

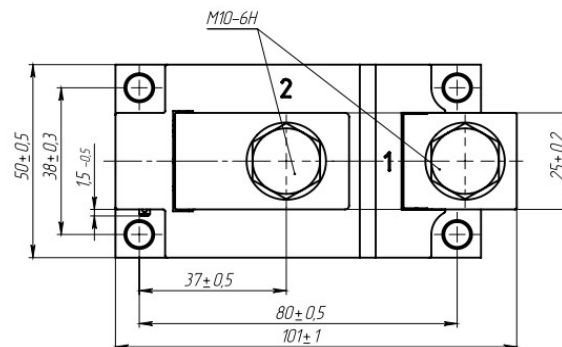
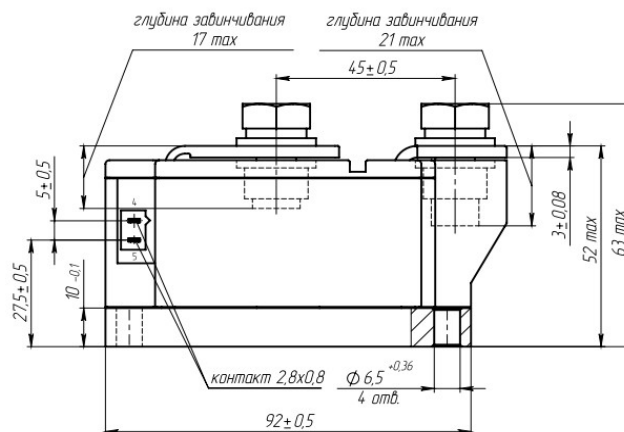
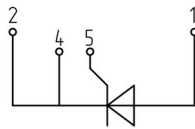


Изолированное основание  
Корпус промышленного стандарта  
Упрощенная механическая конструкция,  
быстрая сборка  
Прижимная конструкция

## Однопозиционный Тиристорный Модуль MT1-540-18-B0

|  |            |      |           |                                  |
|--|------------|------|-----------|----------------------------------|
| Средний прямой ток                                       |            |      | $I_{TAV}$ | 540 A                            |
| Повторяющееся импульсное напряжение в закрытом состоянии |            |      | $U_{DRM}$ | 1400...1800 В                    |
| Повторяющееся импульсное обратное напряжение             |            |      | $U_{RRM}$ |                                  |
| Время выключения   |            |      | $t_q$     | 160, 200, 250, 320, 400, 500 мкс |
| $U_{DRM}, U_{RRM}, В$                                    | 1400       | 1500 | 1600      | 1800                             |
| Класс по напряжению                                      | 14         | 15   | 16        | 18                               |
| $T_j, ^\circ C$  | -40...+130 |      |           |                                  |

**MT1**



## 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                               | 540<br>568                                 | $T_c = 88\text{ }^\circ\text{C}$ ;<br>$T_c = 85\text{ }^\circ\text{C}$ ;<br>180 эл. град. синус; 50 Гц  |
| $I_{TRMS}$                              | Действующий ток в открытом состоянии  | А                               | 848  | $T_c = 88\text{ }^\circ\text{C}$ ;<br>180 эл. град. синус; 50 Гц  |
| $I_{TSM}$                               | Ударный ток в открытом состоянии  | кА                              | 16.5<br>19.0                               | $T_j = T_{j\max}$<br>$T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$<br>180 эл. град. синус;<br>$t_p = 10\text{ мс}$ ; единичный импульс; $U_D = U_R = 0\text{ В}$ ;<br>Импульс управления:<br>$I_G = 2\text{ А}$ ; $t_{GP} = 50\text{ мкс}$ ;<br>$di_G/dt \geq 1\text{ А/мкс}$  |
|   |   |                                 | 17.0<br>20.0                               | $T_j = T_{j\max}$<br>$T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$<br>180 эл. град. синус;<br>$t_p = 8.3\text{ мс}$ ; единичный импульс; $U_D = U_R = 0\text{ В}$ ;<br>Импульс управления:<br>$I_G = 2\text{ А}$ ; $t_{GP} = 50\text{ мкс}$ ;<br>$di_G/dt \geq 1\text{ А/мкс}$ |
| $I^2t$                                  | Защитный показатель   | $\text{А}^2\text{с} \cdot 10^3$ | 1300<br>1800                               | $T_j = T_{j\max}$<br>$T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$<br>180 эл. град. синус;<br>$t_p = 10\text{ мс}$ ; единичный импульс; $U_D = U_R = 0\text{ В}$ ;<br>Импульс управления:<br>$I_G = 2\text{ А}$ ; $t_{GP} = 50\text{ мкс}$ ;<br>$di_G/dt \geq 1\text{ А/мкс}$  |
|   |   |                                 | 1100<br>1600                               | $T_j = T_{j\max}$<br>$T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$<br>180 эл. град. синус;<br>$t_p = 8.3\text{ мс}$ ; единичный импульс; $U_D = U_R = 0\text{ В}$ ;<br>Импульс управления:<br>$I_G = 2\text{ А}$ ; $t_{GP} = 50\text{ мкс}$ ;<br>$di_G/dt \geq 1\text{ А/мкс}$ |
| <b>Блокирующие параметры</b>            |   |                                 |  |   |
| $U_{DRM}, U_{RRM}$                      | Повторяющееся импульсное обратное напряжение и повторяющееся импульсное напряжение в закрытом состоянии     | В                               | 1400...1800                                | $T_{j\min} < T_j < T_{j\max}$ ;<br>180 эл. град. синус; 50 Гц;<br>управление разомкнуто   |
| $U_{DSM}, U_{RSM}$                      | Неповторяющееся импульсное обратное напряжение и неповторяющееся импульсное напряжение в закрытом состоянии | В                               | 1500...1900                                | $T_{j\min} < T_j < T_{j\max}$ ;<br>180 эл. град. синус; единичный импульс; управление разомкнуто  |
| $U_D, U_R$                              | Постоянное обратное и постоянное прямое напряжение  | В                               | $0.6 \cdot U_{DRM}$<br>$0.6 \cdot U_{RRM}$ | $T_j = T_{j\max}$ ;<br>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                           | 1250                                       | $T_j = T_{j\max}$ ; $U_D = 0.67 \cdot U_{DRM}$ ; $I_{TM} = 2000\text{ А}$ ;<br>Импульс управления: $I_G = 2\text{ А}$ ;<br>$t_{GP} = 50\text{ мкс}$ ; $di_G/dt \geq 2\text{ А/мкс}$   |
| <b>Тепловые параметры</b>               |   |                                 |  |   |
| $T_{stg}$                               | Температура хранения  | $^\circ\text{C}$                | -40...+50                                  |   |
| $T_j$                                   | Температура р-п перехода  | $^\circ\text{C}$                | -40...+130                                 |   |
| $T_{c\text{ op}}$                       | Рабочая температура корпуса   | $^\circ\text{C}$                | -40...+125                                 |   |
| <b>Механические параметры</b>           |   |                                 |  |   |
| $a$                                     | Ускорение   | $\text{м/с}^2$                  | 50   |   |

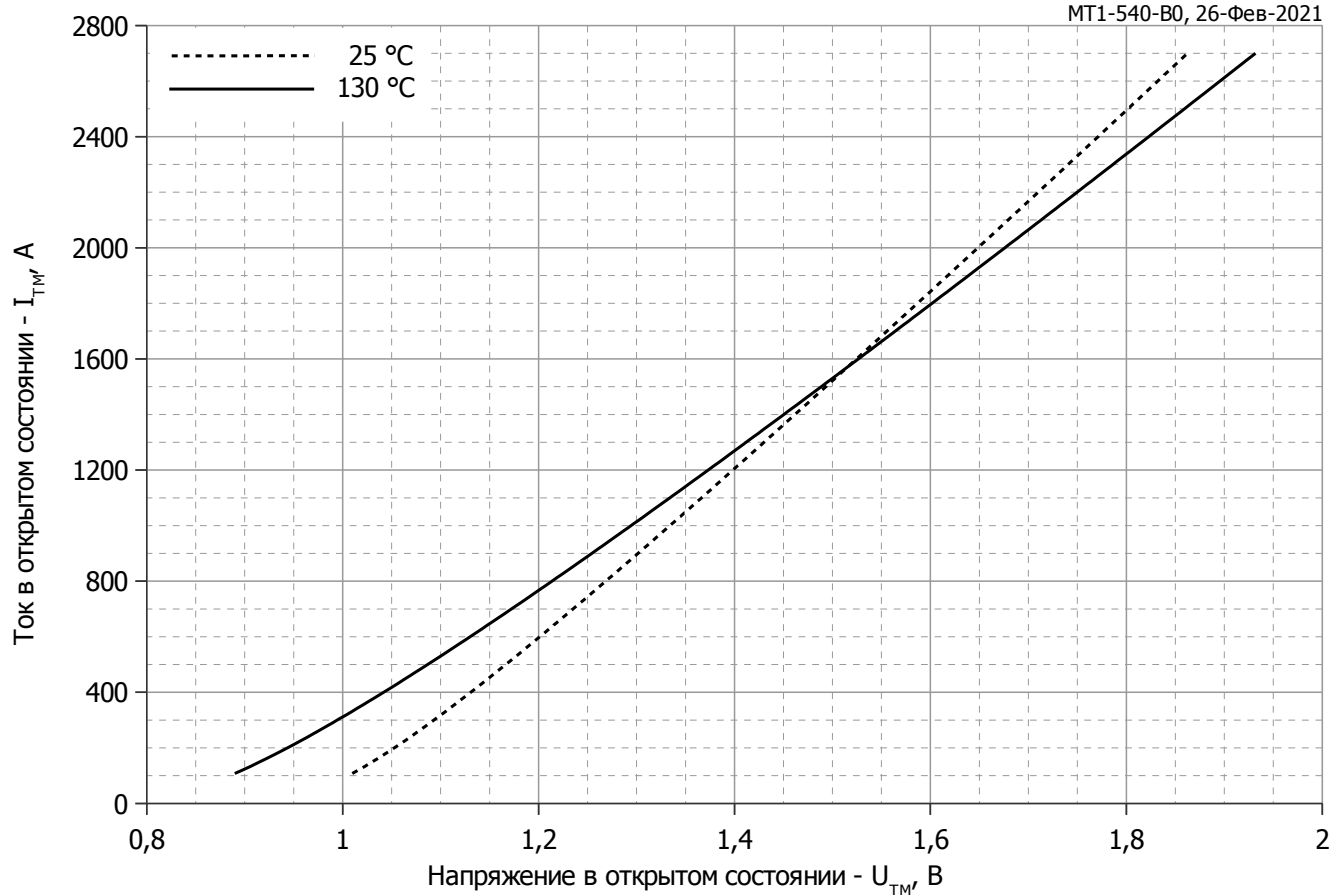
## ХАРАКТЕРИСТИКИ

| Обозначение и наименование характеристики    |   | Ед. изм. | Значение                                       | Условия измерения  |   |
|--|---|----------|--|--|---|
| <b>Характеристики в проводящем состоянии</b> |   |          |  |  |   |
| $U_{TM}$                                     | Импульсное напряжение в открытом состоянии, макс  | В        | 1.55   | $T_j=25\text{ }^\circ\text{C}$ ; $I_{TM}=1696\text{ A}$  |   |
| $U_{T(TO)}$                                  | Пороговое напряжение, макс  | В        | 0.912  | $T_j=T_{j\text{ max}}$ ;<br>$0.5\pi I_{TAV} < I_T < 1.5\pi I_{TAV}$  |   |
| $r_T$  | Динамическое сопротивление в открытом состоянии, макс   | МОм      | 0.379  |  |   |
| $I_L$  | Ток включения, макс   | мА       | 1000   | $T_j=25\text{ }^\circ\text{C}$ ; $U_D=12\text{ В}$ ;<br>Импульс управления: $I_G=2\text{ A}$ ;<br>$t_{GP}=50\text{ мкс}$ ; $di_G/dt \geq 1\text{ А/мкс}$   |   |
| $I_H$  | Ток удержания, макс   | мА       | 300  | $T_j=25\text{ }^\circ\text{C}$ ;<br>$U_D=12\text{ В}$ ; управление разомкнуто  |   |
| <b>Блокирующие характеристики</b>            |   |          |  |  |   |
| $I_{DRM}, I_{RRM}$                           | Повторяющийся импульсный обратный ток и повторяющийся импульсный ток в закрытом состоянии, макс | мА       | 70<br>3.00                                     | $T_j=T_{j\text{ max}}$ ;<br>$T_j=25\text{ }^\circ\text{C}$   | $U_D=U_{DRM}$ ; $U_R=U_{RRM}$                                       |
| $(du_D/dt)_{crit}$                           | Критическая скорость нарастания напряжения в закрытом состоянии <sup>1)</sup> , мин             | В/мкс    | 200, 320,<br>500, 1000,<br>1600, 2000,<br>2500 | $T_j=T_{j\text{ max}}$ ;<br>$U_D=0.67 \cdot U_{DRM}$ ; управление разомкнуто   |   |
| <b>Характеристики управления</b>             |   |          |  |  |   |
| $U_{GT}$                                     | Отпирающее постоянное напряжение управления, макс   | В        | 3.00<br>2.50<br>2.00                           | $T_j=T_{j\text{ min}}$ ;<br>$T_j=25\text{ }^\circ\text{C}$ ;<br>$T_j=T_{j\text{ max}}$   | $U_D=12\text{ В}$ ; $I_D=3\text{ A}$ ;<br>Постоянный ток управления |
| $I_{GT}$                                     | Отпирающий постоянный ток управления, макс  | мА       | 400<br>250<br>200                              | $T_j=T_{j\text{ min}}$ ;<br>$T_j=25\text{ }^\circ\text{C}$ ;<br>$T_j=T_{j\text{ max}}$   |   |
| $U_{GD}$                                     | Неотпирающее постоянное напряжение управления, мин  | В        | 0.30   | $T_j=T_{j\text{ max}}$ ;<br>$U_D=0.67 \cdot U_{DRM}$ ;   |   |
| $I_{GD}$                                     | Неотпирающий постоянный ток управления, мин   | мА       | 35.00  | Постоянный ток управления  |   |
| <b>Динамические характеристики</b>           |   |          |  |  |   |
| $t_{gd}$                                     | Время задержки, макс  | мкс      | 0.80   | $T_j=25\text{ }^\circ\text{C}$ ; $U_D=1000\text{ В}$ ; $I_{TM}=I_{TAV}$ ;<br>$di/dt=200\text{ А/мкс}$ ;  |   |
| $t_{gt}$                                     | Время включения, макс   | мкс      | 3.00   | Импульс управления: $I_G=2\text{ A}$ ; $U_G=20\text{ В}$ ;<br>$t_{GP}=50\text{ мкс}$ ; $di_G/dt=2\text{ А/мкс}$  |   |
| $t_q$  | Время выключения <sup>2)</sup> , макс   | мкс      | 160, 200,<br>250, 320,<br>400, 500             | $du_D/dt=50\text{ В/мкс}$ ; $T_j=T_{j\text{ max}}$ ; $I_{TM}=I_{TAV}$ ;<br>$di_R/dt=-10\text{ А/мкс}$ ; $U_R=100\text{ В}$ ;<br>$U_D=0.67 \cdot U_{DRM}$ ; |   |
| $Q_{rr}$                                     | Заряд обратного восстановления, макс  | мкКл     | 1630   | $T_j=T_{j\text{ max}}$ ; $I_{TM}=540\text{ A}$ ;<br>$di_R/dt=-10\text{ А/мкс}$ ;<br>$U_R=100\text{ В}$   |   |
| $t_{rr}$                                     | Время обратного восстановления, макс  | мкс      | 23   |  |   |
| $I_{rr}$                                     | Обратный ток восстановления, макс   | А        | 142  |  |   |
| <b>Тепловые характеристики</b>               |   |          |  |  |   |
| $R_{thjc}$                                   | Тепловое сопротивление р-п переход-корпус, макс   | °C/Вт    | 0.0550   | 180 эл. град. синус; 50 Гц   |   |
|  | на модуль   |          |  |  |   |
| $R_{thch}$                                   | Тепловое сопротивление корпус-охладитель, макс  | °C/Вт    | 0.0100   |  |   |
|  | на модуль   |          |  |  |   |
| <b>Характеристики изоляции</b>               |   |          |  |  |   |
| $U_{ISOL}$                                   | Электрическая прочность изоляции  | кВ       | 3.00   | синус; 50 Гц;<br>действующее значение  | $t=1\text{ мин}$  |
|  |   |          | 3.60   |  | $t=1\text{ с}$  |

| <b>Механические характеристики</b> |   |    |       |                   |
|------------------------------------|---|----|-------|-------------------|
| $M_1$                              | Момент затяжки основания ( $M6$ ) <sup>3)</sup> | Нм | 6.00  | Допуск $\pm 15\%$ |
| $M_2$                              | Момент затяжки выводов ( $M10$ ) <sup>3)</sup>  | Нм | 12.00 | Допуск $\pm 15\%$ |
| m                                  | Масса, max                                      | г  | 900   |                   |

| <b>МАРКИРОВКА</b>   | <b>ПРИМЕЧАНИЕ</b> |     |     |      |      |      |      |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |   |                    |    |    |    |    |    |    |    |                            |     |     |     |      |      |      |      |                    |    |    |    |    |    |    |             |     |     |     |     |     |     |
|---|-------------------|-----|-----|------|------|------|------|----|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|--|--|--|--|--|---|--------------------|----|----|----|----|----|----|----|----------------------------|-----|-----|-----|------|------|------|------|--------------------|----|----|----|----|----|----|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| <table border="1"> <tr> <td>MT</td><td>1</td><td>-</td><td>540</td><td>-</td><td>18</td><td>-</td><td>A2</td><td>E2</td><td>-</td><td>B0</td><td>-</td><td>Y2</td> </tr> <tr> <td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> </table> <p>1. Тиристорный модуль (MT)<br/> 2. Схема включения<br/> 3. Средний прямой ток, А<br/> 4. Класс по напряжению<br/> 5. Критическая скорость нарастания напряжения в закрытом состоянии<br/> 6. Группа по времени выключения (<math>du_D/dt=50</math> В/мкс)<br/> 7. Тип корпуса (M.B0)<br/> 8. Климатическое исполнение по ГОСТ 15150: Y2</p> | MT                | 1   | -   | 540  | -    | 18   | -    | A2 | E2 | -  | B0 | -  | Y2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |  |  |  |  |  | <p>1) Критическая скорость нарастания напряжения в закрытом состоянии</p> <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><math>(du_D/dt)_{crit}</math>, 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> <p>2) Время выключения (<math>du_D/dt=50</math> В/мкс)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Обозначение группы</th> <th>T2</th> <th>P2</th> <th>M2</th> <th>K2</th> <th>H2</th> <th>E2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>t_q</math>, мкс</td> <td>160</td> <td>200</td> <td>250</td> <td>320</td> <td>400</td> <td>500</td> </tr> </tbody> </table> <p>3) Резьба должна быть смазана</p> | Обозначение группы | P2 | K2 | E2 | A2 | T1 | P1 | M1 | $(du_D/dt)_{crit}$ , В/мкс | 200 | 320 | 500 | 1000 | 1600 | 2000 | 2500 | Обозначение группы | T2 | P2 | M2 | K2 | H2 | E2 | $t_q$ , мкс | 160 | 200 | 250 | 320 | 400 | 500 |
| MT  | 1                 | -   | 540 | -    | 18   | -    | A2   | E2 | -  | B0 | -  | Y2 |    |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |   |                    |    |    |    |    |    |    |    |                            |     |     |     |      |      |      |      |                    |    |    |    |    |    |    |             |     |     |     |     |     |     |
| 1   | 2                 | 3   | 4   | 5    | 6    | 7    | 8    |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |   |                    |    |    |    |    |    |    |    |                            |     |     |     |      |      |      |      |                    |    |    |    |    |    |    |             |     |     |     |     |     |     |
| Обозначение группы  | P2                | K2  | E2  | A2   | T1   | P1   | M1   |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |   |                    |    |    |    |    |    |    |    |                            |     |     |     |      |      |      |      |                    |    |    |    |    |    |    |             |     |     |     |     |     |     |
| $(du_D/dt)_{crit}$ , В/мкс  | 200               | 320 | 500 | 1000 | 1600 | 2000 | 2500 |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |   |                    |    |    |    |    |    |    |    |                            |     |     |     |      |      |      |      |                    |    |    |    |    |    |    |             |     |     |     |     |     |     |
| Обозначение группы  | T2                | P2  | M2  | K2   | H2   | E2   |      |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |   |                    |    |    |    |    |    |    |    |                            |     |     |     |      |      |      |      |                    |    |    |    |    |    |    |             |     |     |     |     |     |     |
| $t_q$ , мкс   | 160               | 200 | 250 | 320  | 400  | 500  |      |    |    |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |  |  |  |   |                    |    |    |    |    |    |    |    |                            |     |     |     |      |      |      |      |                    |    |    |    |    |    |    |             |     |     |     |     |     |     |

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.



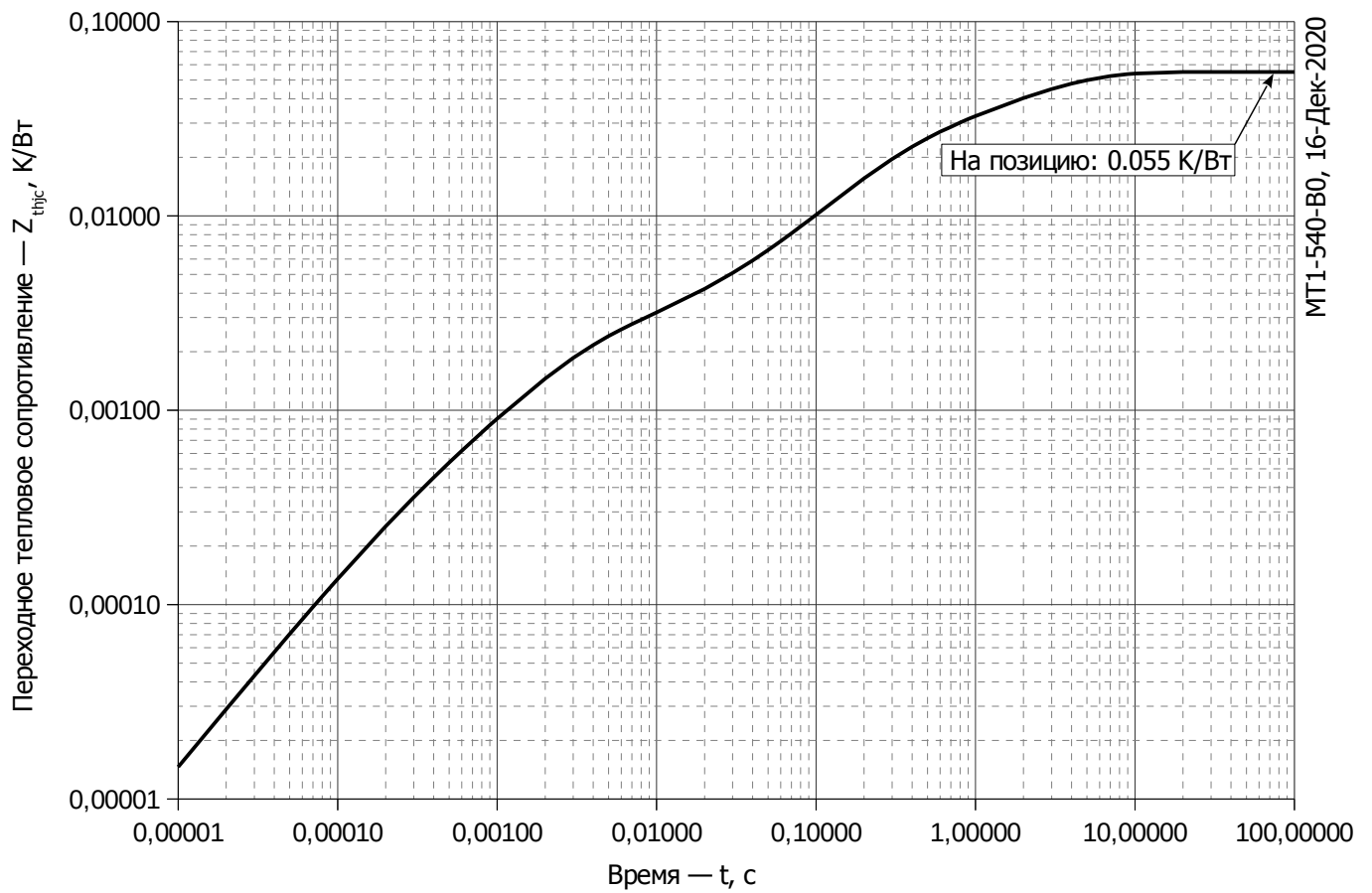
**Рис. 1 – Предельная вольт – амперная характеристика**

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> | 0.87540417               | 0.75113967                          |
| <b>B</b> | 0.00028291               | 0.00031151                          |
| <b>C</b> | 0.01901382               | 0.01193954                          |
| <b>D</b> | 0.00140423               | 0.00472009                          |

**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.

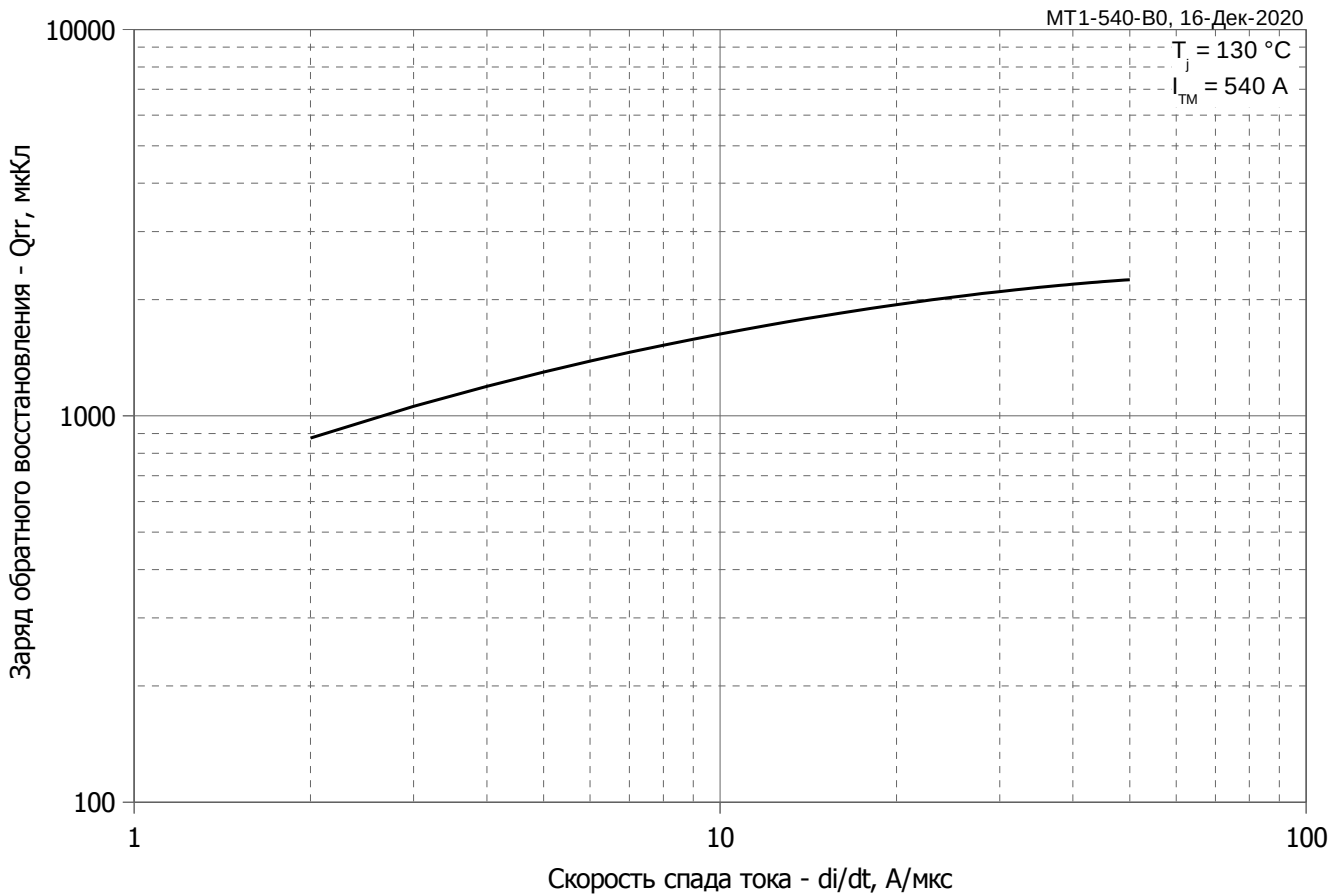
$t$  = продолжительность импульсного нагрева в секундах.

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

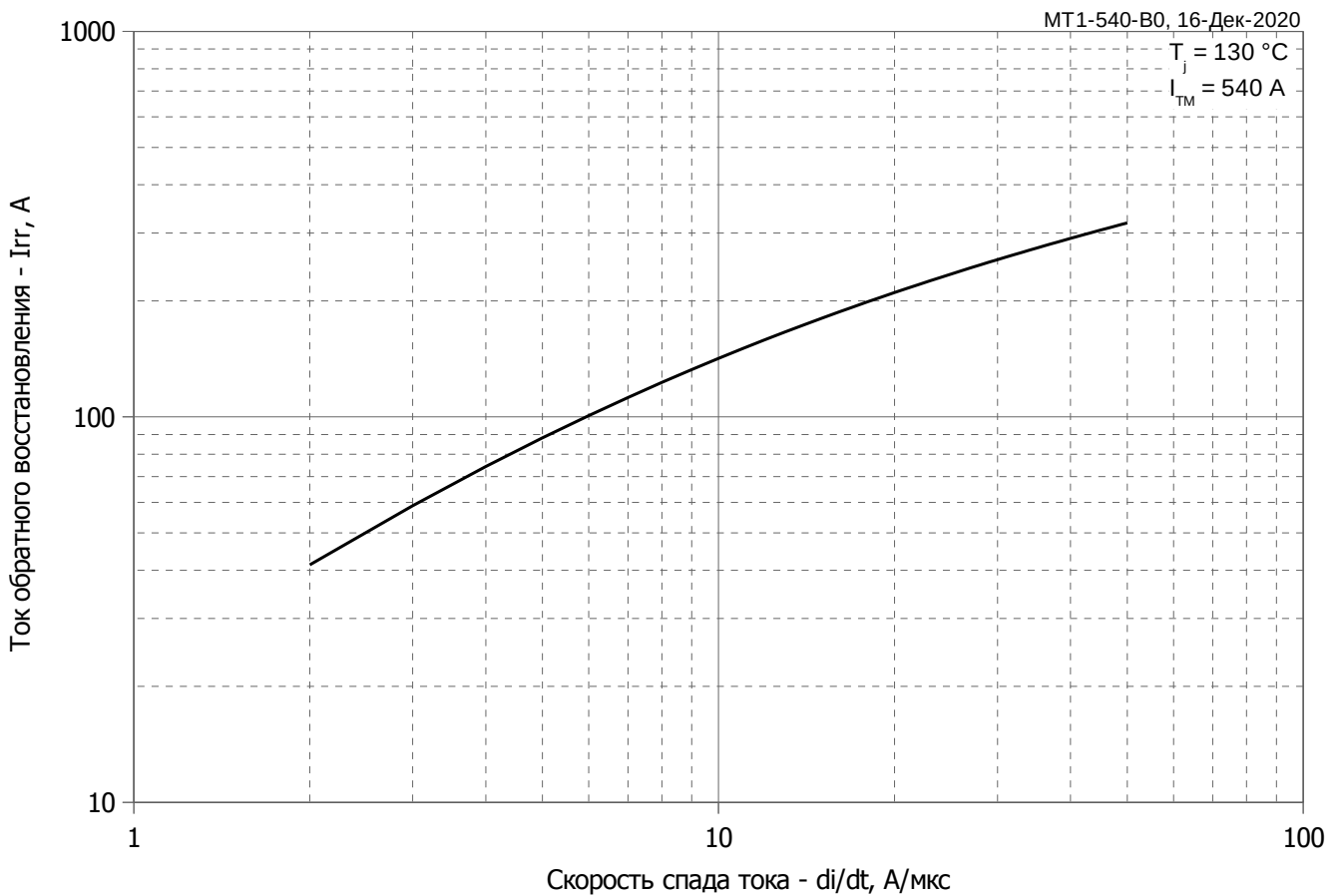
$R_i, \tau_i$  = расчетные коэффициенты, приведенные в таблице.

| $i$        | 1      | 2      | 3       | 4         | 5        | 6         |
|------------|--------|--------|---------|-----------|----------|-----------|
| $R_i$ K/Вт | 0.0249 | 0.0112 | 0.01635 | 0.0006528 | 0.001791 | 0.0001363 |
| $\tau_i$ с | 3.132  | 1.000  | 0.2335  | 0.01038   | 0.002348 | 0.0002448 |

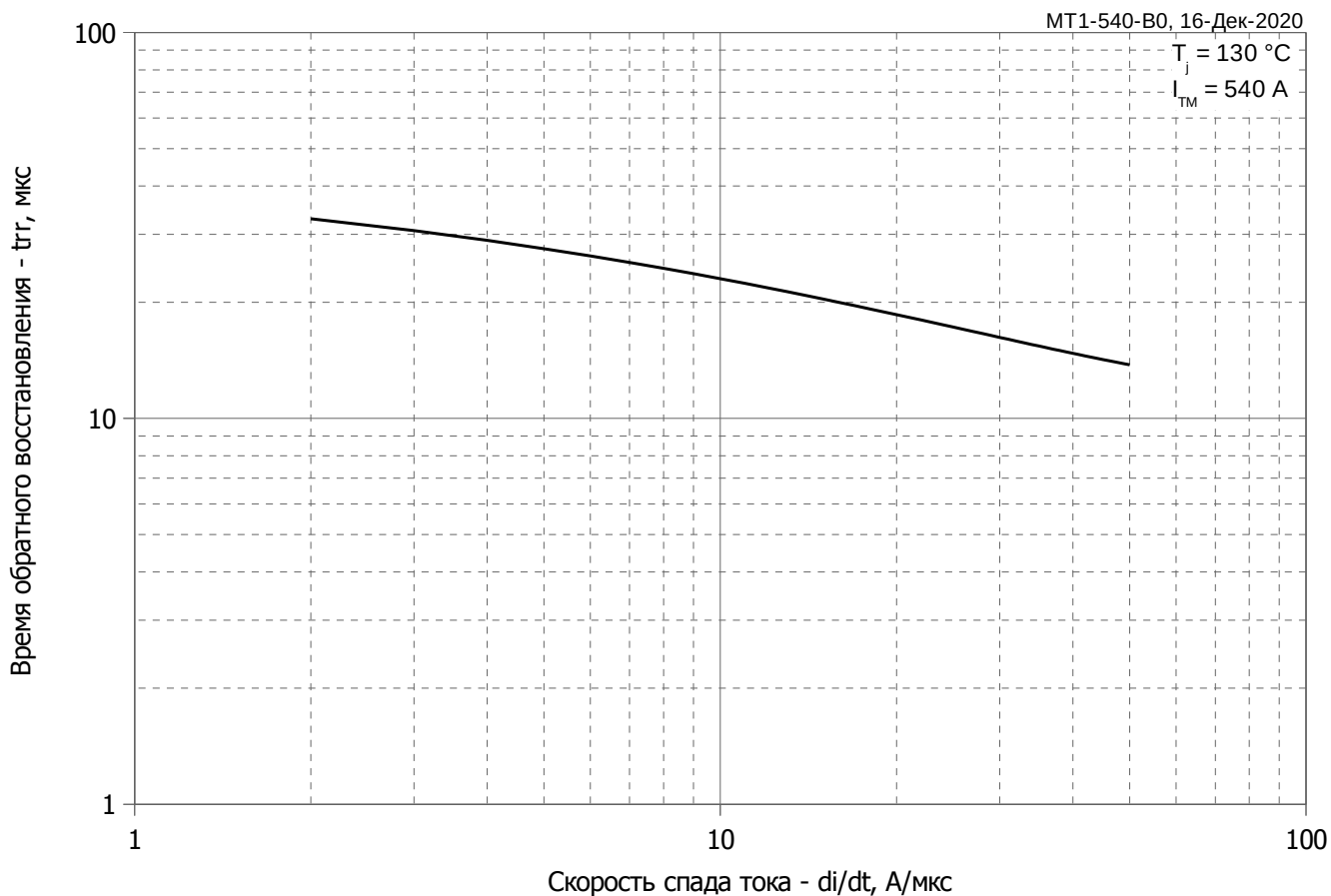
**Модель переходного теплового сопротивления переход - корпус (см. Рис. 2)**



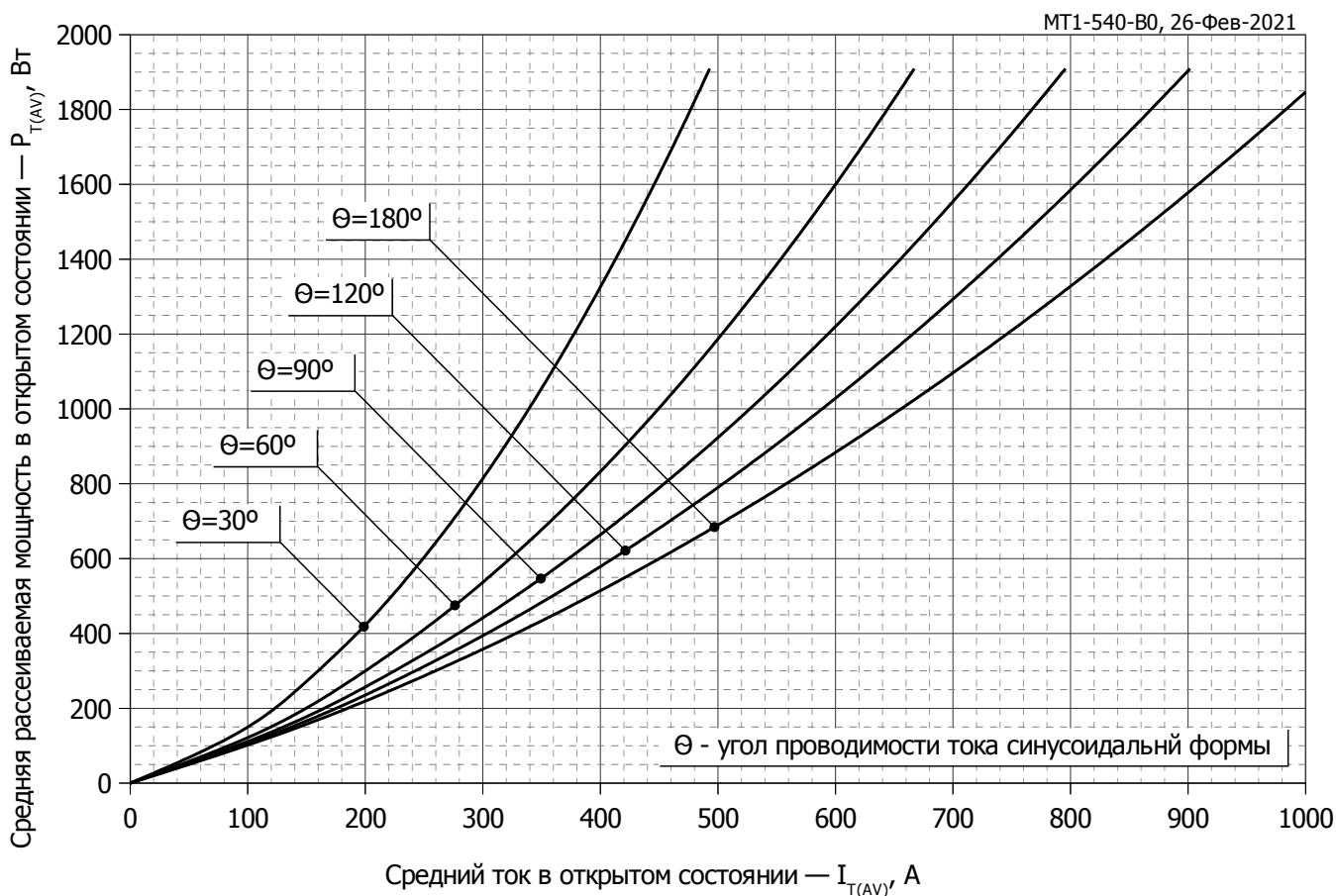
**Рис. 3 – Зависимость максимального заряда обратного восстановления  $Q_{rr}$  от скорости спада тока  $di_R/dt$  (по ГОСТ 24461, хорда 25%) в открытом состоянии**



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

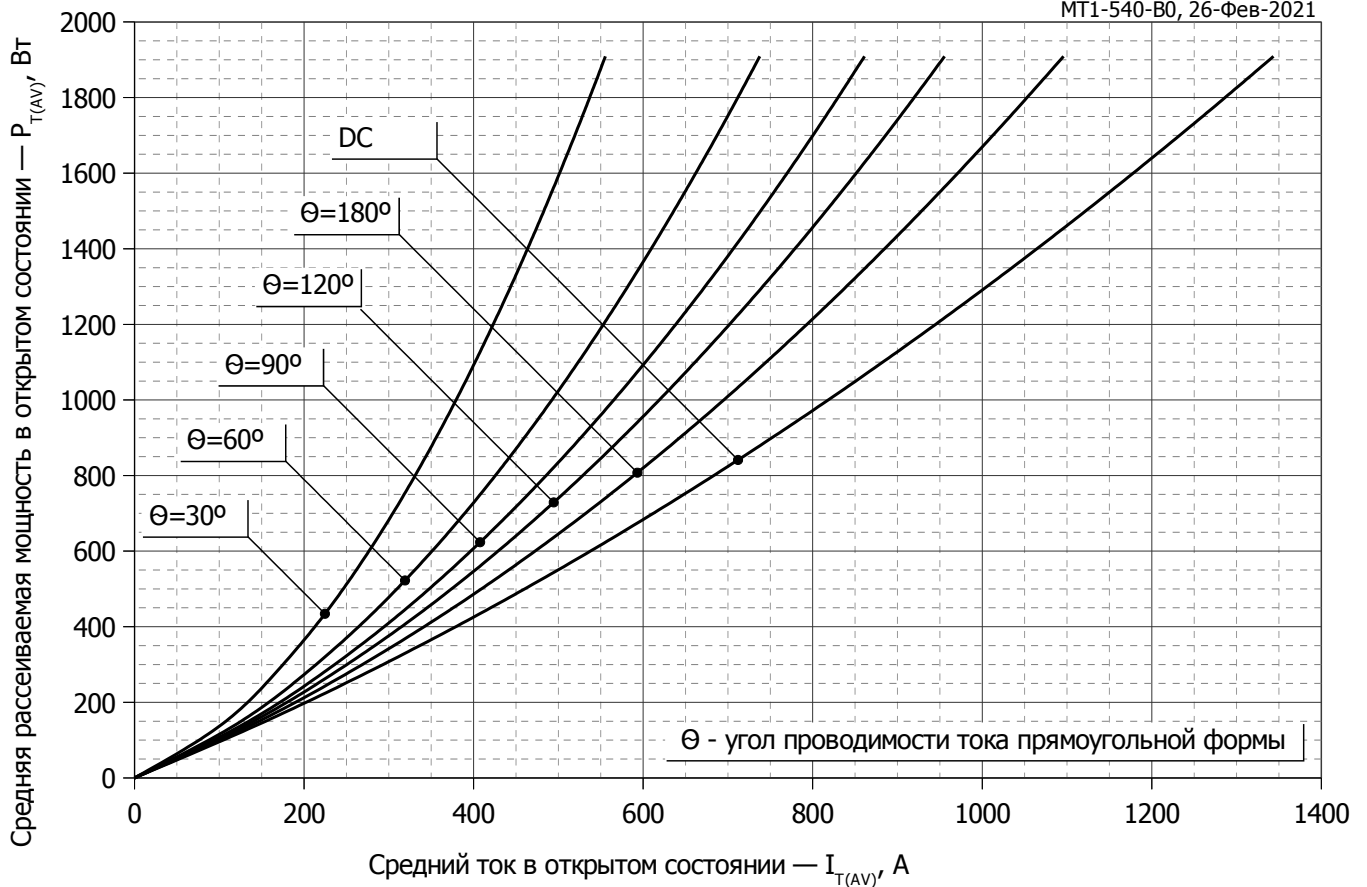


**Рис. 5 - Зависимость максимального времени обратного восстановления  $t_{tr}$  от скорости спада тока  $di_R/dt$  (по ГОСТ 24461, хорда 25%) в открытом состоянии**

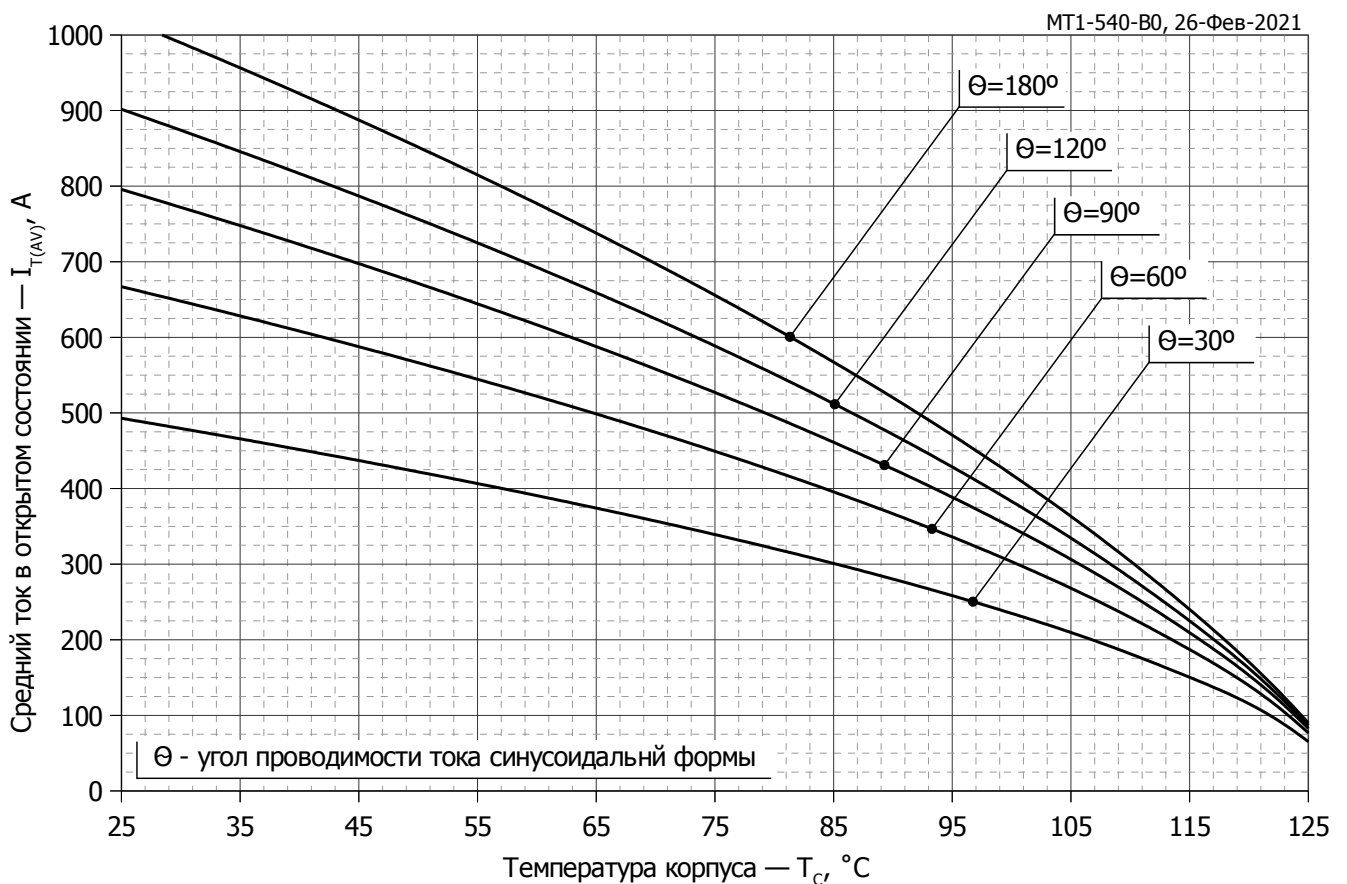


**Рис. 6 - Зависимость потерь мощности  $P_{TAV}$  от среднего тока в открытом состоянии  $I_{TAV}$  синусоидальной формы при различных углах проводимости ( $f=50$  Гц, двустороннее охлаждение)**

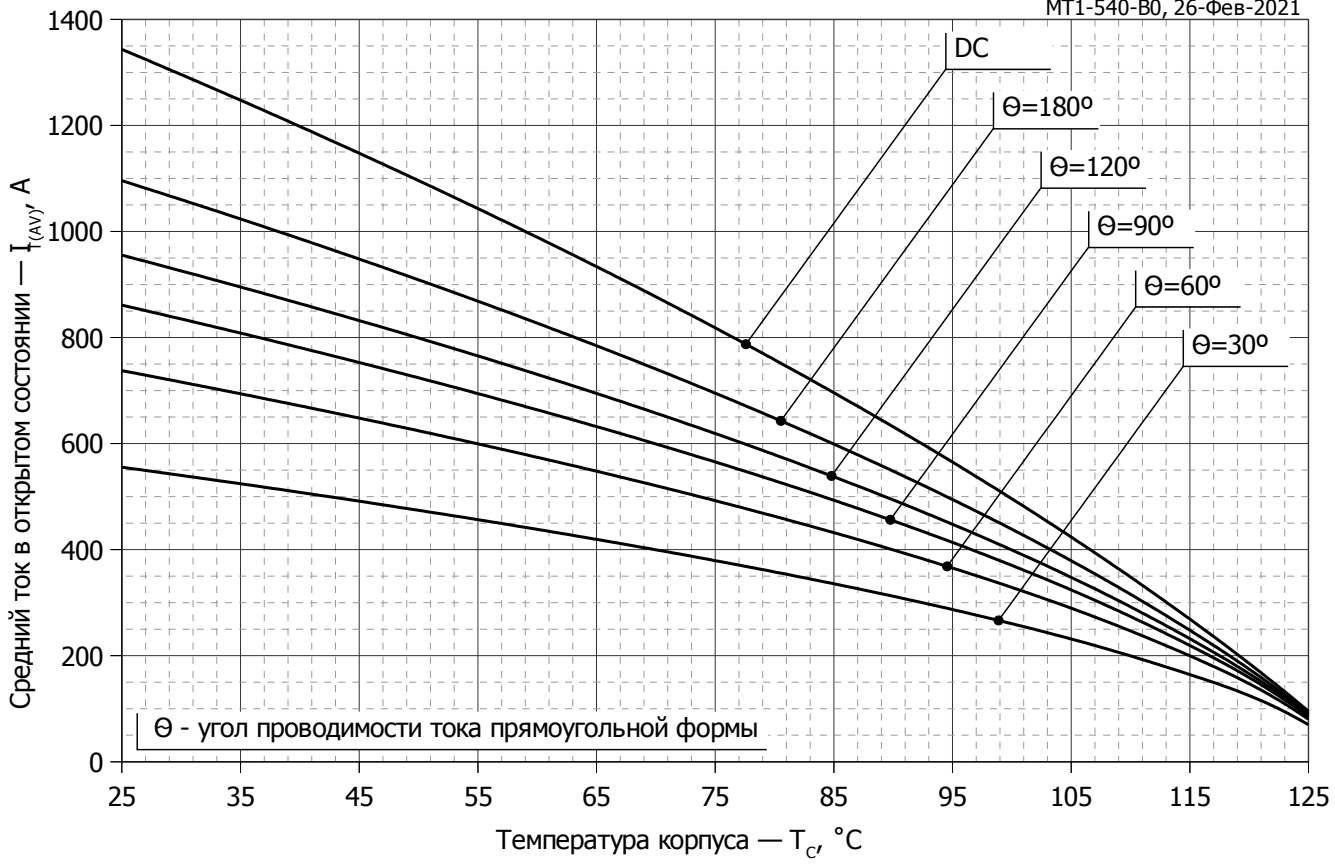




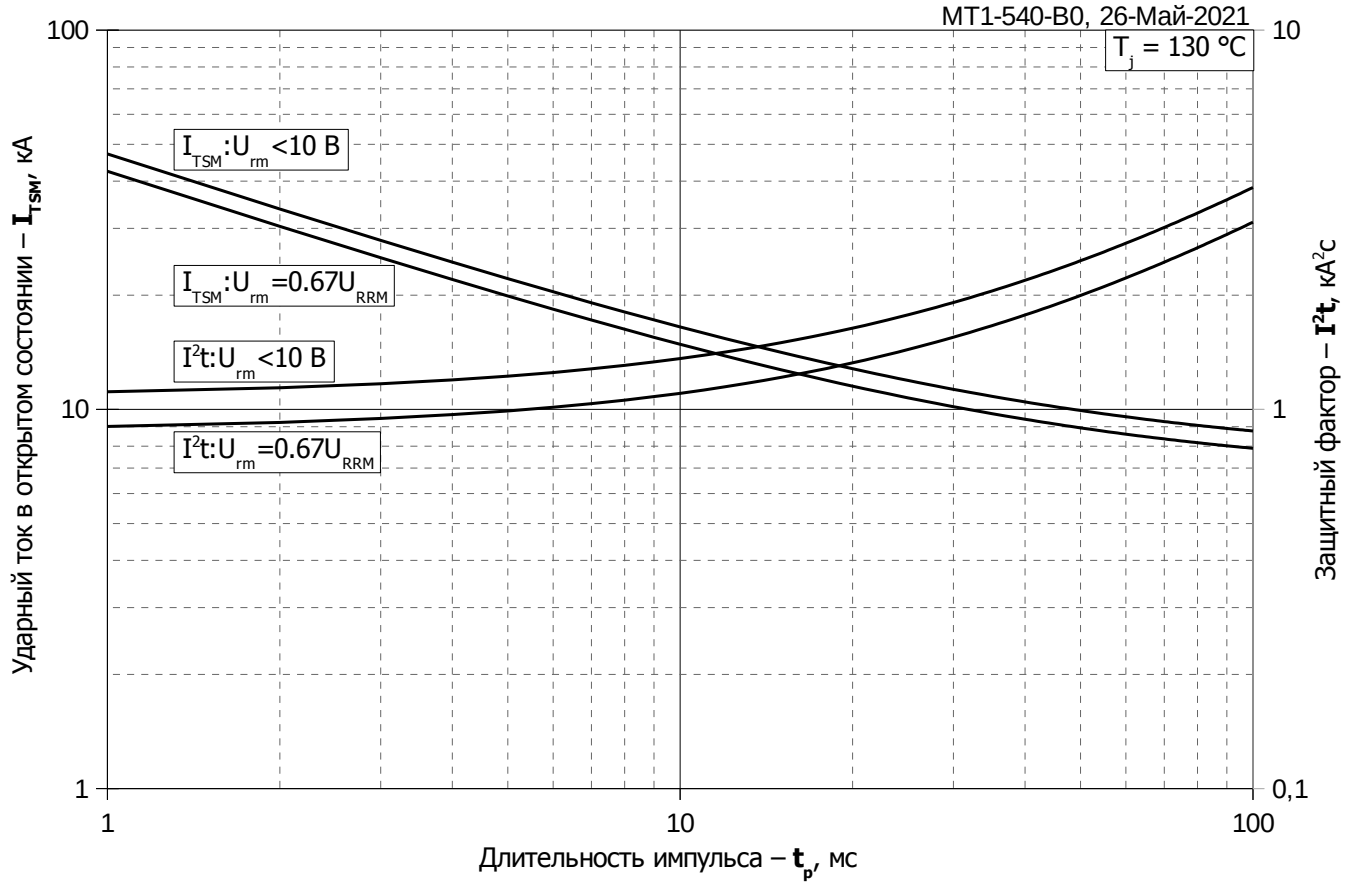
**Рис. 7 – Зависимость потерь мощности  $P_{TAV}$  от среднего тока в открытом состоянии  $I_{TAV}$  прямоугольной формы при различных углах проводимости ( $f=50$  Гц, двустороннее охлаждение)**



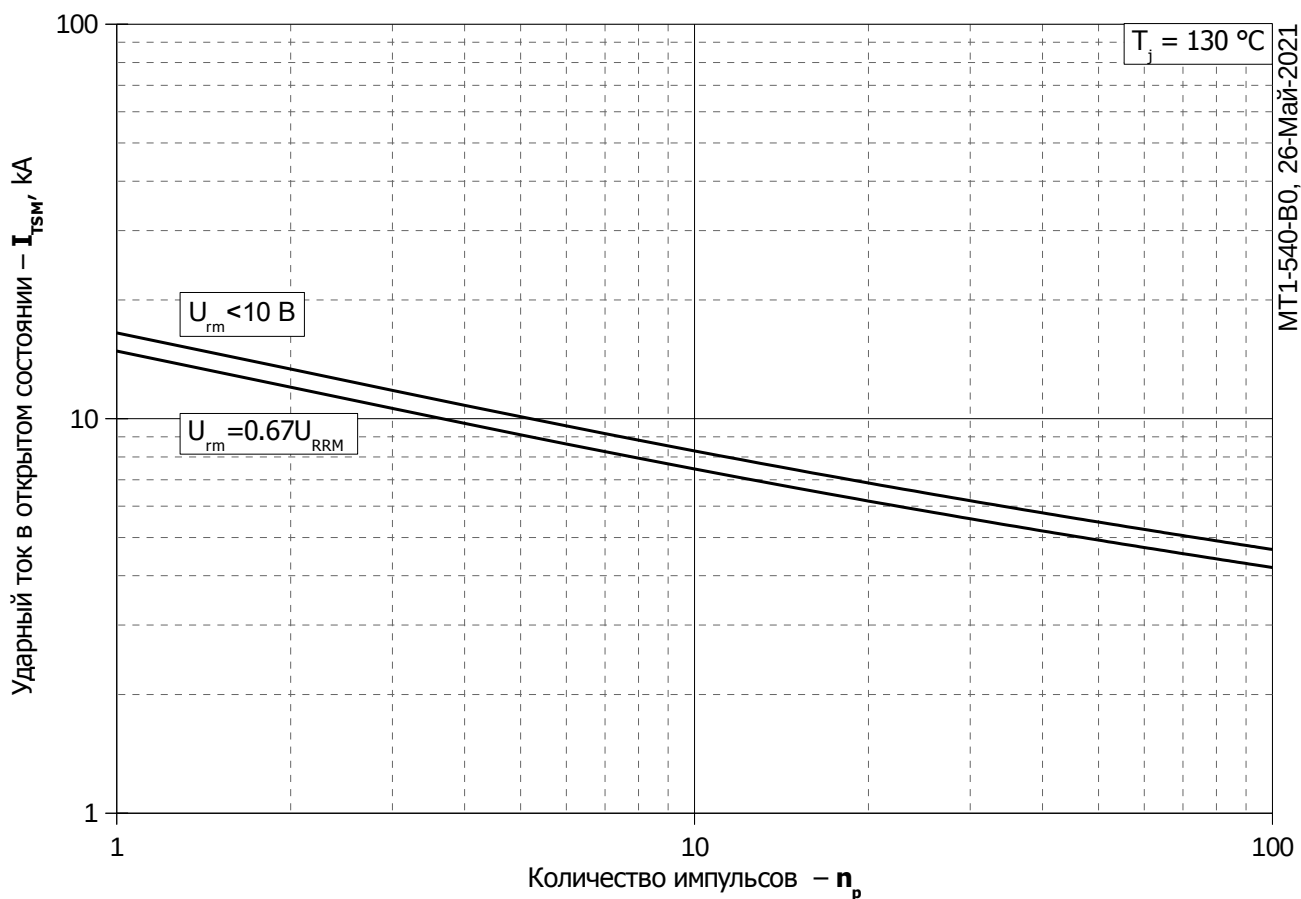
**Рис. 8 – Зависимость среднего тока в открытом состоянии  $I_{TAV}$  от температуры корпуса  $T_c$  для синусоидальной формы тока при различных углах проводимости ( $f=50$  Гц, Двустороннее охлаждение)**



**Рис. 9 - 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. 10 – Зависимость максимальной амплитуды ударного тока в открытом состоянии  $I_{FSM}$  и защитного фактора  $I^2t$  от длительности импульса  $t_p$**



**Рис. 11 – Зависимость максимальной амплитуды ударного тока в открытом состоянии  $I_{TSM}$  от количества импульсов  $n_p$**