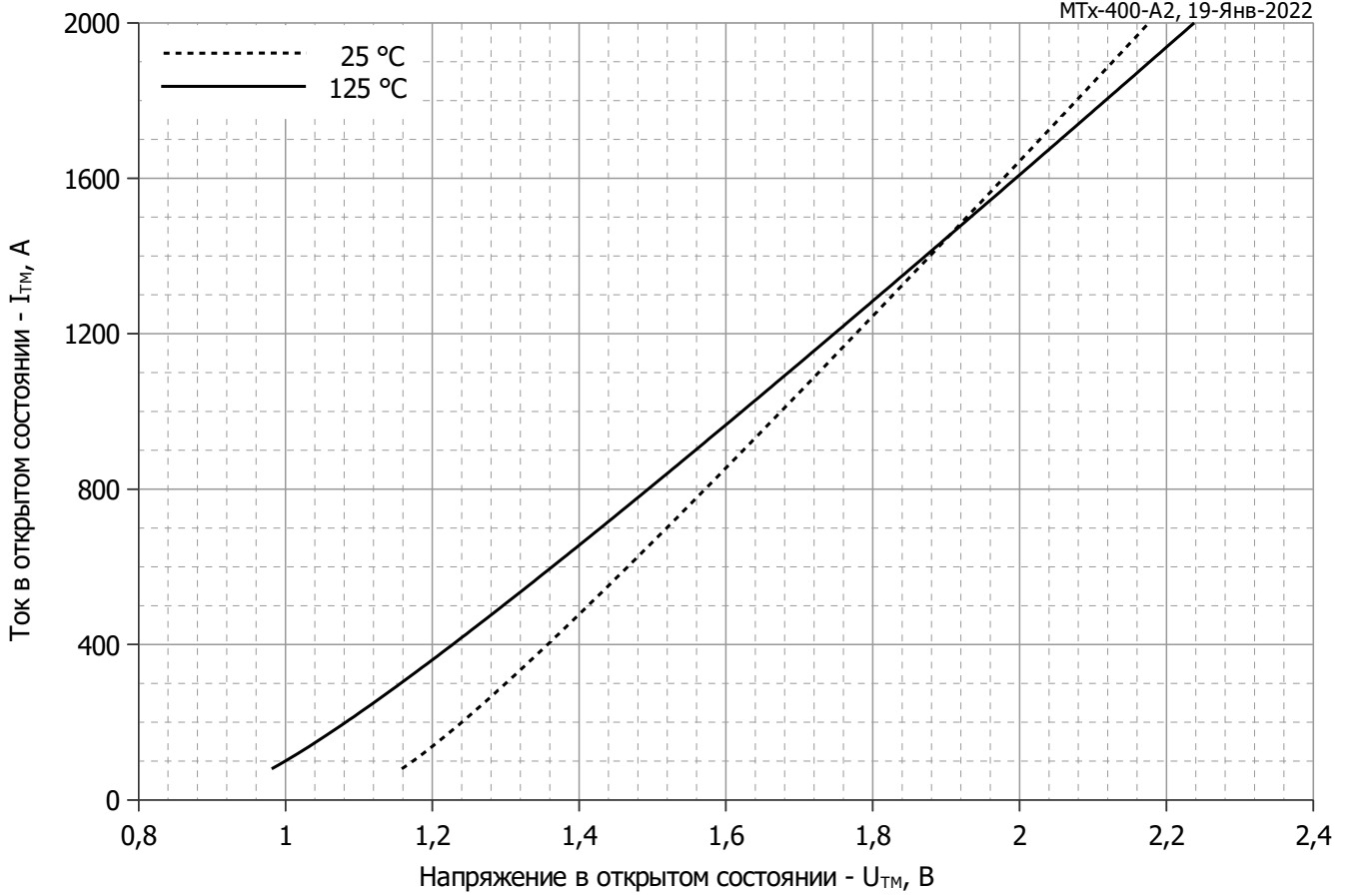
## ХАРАКТЕРИСТИКИ

Обозначение и наименование характеристики		Ед. изм.	Значение	Условия измерения			
<b>Характеристики в проводящем состоянии</b>							
$U_{TM}$	Импульсное напряжение в открытом состоянии, макс	В	1.80	$T_j=25\text{ }^\circ\text{C}$ ; $I_{TM}=1256\text{ A}$			
$U_{T(TO)}$	Пороговое напряжение, макс	В	0.989	$T_j=T_{j\text{ max}}$ ; $0.5\pi I_{TAV} < I_T < 1.5\pi I_{TAV}$			
$r_T$	Динамическое сопротивление в открытом состоянии, макс	МОм	0.626				
$I_L$	Ток включения, макс	мА	1000	$T_j=25\text{ }^\circ\text{C}$ ; $U_D=12\text{ В}$ ; Импульс управления: $I_G=2\text{ A}$ ; $t_{GP}=50\text{ мкс}$ ; $di_G/dt \geq 1\text{ А/мкс}$			
$I_H$	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	100 3.00	$T_j=T_{j\text{ max}}$ ; $T_j=25\text{ }^\circ\text{C}$	$U_D=U_{DRM}$ ; $U_R=U_{RRM}$		
$(du_D/dt)_{crit}$	Критическая скорость нарастания напряжения в закрытом состоянии <sup>1)</sup> , мин	В/мкс	200, 320, 500, 1000, 1600, 2000, 2500	$T_j=T_{j\text{ max}}$ ; $U_D=0.67\cdot U_{DRM}$ ; управление разомкнуто			
<b>Характеристики управления</b>							
$U_{GT}$	Отпирающее постоянное напряжение управления, макс	В	3.00 2.50 1.50	$T_j=T_{j\text{ min}}$ ; $T_j=25\text{ }^\circ\text{C}$ ; $T_j=T_{j\text{ max}}$	$U_D=12\text{ В}$ ; $I_D=3\text{ A}$ ; Постоянный ток управления		
$I_{GT}$	Отпирающий постоянный ток управления, макс	мА	400 250 150	$T_j=T_{j\text{ min}}$ ; $T_j=25\text{ }^\circ\text{C}$ ; $T_j=T_{j\text{ max}}$			
$U_{GD}$	Неотпирающее постоянное напряжение управления, мин	В	0.55	$T_j=T_{j\text{ max}}$ ; $U_D=0.67\cdot U_{DRM}$ ; Постоянный ток управления			
$I_{GD}$	Неотпирающий постоянный ток управления, мин	мА	60.00				
<b>Динамические характеристики</b>							
$t_{gd}$	Время задержки, макс	мкс	0.55	$T_j=25\text{ }^\circ\text{C}$ ; $U_D=1500\text{ В}$ ; $I_{TM}=I_{TAV}$ ; $di/dt=200\text{ А/мкс}$ ;			
$t_{gt}$	Время включения, макс	мкс	5.00	Импульс управления: $I_G=2\text{ A}$ ; $U_G=20\text{ В}$ ; $t_{GP}=50\text{ мкс}$ ; $di_G/dt=2\text{ А/мкс}$			
$t_q$	Время выключения <sup>2)</sup> , макс	мкс	250	$du_D/dt=50\text{ В/мкс}$ ; $T_j=T_{j\text{ max}}$ ; $I_{TM}=I_{TAV}$ ; $di_R/dt=-10\text{ А/мкс}$ ; $U_R=100\text{ В}$ ; $U_D=0.67\cdot U_{DRM}$			
$Q_{rr}$	Заряд обратного восстановления, макс	мкКл	2220	$T_j=T_{j\text{ max}}$ ; $I_{TM}=630\text{ A}$ ; $di_R/dt=-10\text{ А/мкс}$ ; $V_R=100\text{ В}$			
$t_{rr}$	Время обратного восстановления, макс	мкс	31				
$I_{rr}$	Обратный ток восстановления, макс	А	143				
<b>Тепловые характеристики</b>							
$R_{thjc}$	Тепловое сопротивление р-п переход-корпус, макс			180 эл. град. синус; 50 Гц			
		на модуль	$^\circ\text{C/Вт}$			0.0275	
		на позицию	$^\circ\text{C/Вт}$			0.0550	
		на модуль	$^\circ\text{C/Вт}$			0.0265	
$R_{thch}$	Тепловое сопротивление корпус-охладитель, макс			Постоянный ток			
			на модуль			$^\circ\text{C/Вт}$	0.0100
			на позицию			$^\circ\text{C/Вт}$	0.0200

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 (M6) <sup>3)</sup>	Нм	6.00	Допуск ± 15%	
M <sub>2</sub>	Момент затяжки выводов (M10) <sup>3)</sup>	Нм	12.00	Допуск ± 15%	
m	Масса, макс	г	1500		

МАРКИРОВКА										ПРИМЕЧАНИЕ																														
MT	3	-	400	-	28	-	A2	M2	-	A2	-	Y2																												
1	2		3		4		5	6		7		8																												
1. Тиристорный модуль (MT) Тиристорно-диодный модуль (MT/Д) Диодно-тиристорный модуль (МД/Т) 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.A2) 8. Климатическое исполнение по ГОСТ 15150: Y2													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<sub>D</sub>/dt)<sub>crit</sub>, 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> 2) Время выключения (du <sub>D</sub> /dt=50 В/мкс) <table border="1"> <thead> <tr> <th>Обозначение группы</th> <th>M2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>t<sub>q</sub>, мкс</td> <td>250</td> </tr> </tbody> </table> 3) Резьба должна быть смазана								Обозначение группы	P2	K2	E2	A2	T1	P1	M1	(du <sub>D</sub> /dt) <sub>crit</sub> , В/мкс	200	320	500	1000	1600	2000	2500	Обозначение группы	M2	t <sub>q</sub> , мкс	250
Обозначение группы	P2	K2	E2	A2	T1	P1	M1																																	
(du <sub>D</sub> /dt) <sub>crit</sub> , В/мкс	200	320	500	1000	1600	2000	2500																																	
Обозначение группы	M2																																							
t <sub>q</sub> , мкс	250																																							

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.



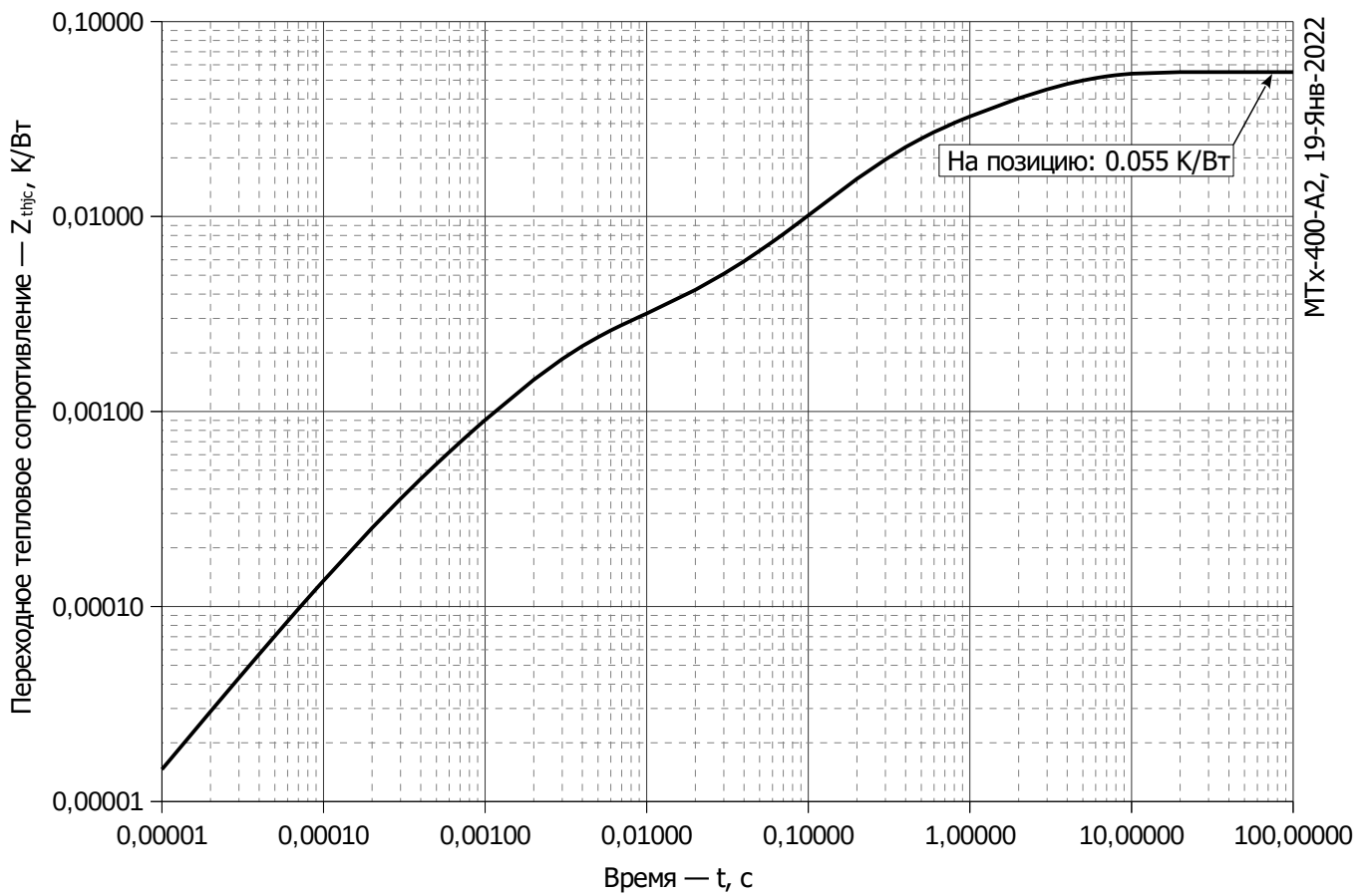
**Рис. 1 – Предельная вольт – амперная характеристика**

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 <sub>j</sub> = 25°C	T <sub>j</sub> = T <sub>j max</sub>
<b>A</b>	1.03727831	0.84863426
<b>B</b>	0.00045447	0.00054056
<b>C</b>	0.01351158	0.00964233
<b>D</b>	0.00284448	0.00524922

**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.

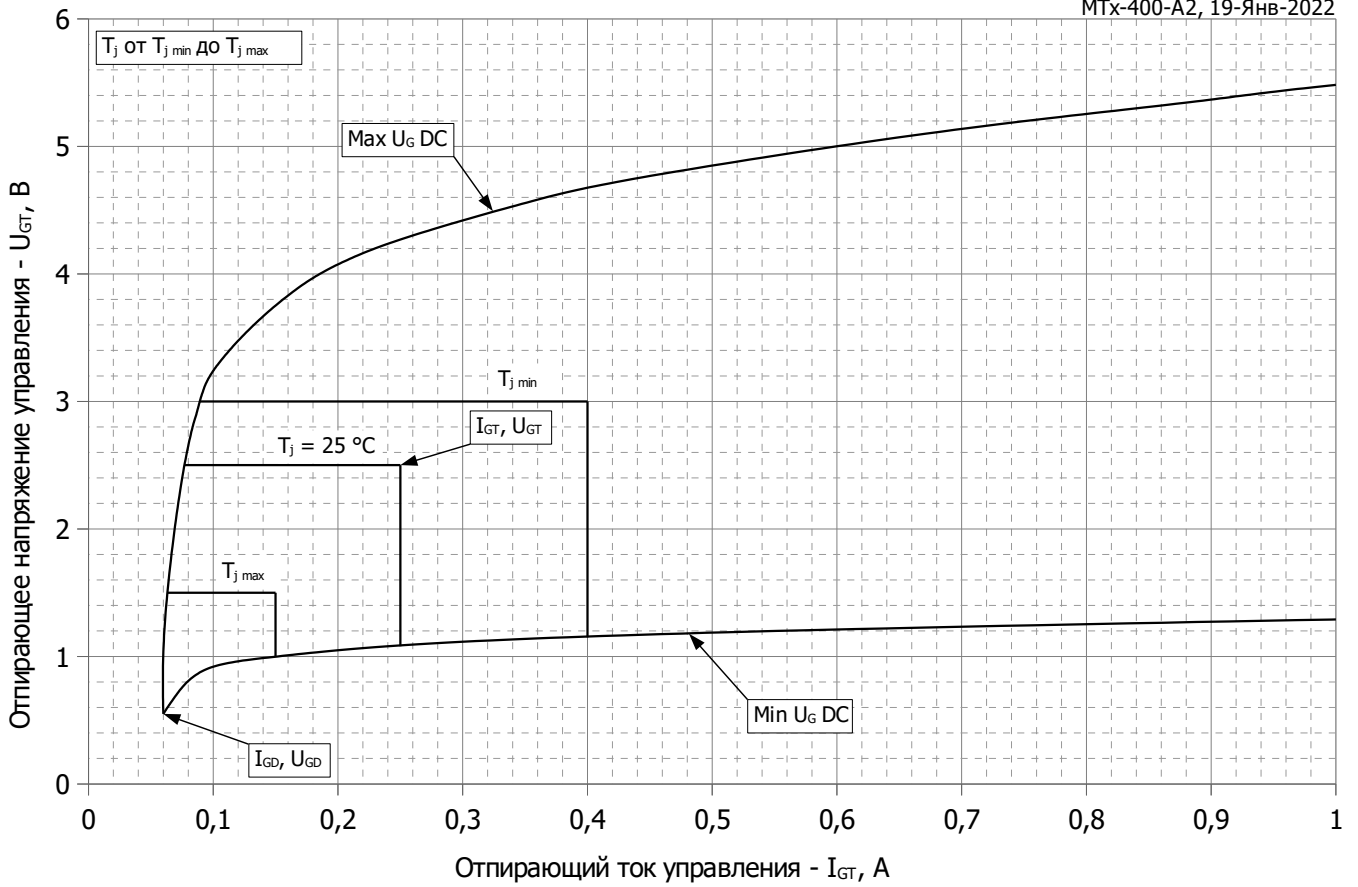
$t$  = продолжительность импульсного нагрева в секундах.

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

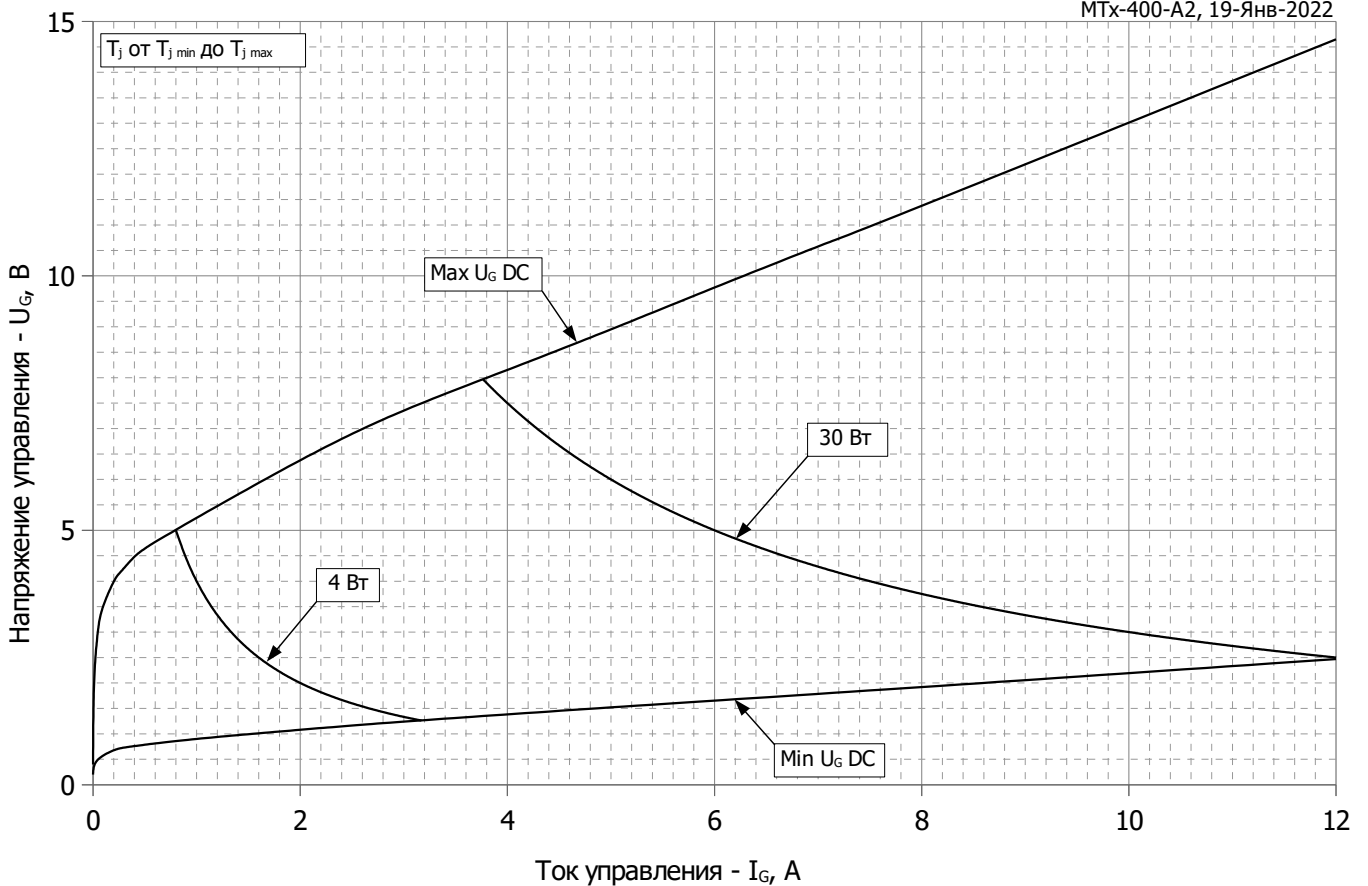
$R_i, \tau_i$  = расчетные коэффициенты, приведенные в таблице.

$i$	1	2	3	4	5	6
$R_i, K/W$	0.0249	0.0112	0.01635	0.0006528	0.001791	0.0001363
$\tau_{ij}, c$	3.132	1.000	0.2335	0.01038	0.002348	0.0002448

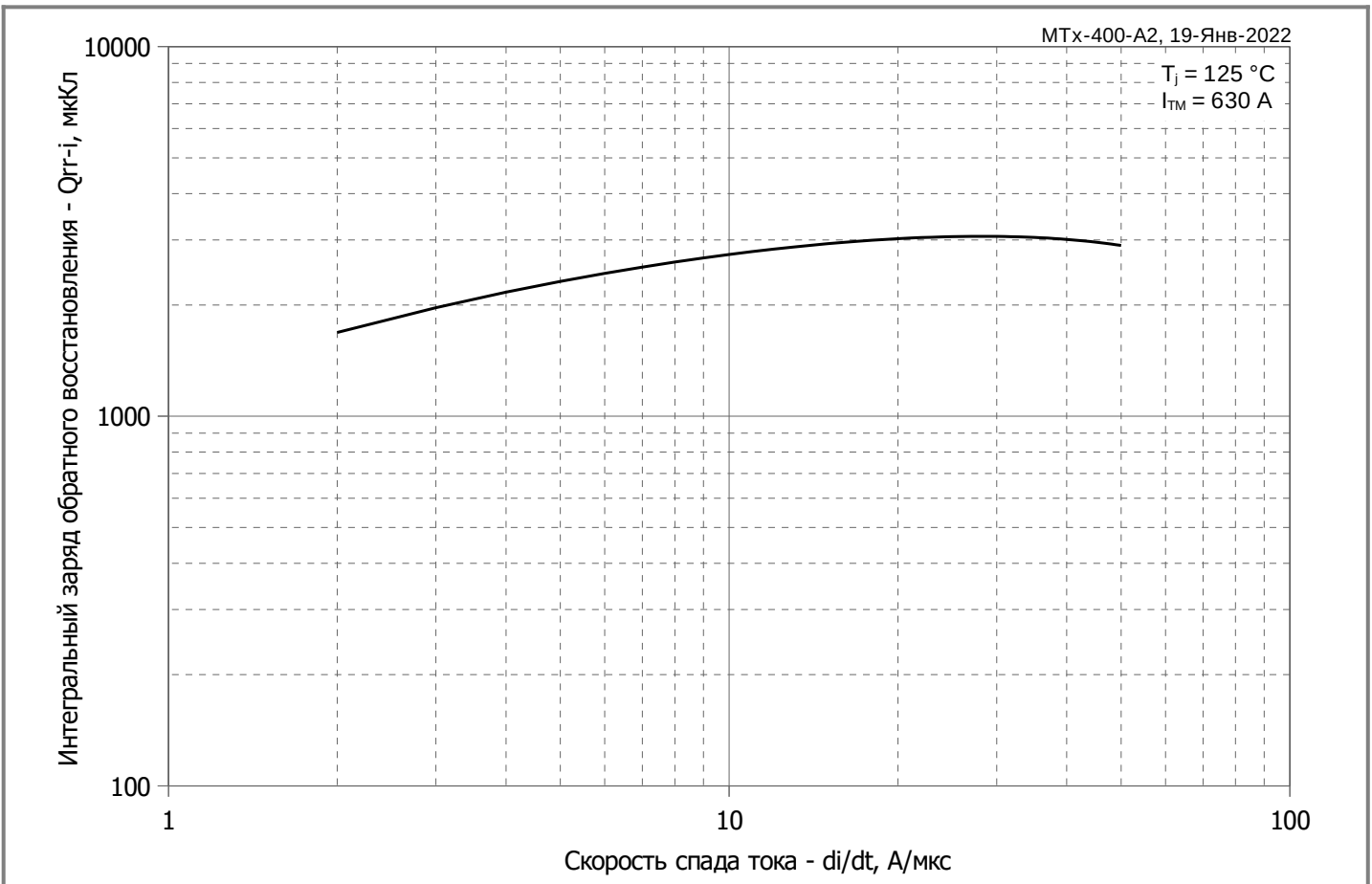
**Модель переходного теплового сопротивления переход - корпус (см. Рис. 2)**



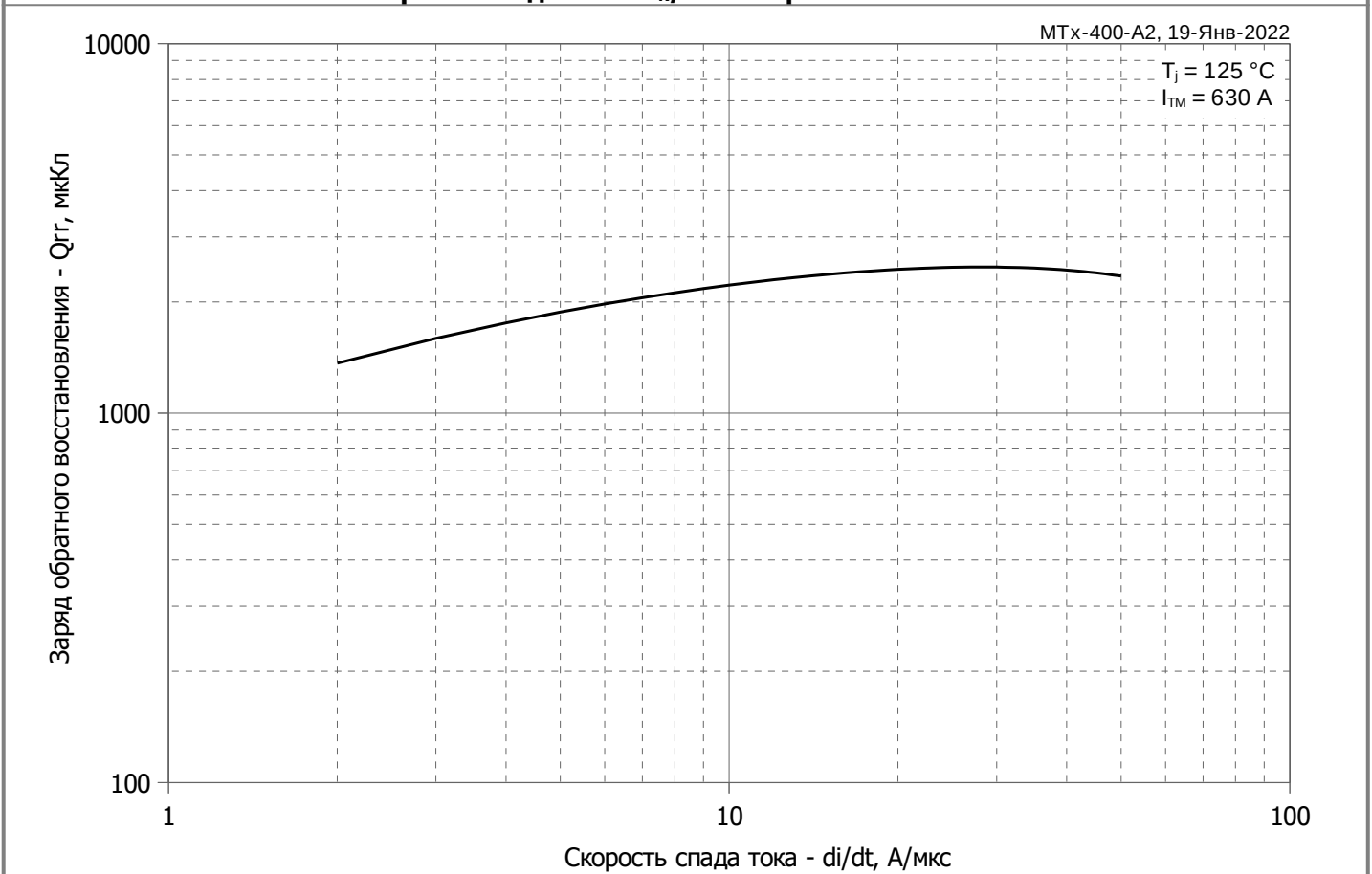
**Рис. 3 – Вольт – амперная характеристика цепи управления**



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

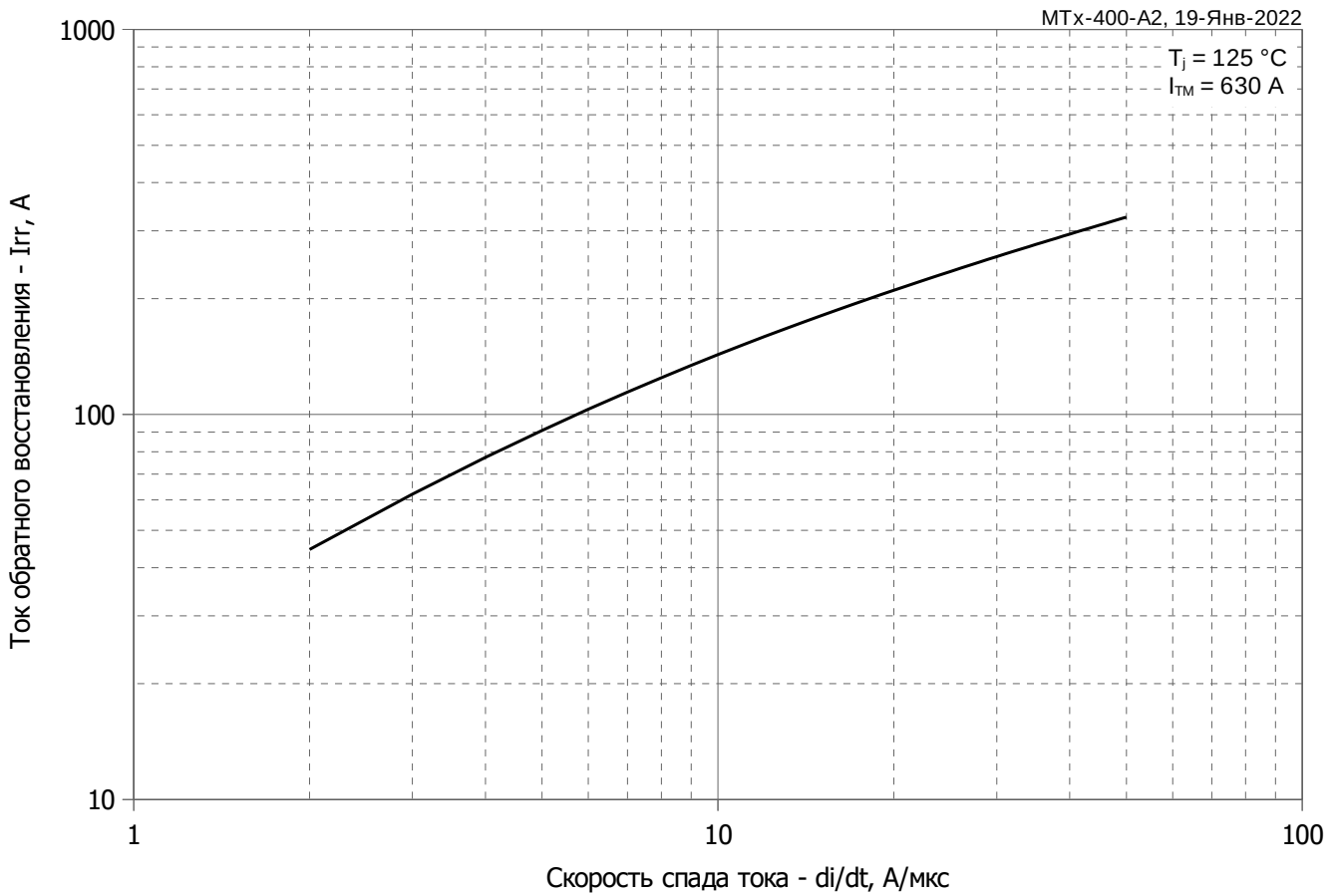


**Рис. 5 – Зависимость максимального интегрального заряда обратного восстановления  $Q_{rr-i}$  от скорости спада тока  $di_R/dt$  в открытом состоянии**

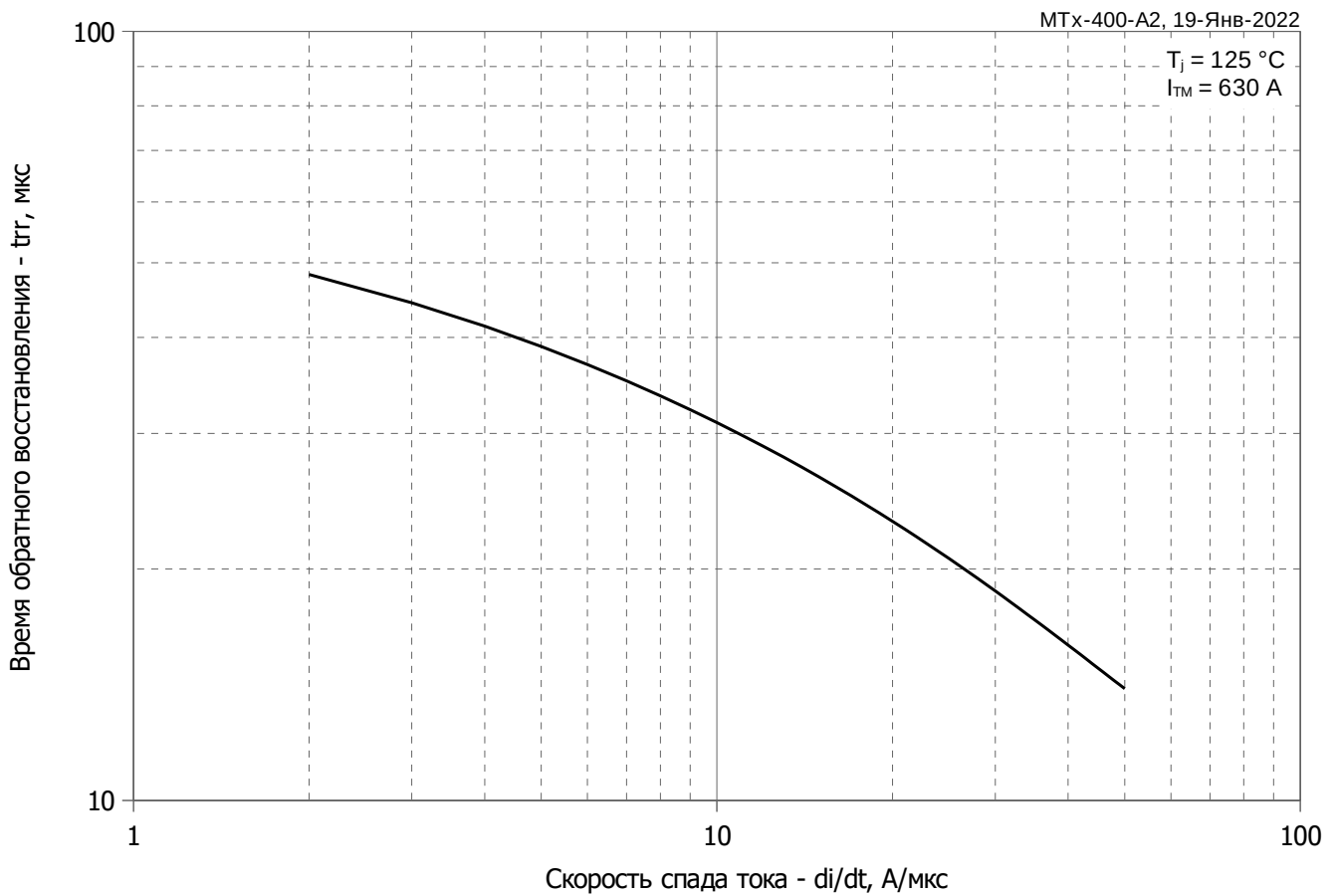


**Рис. 6 – Зависимость максимального заряда обратного восстановления  $Q_{rr}$  от скорости спада тока  $di_R/dt$  (по ГОСТ 24461, хорда 25%) в открытом состоянии**

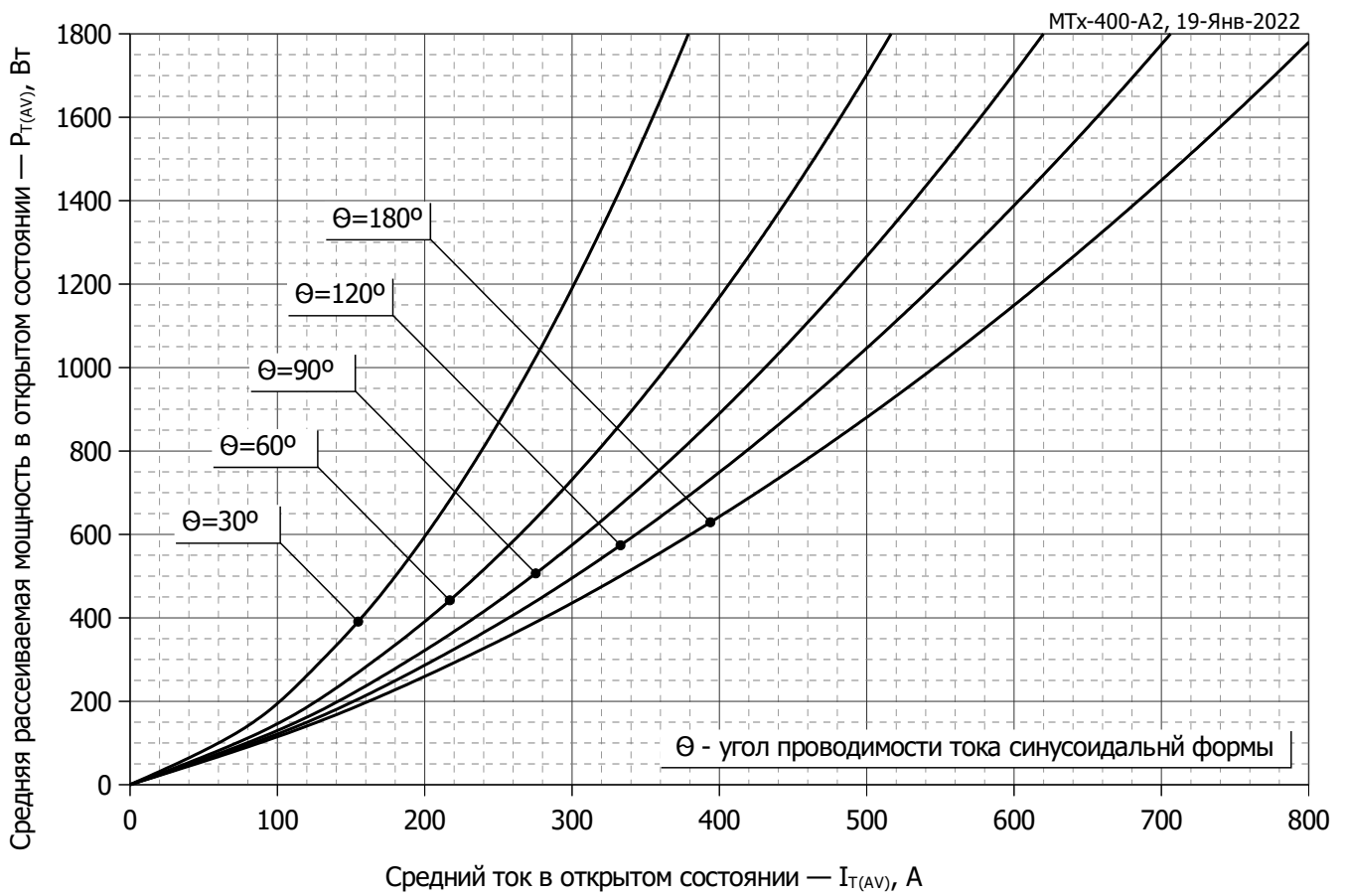




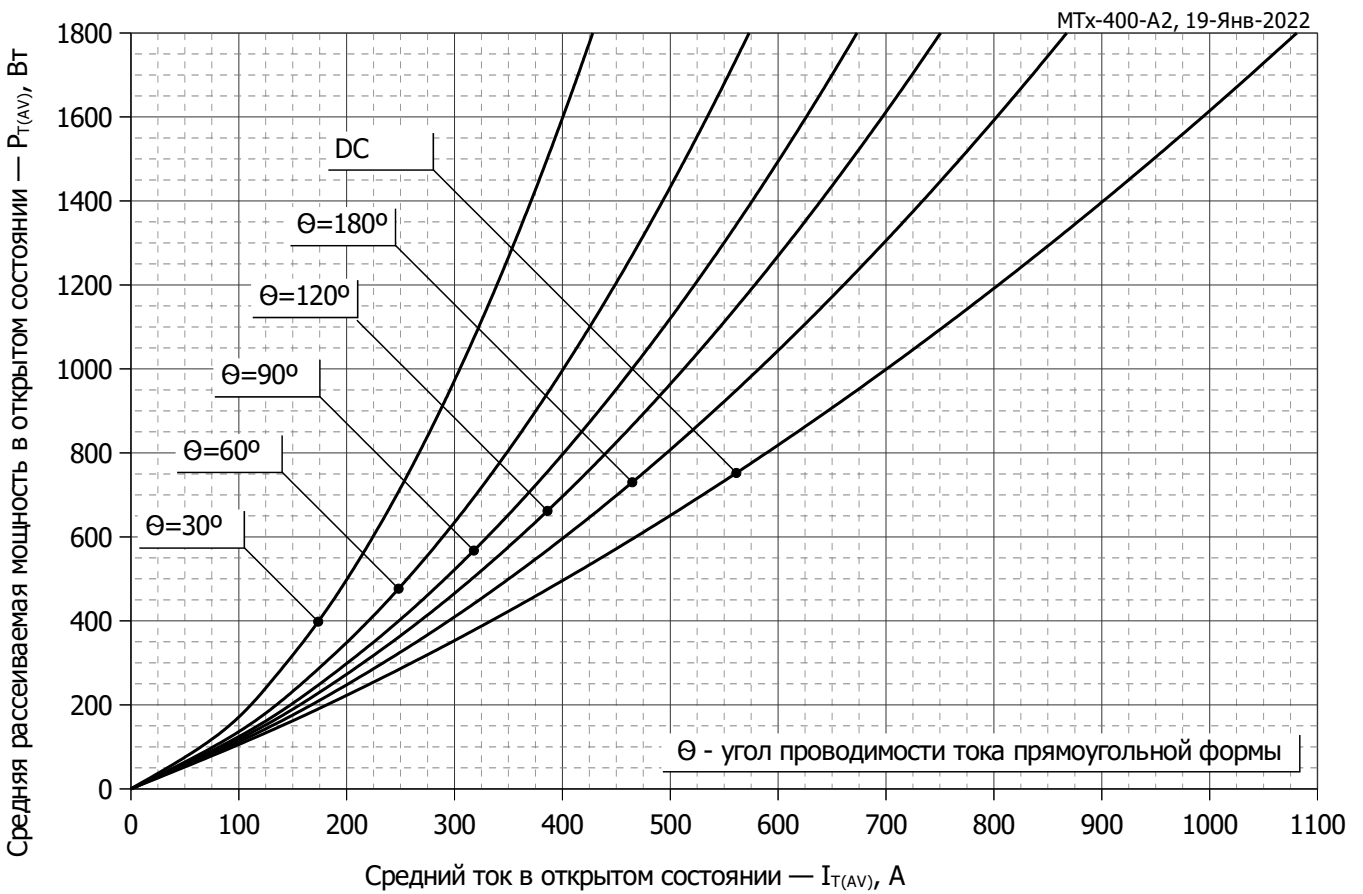
**Рис. 7 – Зависимость максимального обратного тока восстановления  $I_{rr}$  от скорости спада тока  $di_R/dt$  в открытом состоянии**



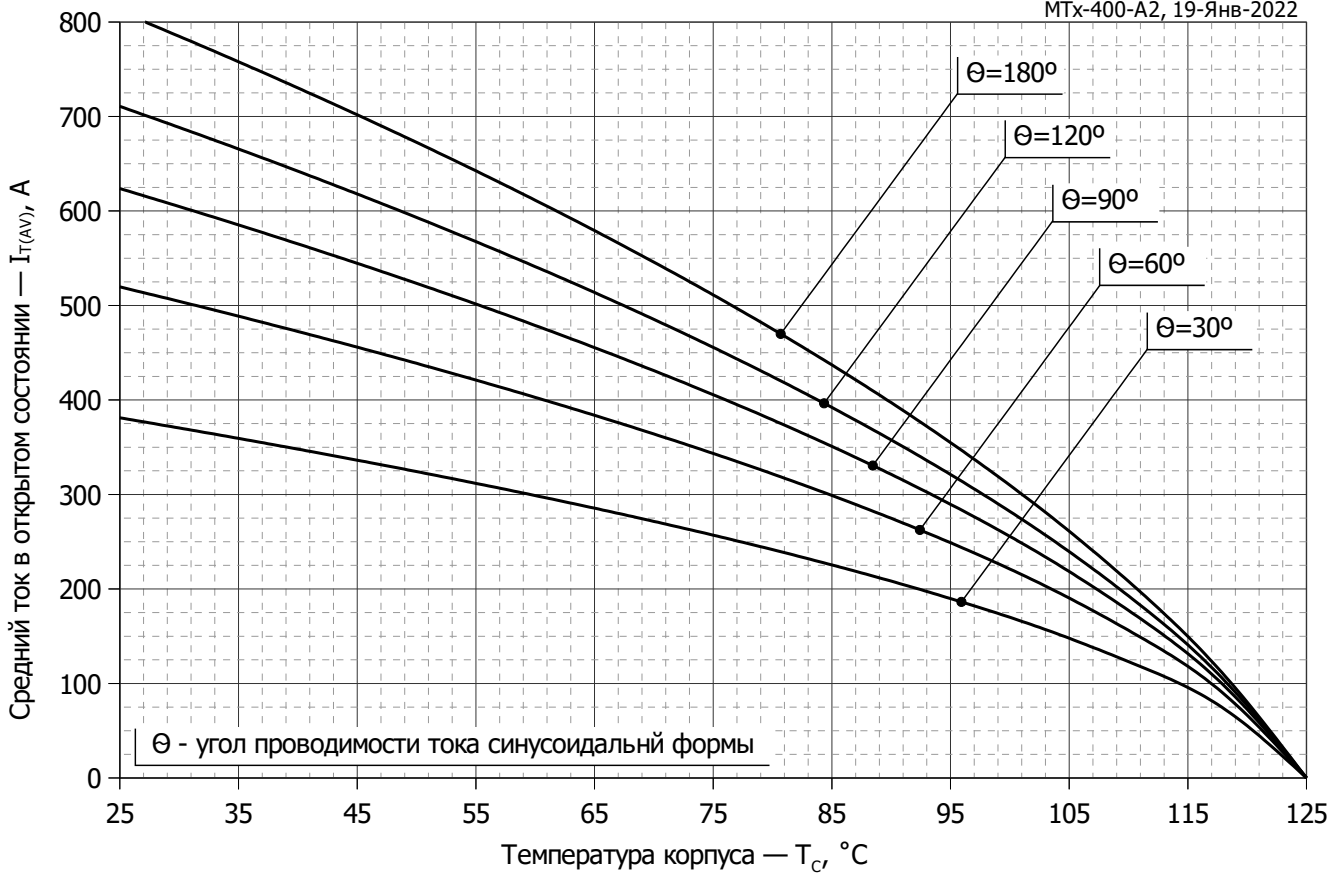
**Рис. 8 - Зависимость максимального времени обратного восстановления  $t_{rr}$  от скорости спада тока  $di_R/dt$  (по ГОСТ 24461, хорда 25%) в открытом состоянии**



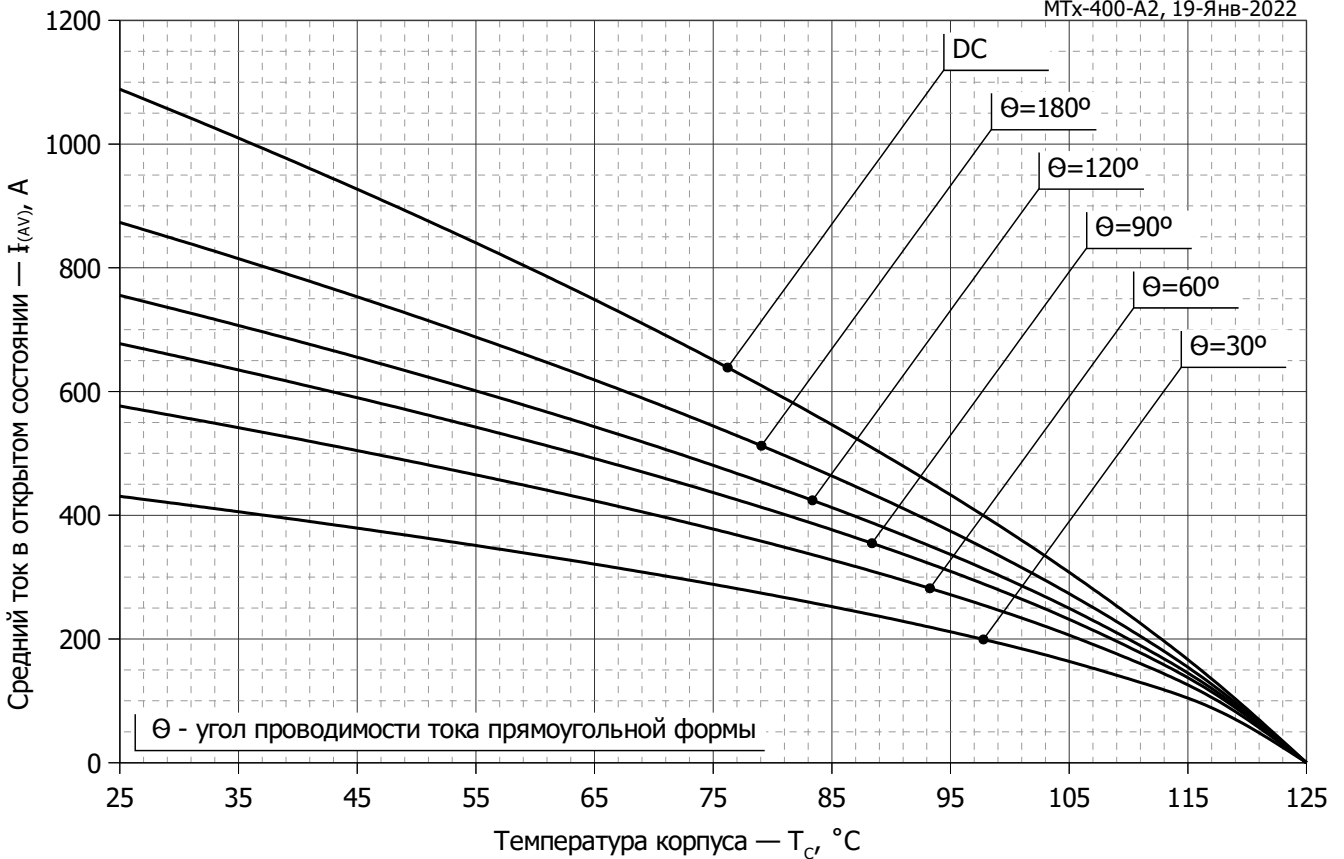
**Рис. 9 - Зависимость потерь мощности  $P_{TAV}$  от среднего тока в открытом состоянии  $I_{TAV}$  синусоидальной формы при различных углах проводимости ( $f=50$  Гц)**



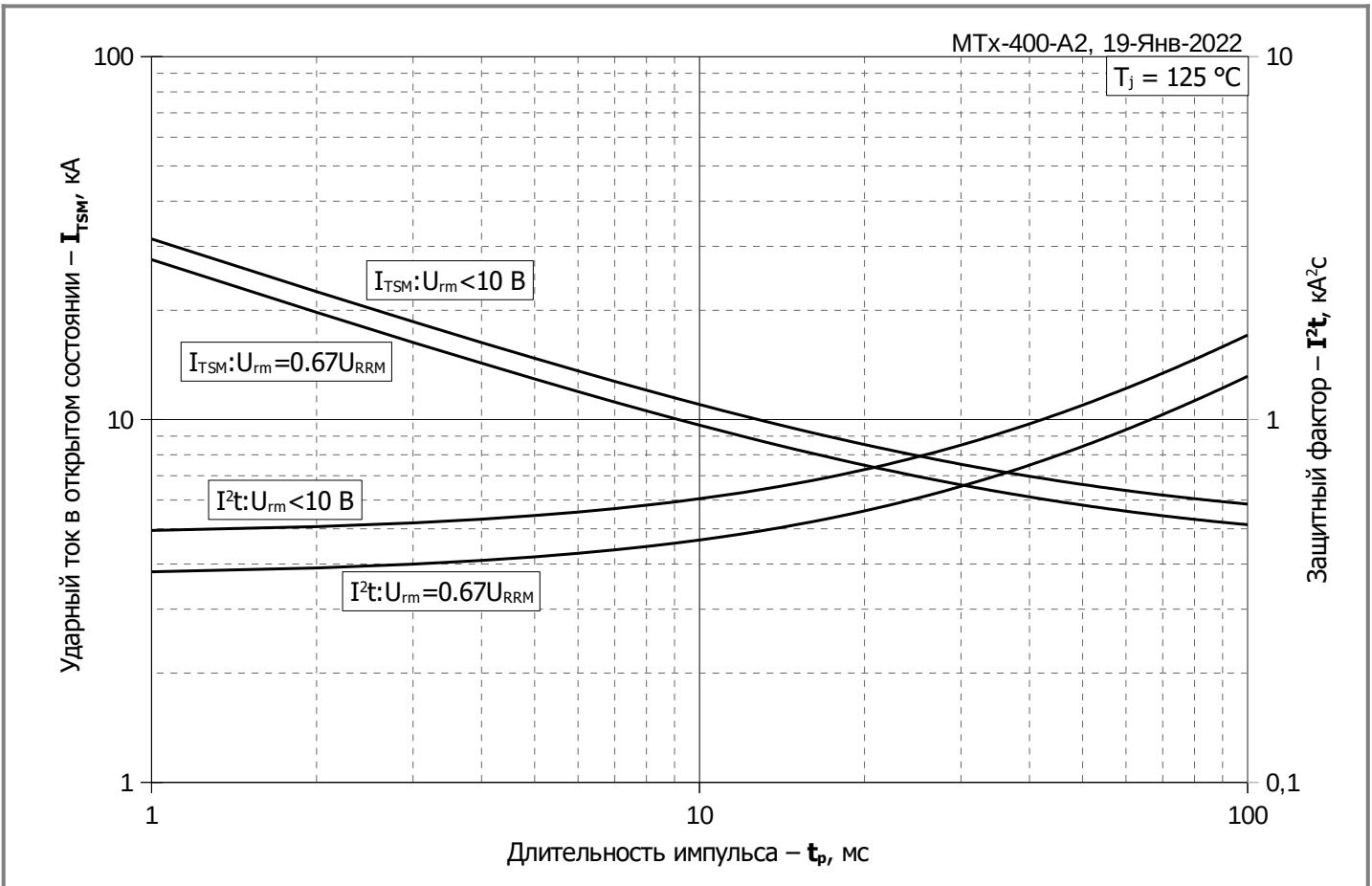
**Рис. 10 – Зависимость потерь мощности  $P_{TAV}$  от среднего тока в открытом состоянии  $I_{TAV}$  прямоугольной формы при различных углах проводимости ( $f=50$  Гц)**



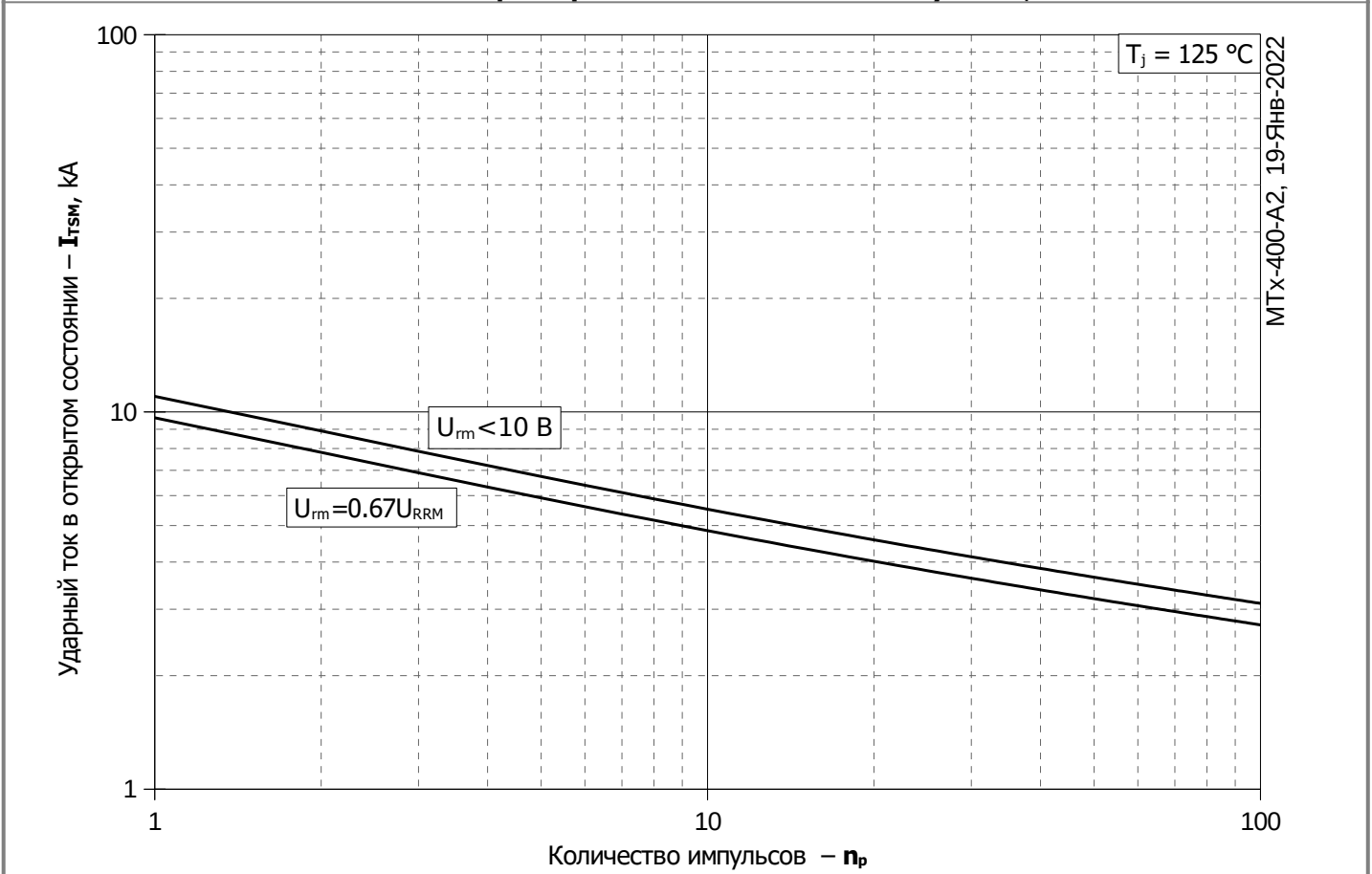
**Рис. 11 – Зависимость среднего тока в открытом состоянии  $I_{TAV}$  от температуры корпуса  $T_C$  для синусоидальной формы тока при различных углах проводимости ( $f=50$  Гц)**



**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)**



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



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