



Высокая стойкость к
электротермоциклированию
Низкие статические и динамические потери
Разработан для промышленного применения

Низкочастотный Тиристор Тип Т133-400-24

| | | | | | | | | | | | | |
|--|-----------|------|-----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|
| Средний прямой ток | I_{TAV} | | 400 А | | | | | | | | | |
| Повторяющееся импульсное напряжение в закрытом состоянии | U_{DRM} | | 1000 ÷ 2400 В | | | | | | | | | |
| Повторяющееся импульсное обратное напряжение | U_{RRM} | | | | | | | | | | | |
| Время выключения | t_q | | 200, 250, 320, 400, 500 мкс | | | | | | | | | |
| $U_{DRM}, U_{RRM}, В$ | 1000 | 1100 | 1200 | 1300 | 1400 | 1500 | 1600 | 1800 | 2000 | 2200 | 2400 | |
| Класс по напряжению | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 18 | 20 | 22 | 24 | |
| $T_j, °C$ | -60 ÷ 125 | | | | | | | | | | | |

ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ

| Обозначение и наименование параметра | | Ед. изм. | Значение | Условия измерения | |
|---|--------------------------------------|-------------------|-------------|--|---|
| Параметры в проводящем состоянии | | | | | |
| I_{TAV} | Средний ток в открытом состоянии | А | 400 518 | $T_c=97 °C$; двухстороннее охлаждение; $T_c=85 °C$; двухстороннее охлаждение; 180 эл. град. синус; 50 Гц | |
| I_{TRMS} | Действующий ток в открытом состоянии | А | 628 | $T_c=97 °C$; двухстороннее охлаждение; 180 эл. град. синус; 50 Гц | |
| I_{TSM} | Ударный ток в открытом состоянии | кА | 8.5 10.0 | $T_j=T_{jmax}$ $T_j=25 °C$ | 180 эл. град. синус; $t_p=10$ мс; единичный импульс; $U_D=U_R=0$ В; Импульс управления: $I_G=2$ А; $t_{GP}=50$ мкс; $di_G/dt \geq 1$ А/мкс |
| | | | 9.0 10.5 | $T_j=T_{jmax}$ $T_j=25 °C$ | 180 эл. град. синус; $t_p=8.3$ мс; единичный импульс; $U_D=U_R=0$ В; Импульс управления: $I_G=2$ А; $t_{GP}=50$ мкс; $di_G/dt \geq 1$ А/мкс |
| I^2t | Защитный фактор | $A^2c \cdot 10^3$ | 360 500 | $T_j=T_{jmax}$ $T_j=25 °C$ | 180 эл. град. синус; $t_p=10$ мс; единичный импульс; $U_D=U_R=0$ В; Импульс управления: $I_G=2$ А; $t_{GP}=50$ мкс; $di_G/dt \geq 1$ А/мкс |
| | | | 330 450 | $T_j=T_{jmax}$ $T_j=25 °C$ | 180 эл. град. синус; $t_p=8.3$ мс; единичный импульс; $U_D=U_R=0$ В; Импульс управления: $I_G=2$ А; $t_{GP}=50$ мкс; $di_G/dt \geq 1$ А/мкс |

| Блокирующие параметры | | | | |
|-------------------------------|---|------------------|--|---|
| U_{DRM}, U_{RRM} | Повторяющееся импульсное обратное напряжение и повторяющееся импульсное напряжение в закрытом состоянии | В | 1000÷2400 | $T_j < T_{j \max}$; 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÷2500 | $T_j < T_{j \max}$; 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 | 800 | $T_j = T_{j \max}$; $U_D = 0.67 \cdot U_{DRM}$; $I_{TM} = 1760$ А; Импульс управления: $I_G = 2$ А; $t_{GP} = 50$ мкс; $di_G/dt \geq 2$ А/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 | 1.80 | $T_j = 25$ °С; $I_{TM} = 1256$ А |
| $U_{T(TO)}$ | Пороговое напряжение, макс | В | 0.954 | $T_j = T_{j \max}$; $0.5 \pi I_{TAV} < I_T < 1.5 \pi I_{TAV}$ |
| r_T | Динамическое сопротивление в открытом состоянии, макс | МОм | 0.768 | |
| I_L | Ток включения, макс | мА | 700 | $T_j = 25$ °С; $U_D = 12$ В; Импульс управления: $I_G = 2$ А; $t_{GP} = 50$ мкс; $di_G/dt \geq 1$ А/мкс |
| I_H | Ток удержания, макс | мА | 300 | $T_j = 25$ °С; $U_D = 12$ 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 | 400 250 150 | $T_j = T_{j \min}$ $T_j = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ $T_j = T_{j \max}$ | |
| U_{GD} | Неотпирающее постоянное напряжение управления, мин | В | 0.55 | $T_j = T_{j \max};$ $U_D = 0.67 \cdot U_{DRM};$ | |
| I_{GD} | Неотпирающий постоянный ток управления, мин | мА | 30.00 | Постоянный ток управления | |

Динамические характеристики

| | | | | |
|-----------|---------------------------------------|------|-------------------------------|--|
| t_{gd} | Время задержки включения, макс | мкс | 1.10 | $T_j = 25 \text{ }^\circ\text{C}; U_D = 1000 \text{ В}; I_{TM} = I_{TAV};$ $di/dt = 200 \text{ А/мкс};$ 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, макс | мкс | 8.00 | |
| t_q | Время выключения ²⁾ , макс | мкс | 200, 250, 320, 400, 500 | $du_D/dt = 50 \text{ В/мкс}; T_j = T_{j \max}; I_{TM} = I_{TAV};$ $di_R/dt = -10 \text{ А/мкс}; U_R = 100 \text{ В};$ $U_D = 0.67 \cdot U_{DRM};$ |
| Q_{rr} | Заряд обратного восстановления, макс | мкКл | 1000 | $T_j = T_{j \max}; I_{TM} = 400 \text{ А};$ $di_R/dt = -10 \text{ А/мкс};$ $U_R = 100 \text{ В}$ |
| t_{rr} | Время обратного восстановления, макс | мкс | 20 | |
| I_{rrM} | Ток обратного восстановления, макс | А | 100 | |

Тепловые характеристики

| | | | | | |
|--------------|---|---------------------|-------|----------------|------------------------------|
| R_{thjc} | Тепловое сопротивление р-п переход-корпус, макс | $^\circ\text{C/Вт}$ | 0.040 | Постоянный ток | Двухстороннее охлаждение |
| R_{thjc-A} | | | 0.088 | | Охлаждение со стороны анода |
| R_{thjc-K} | | | 0.072 | | Охлаждение со стороны катода |
| R_{thck} | Тепловое сопротивление корпус-охладитель, макс | $^\circ\text{C/Вт}$ | 0.008 | Постоянный ток | |

Механические характеристики

| | | | |
|-------|---------------------------------------|--------------|------------------|
| w | Масса, макс | г | 180 |
| D_s | Длина пути тока утечки по поверхности | мм (дюйм) | 19.44 (0.765) |
| D_a | Длина пути тока утечки по воздуху | мм (дюйм) | 12.10 (0.476) |

МАРКИРОВКА

| T | 133 | 400 | 24 | A2 | E2 | УХЛ2 |
|---|-----|-----|----|----|----|------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |

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

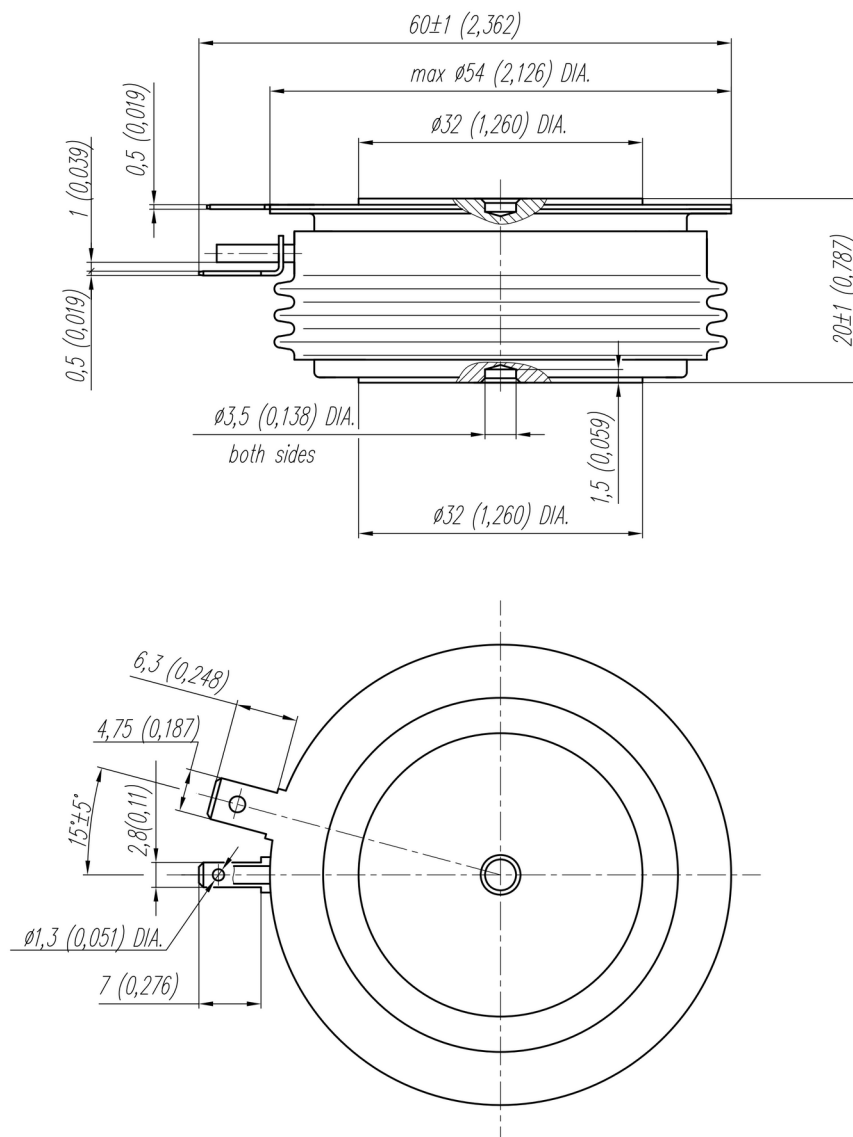
ПРИМЕЧАНИЕ

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

| Обозначение группы | P2 | M2 | K2 | H2 | E2 |
|--------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| $t_q, \text{ мкс}$ | 200 | 250 | 320 | 400 | 500 |



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.

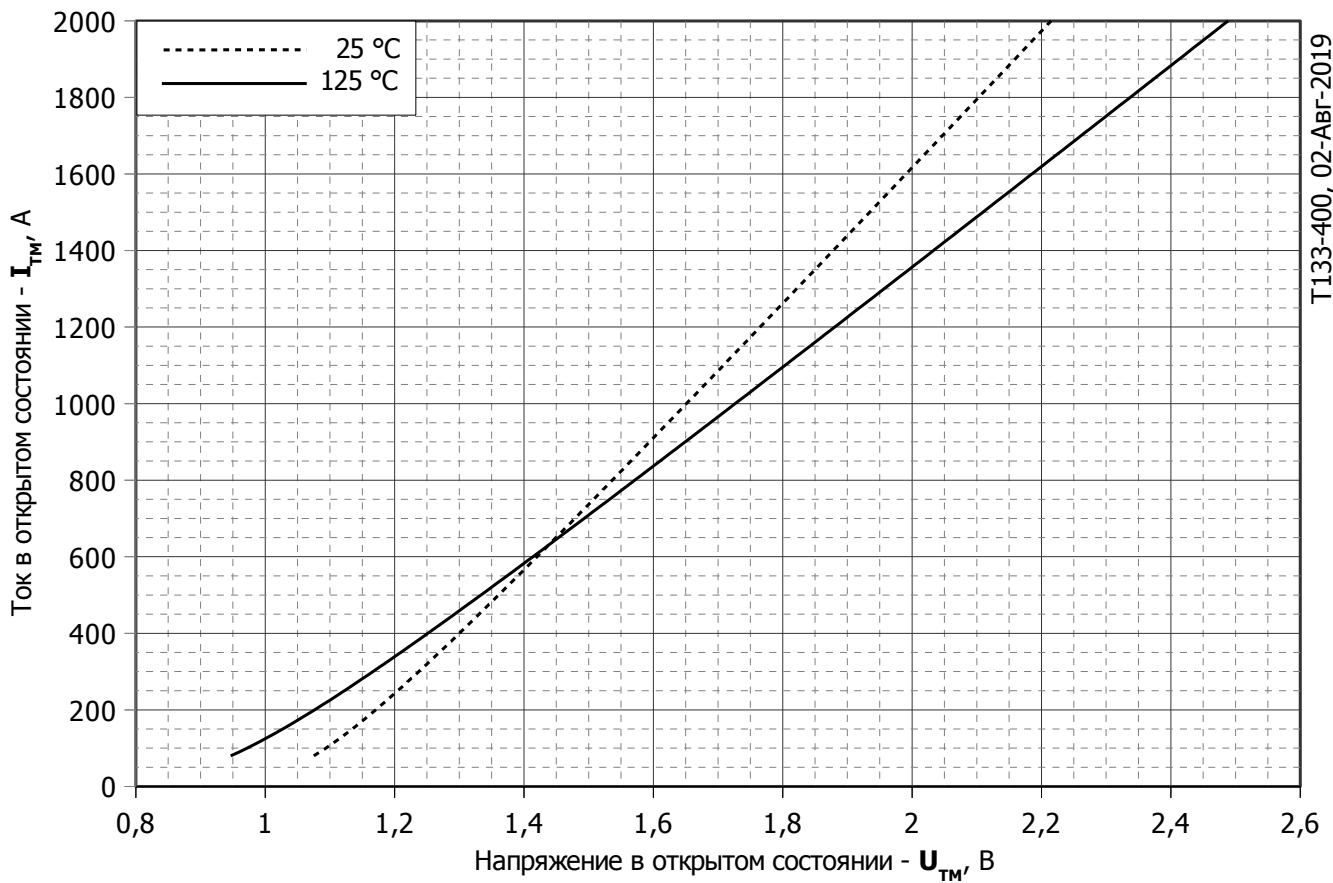


Рис. 1 – Предельная вольт – амперная характеристика

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 | |
|----------|--------------------------|--------------------|
| | $T_j = 25^\circ\text{C}$ | $T_j = T_{j \max}$ |
| A | 0.85472000 | 0.6481600 |
| B | 0.00056597 | 0.0007637 |
| C | 0.04503300 | 0.0608000 |
| D | -0.00254700 | -0.0033327 |

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

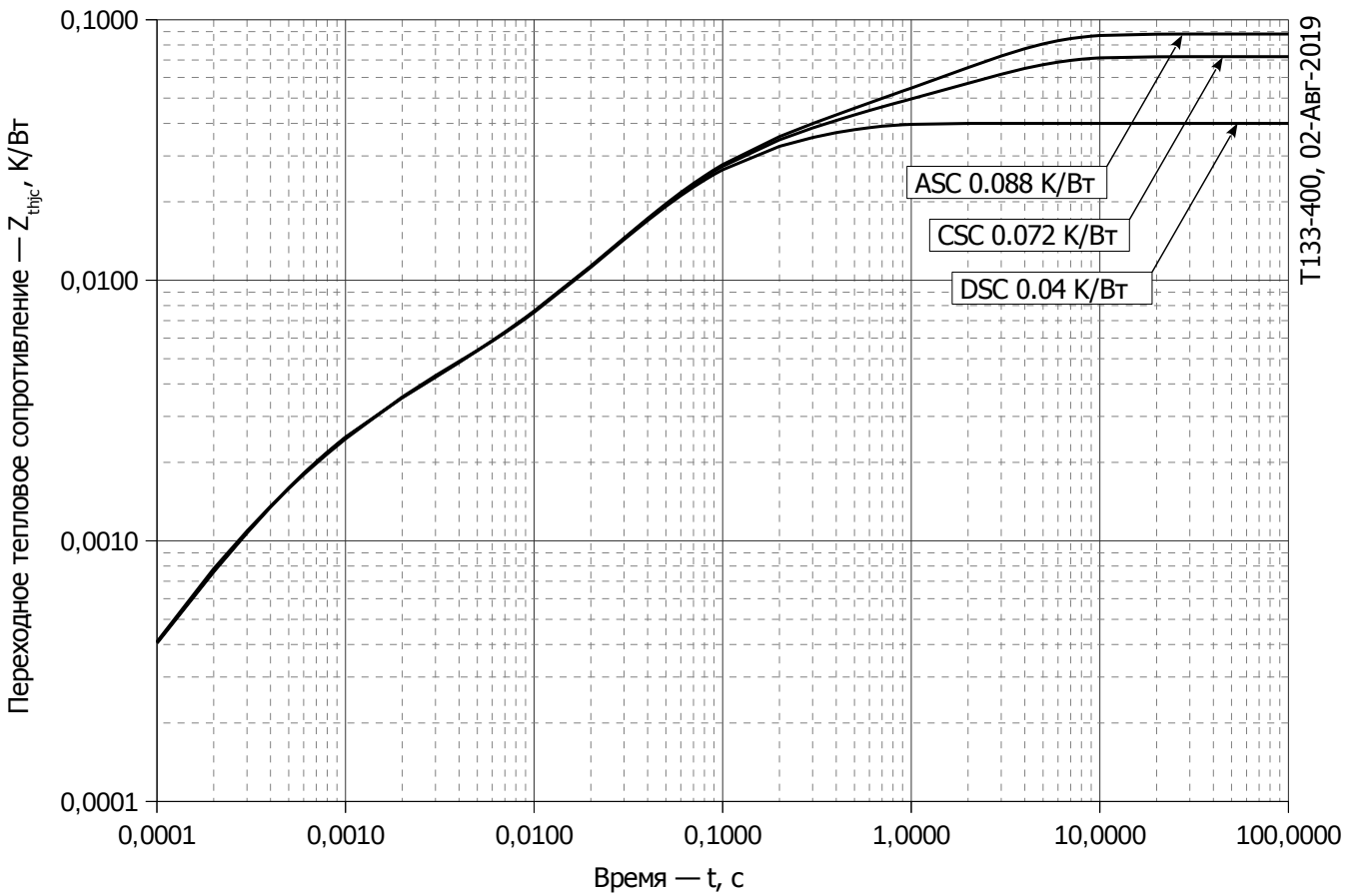


Рис. 2 – Зависимость переходного теплового сопротивления Z_{thjc} от времени t

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, τ_i = расчетные коэффициенты, приведенные в таблице.

Постоянный ток, двустороннее охлаждение

| i | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|--------------------|---------|---------|----------|----------|-------------|-----------|
| $R_i, \text{K/Вт}$ | 0.01423 | 0.01906 | 0.003576 | 0.002535 | -4.666e-005 | 0.0006479 |
| $\tau_i, \text{с}$ | 0.265 | 0.05901 | 0.03499 | 0.001252 | 0.000001 | 0.0002488 |

Постоянный ток, охлаждение со стороны анода

| i | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|--------------------|---------|----------|---------|---------|----------|-----------|
| $R_i, \text{K/Вт}$ | 0.04804 | 0.001789 | 0.01342 | 0.02147 | 0.001374 | 0.001945 |
| $\tau_i, \text{с}$ | 2.651 | 0.4195 | 0.2622 | 0.05451 | 0.002585 | 0.0005847 |

Постоянный ток, охлаждение со стороны катода

| i | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|--------------------|---------|---------|----------|---------|----------|-----------|
| $R_i, \text{K/Вт}$ | 0.03216 | 0.01306 | 0.002934 | 0.02064 | 0.001493 | 0.001786 |
| $\tau_i, \text{с}$ | 2.647 | 0.2831 | 0.1455 | 0.05284 | 0.002255 | 0.0005519 |

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

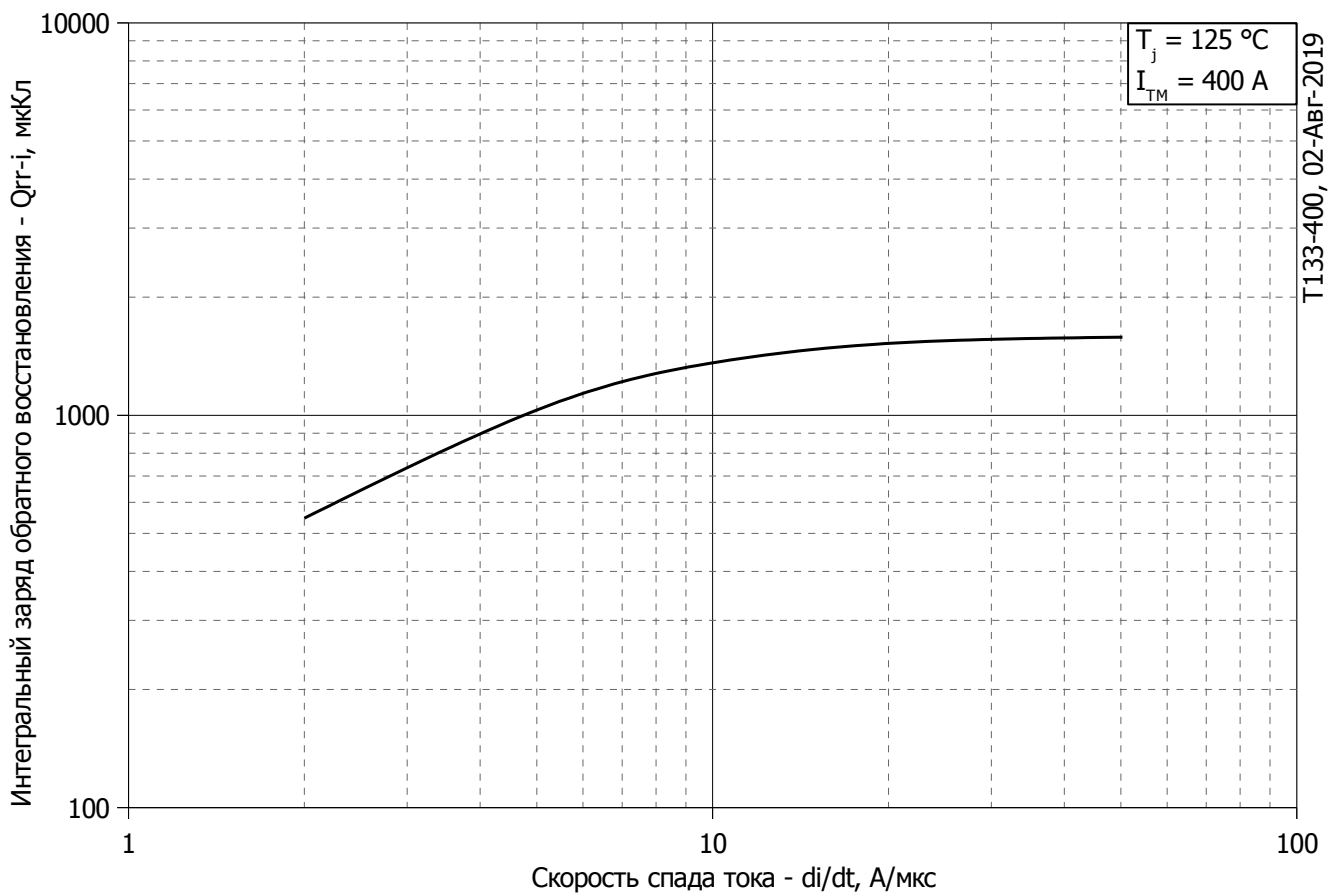


Рис. 3 – Зависимость максимального интегрального заряда обратного восстановления Q_{rr-i} от скорости спада тока di_R/dt в открытом состоянии

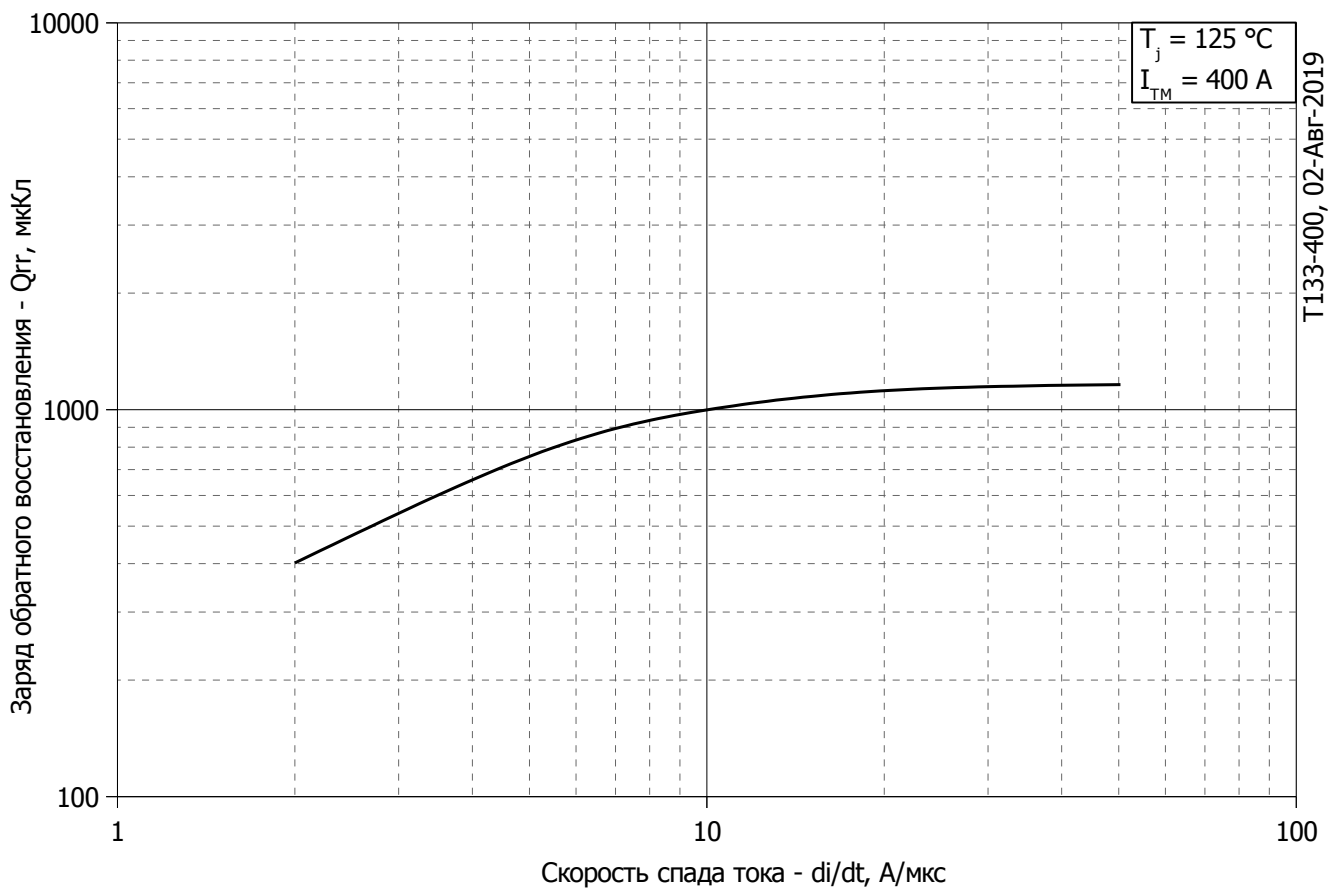


Рис. 4 – Зависимость максимального заряда обратного восстановления Q_{rr} от скорости спада тока di_R/dt (по ГОСТ 24461, хорда 25%) в открытом состоянии

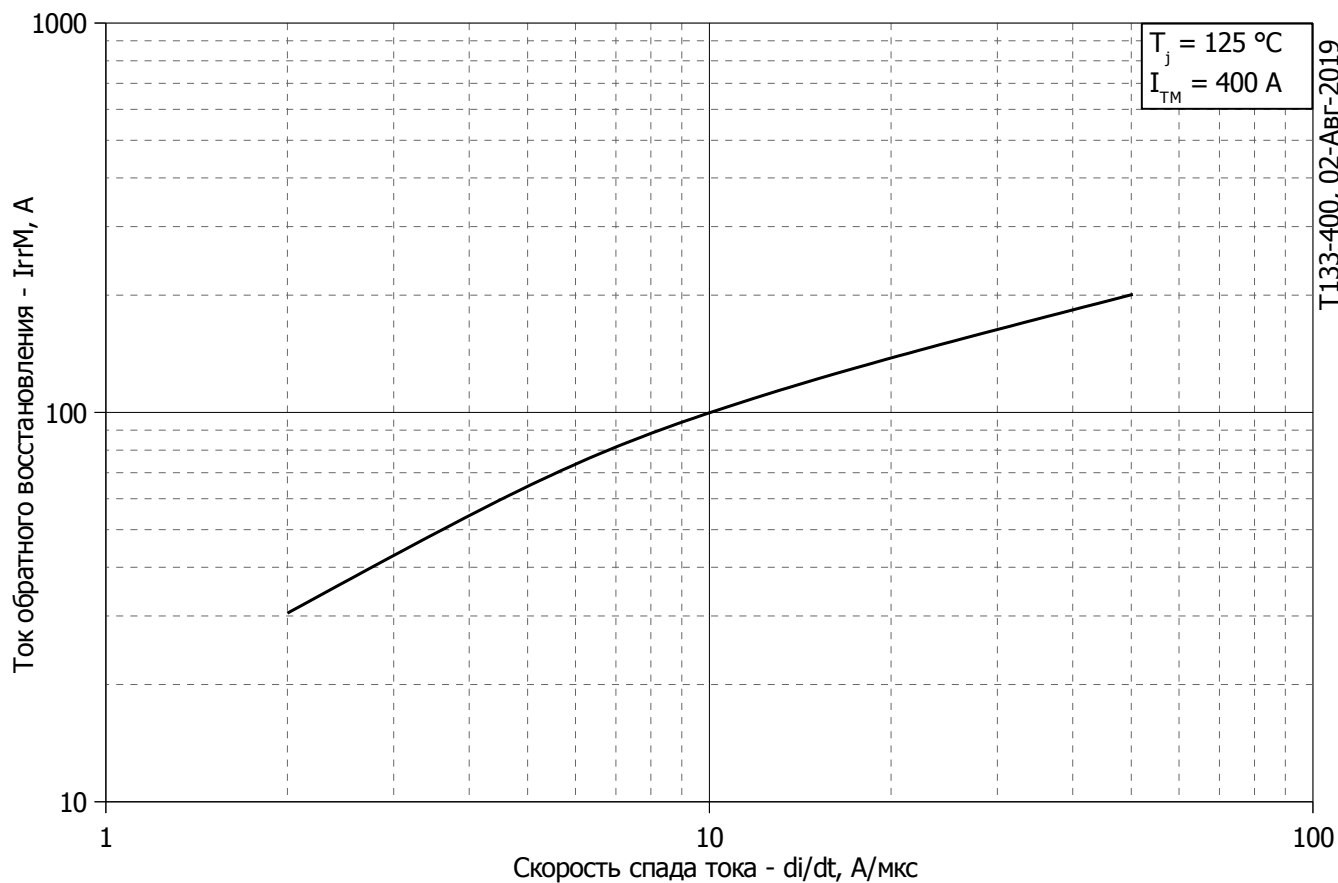


Рис. 5 – Зависимость максимального тока обратного восстановления I_{TM} от скорости спада тока di_R/dt в открытом состоянии

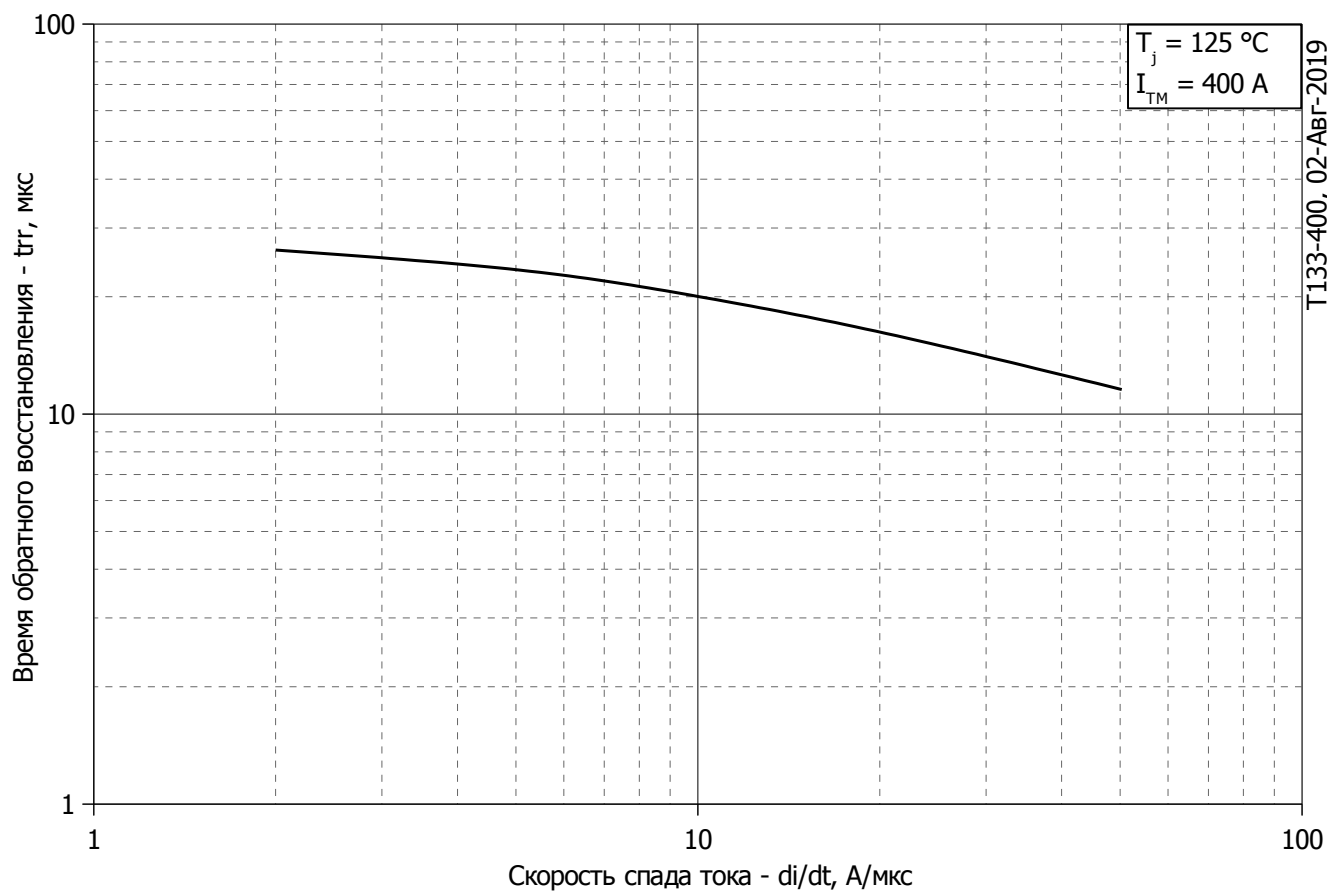
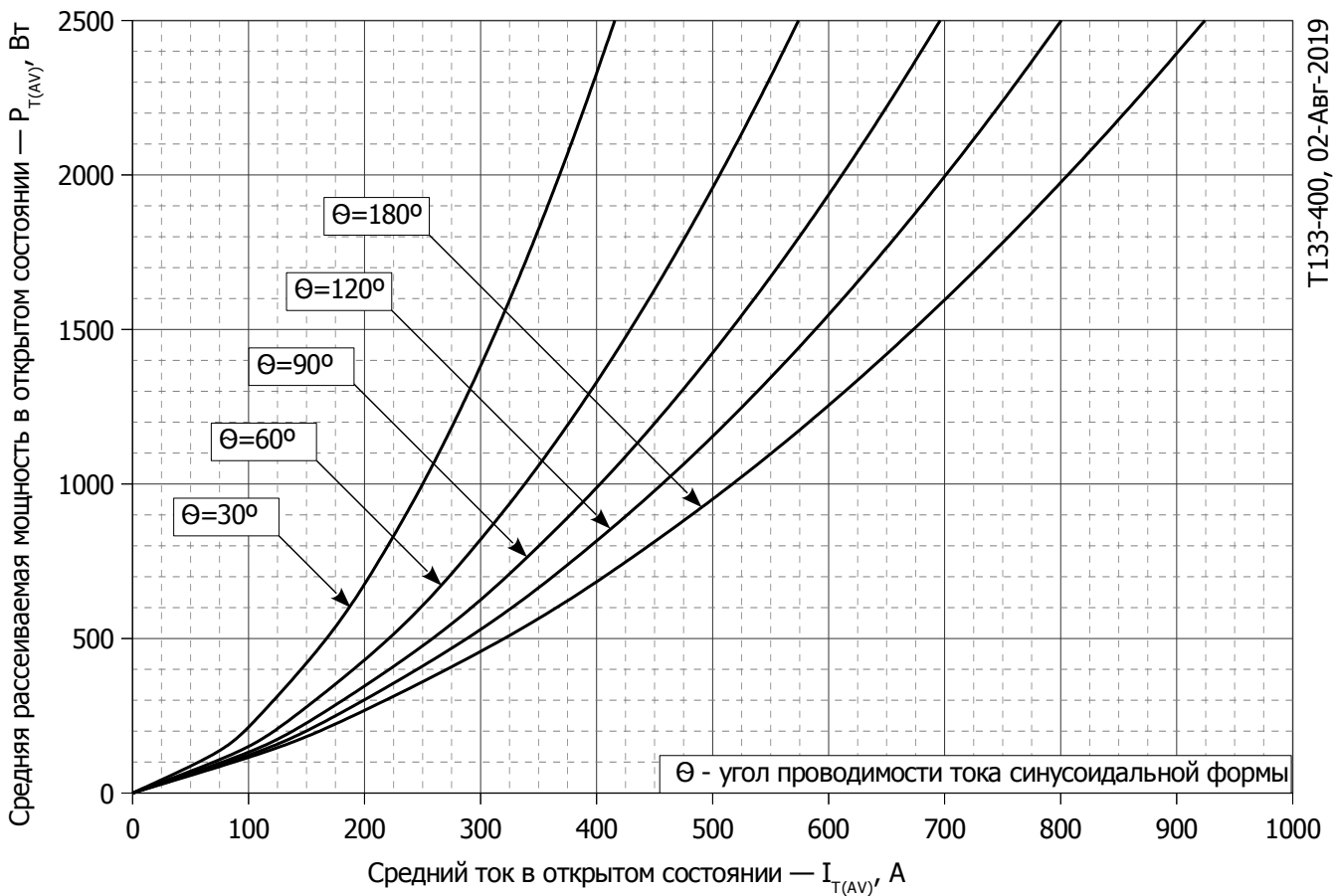
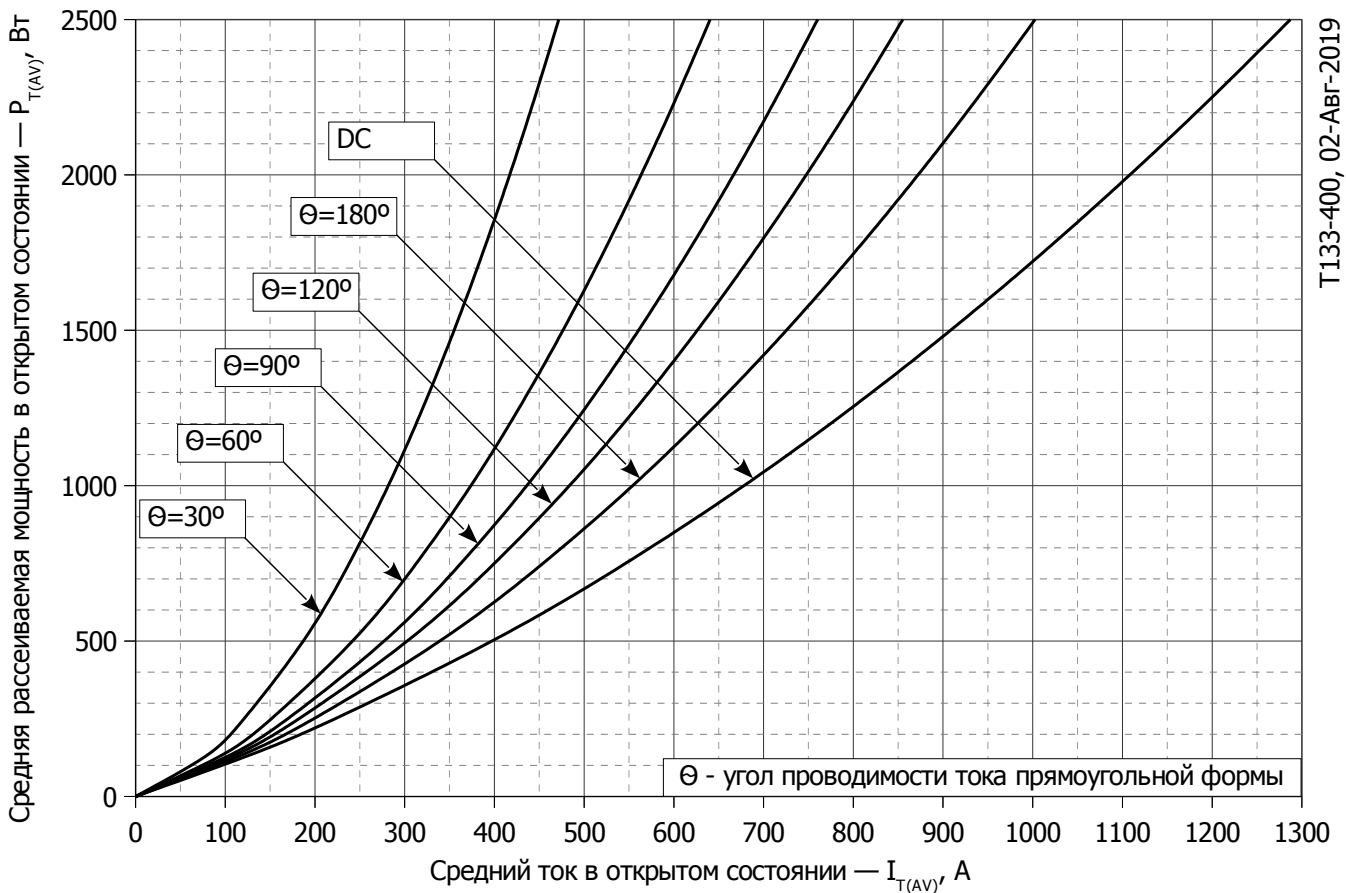


Рис. 6 - Зависимость максимального времени обратного восстановления t_{tr} от скорости спада тока di_R/dt (по ГОСТ 24461, хорда 25%) в открытом состоянии



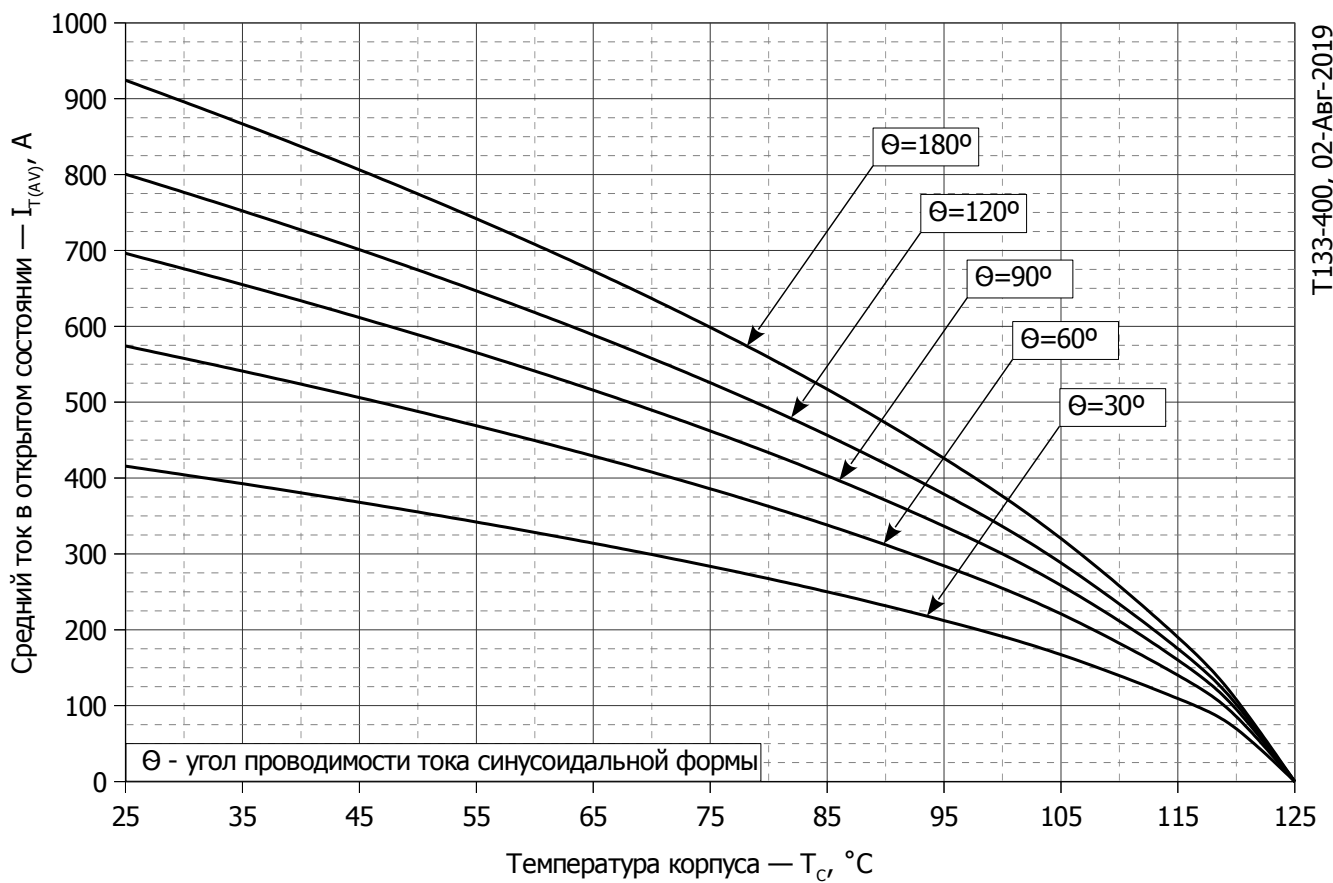
T133-400, 02-Авг-2019

Рис. 7 - Зависимость потерь мощности P_{TAV} от среднего тока в открытом состоянии I_{TAV} синусоидальной формы при различных углах проводимости ($f=50$ Гц, двустороннее охлаждение)



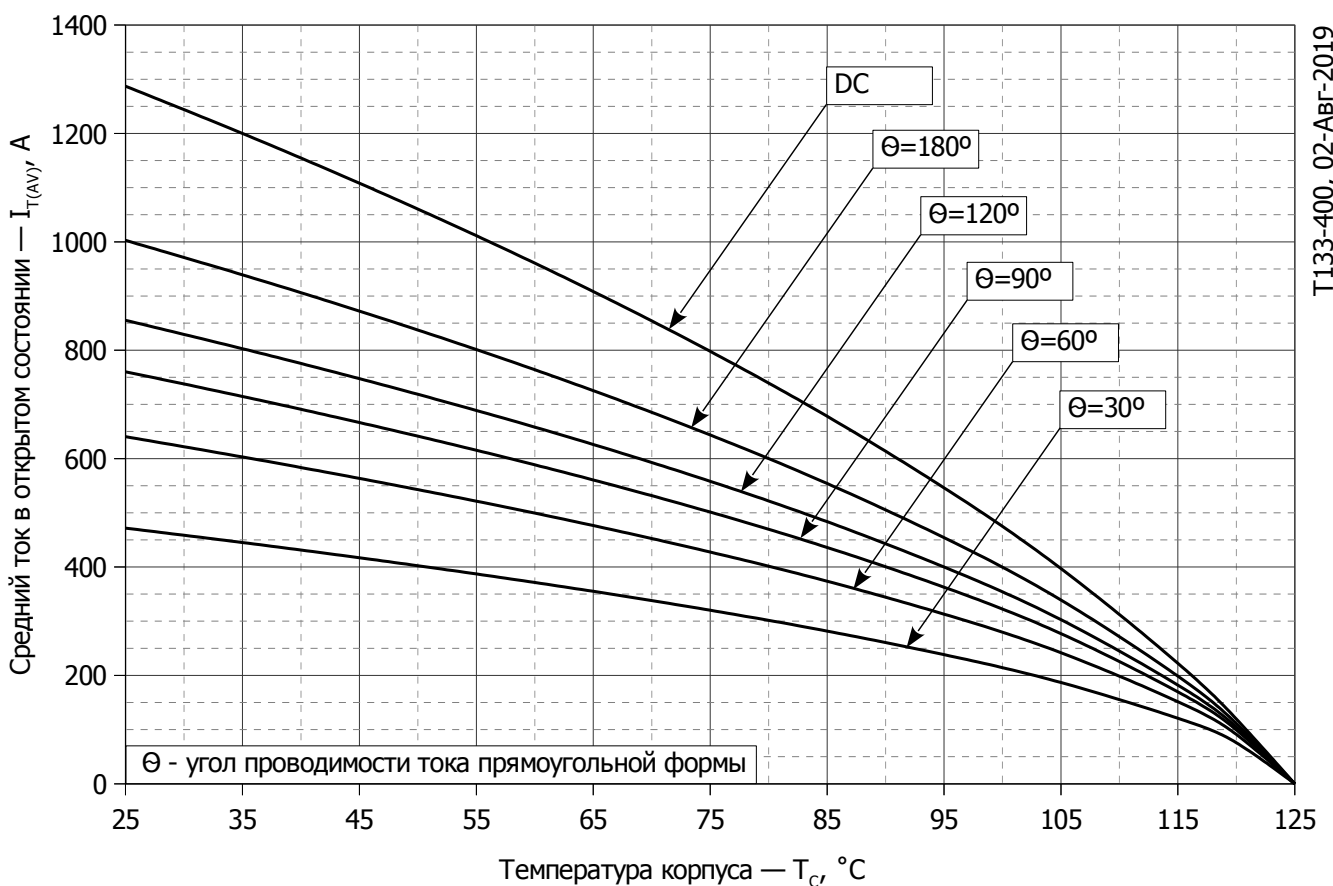
T133-400, 02-Авг-2019

Рис. 8 – Зависимость потерь мощности P_{TAV} от среднего тока в открытом состоянии I_{TAV} прямоугольной формы при различных углах проводимости ($f=50$ Гц, двустороннее охлаждение)



T133-400, 02-АВГ-2019

Рис. 9 – 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)



T133-400, 02-АВГ-2019

Рис. 10 - 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)

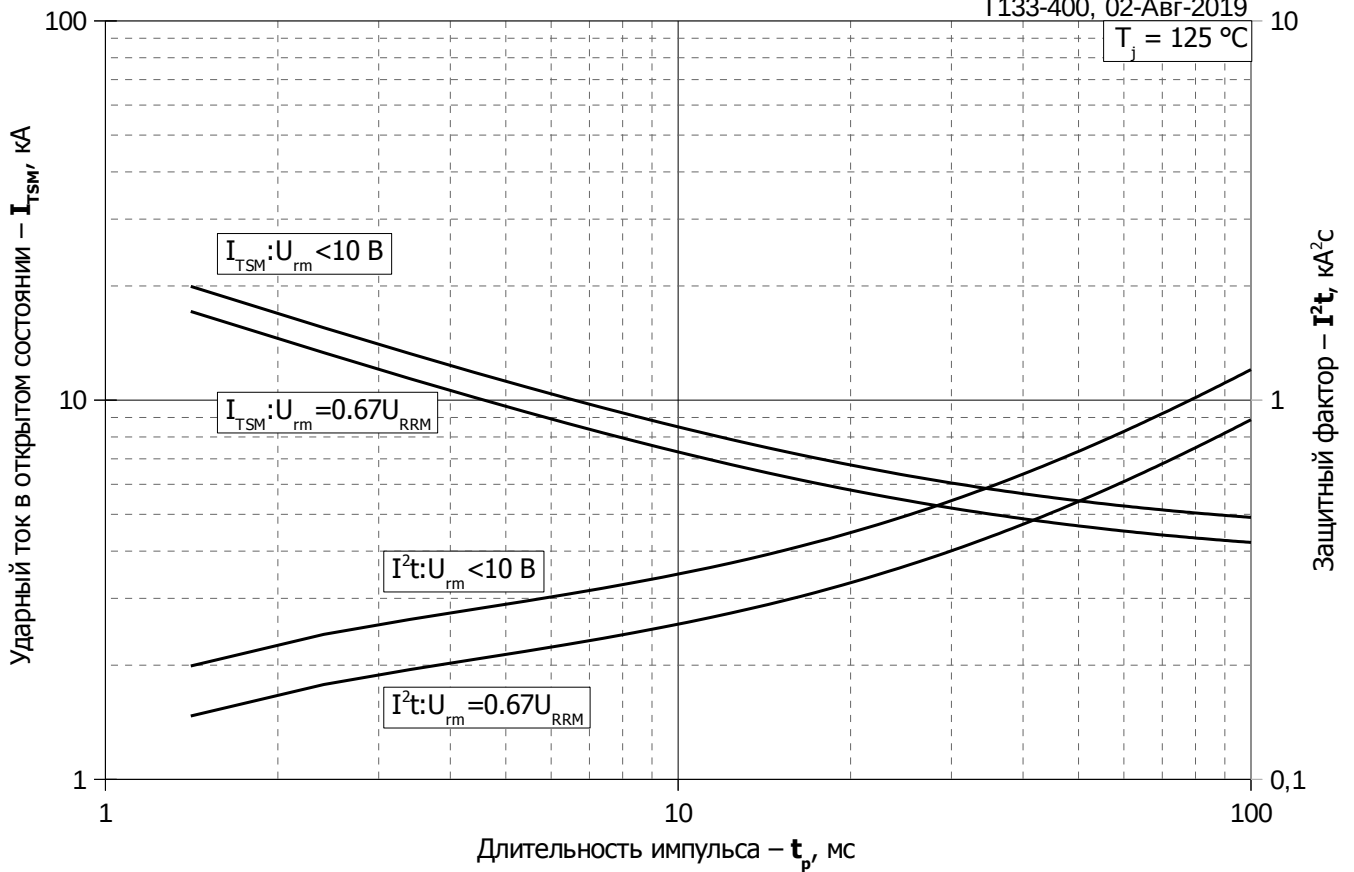


Рис. 11 – Зависимость максимальной амплитуды ударного тока в открытом состоянии I_{TSM} и защитного фактора I^2t от длительности импульса t_p

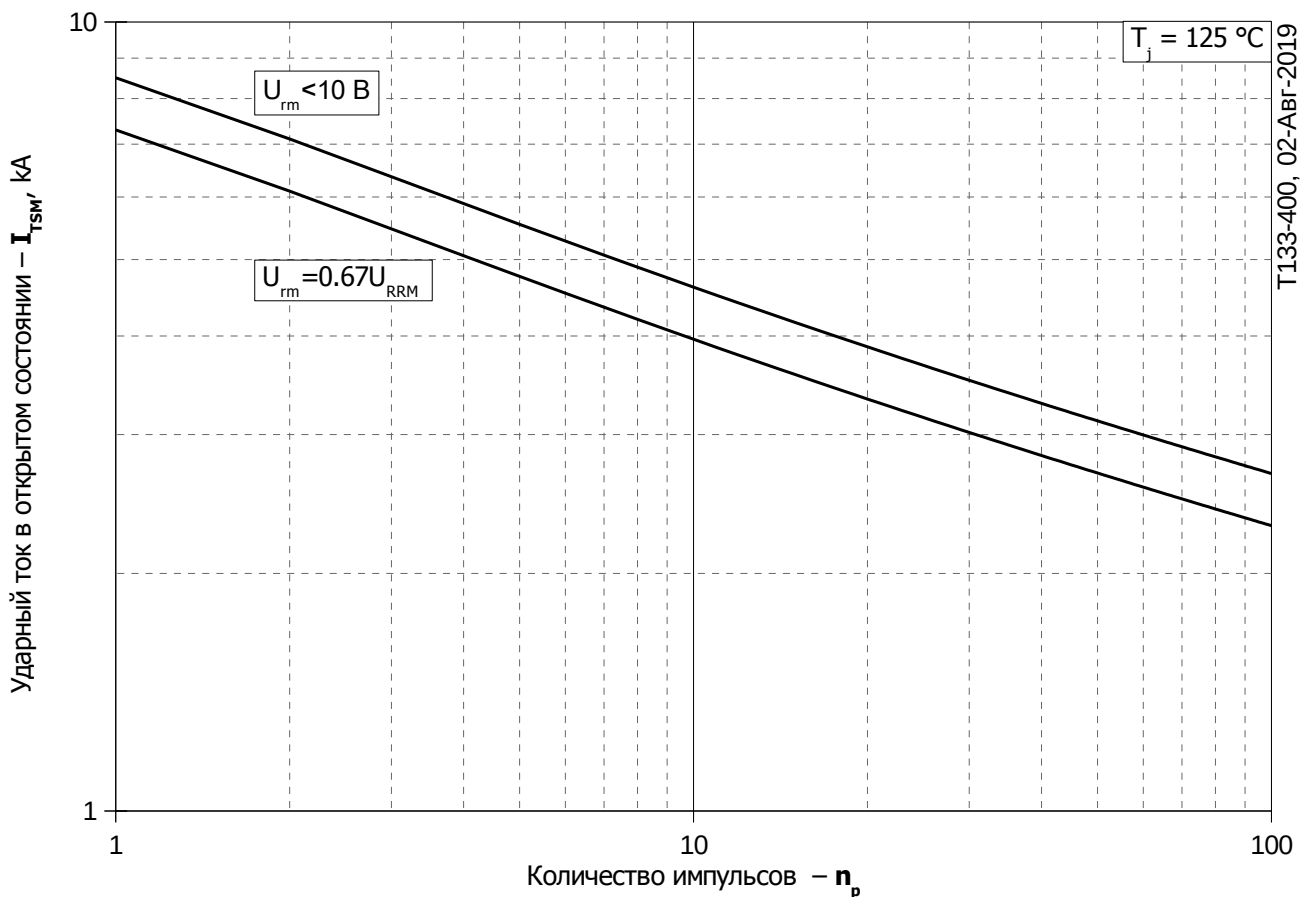


Рис. 12 – Зависимость максимальной амплитуды ударного тока в открытом состоянии I_{TSM} от количества импульсов n_p