



## Низкочастотный Тиристор Тип Т193-4000-28

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

|  |           |               |      |      |      |
|--|-----------|---------------|------|------|------|
| Средний прямой ток                                       | $I_{TAV}$ | 4000 А        |      |      |      |
| Повторяющееся импульсное напряжение в закрытом состоянии | $U_{DRM}$ | 2000 ÷ 2800 В |      |      |      |
| Повторяющееся импульсное обратное напряжение             | $U_{RRM}$ |               |      |      |      |
| Время выключения   | $t_q$     | 500 мкс       |      |      |      |
| $U_{DRM}, U_{RRM}, В$                                    | 2000      | 2200          | 2400 | 2600 | 2800 |
| Класс по напряжению                                      | 20        | 22            | 24   | 26   | 28   |
| $T_j, °C$  | -60 ÷ 125 |               |      |      |      |

### ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ

| Обозначение и наименование параметра    |                                      | Ед. изм.         | Значение       | Условия измерения  |
|---|--------------------------------------|------------------|----------------|--|
| <b>Параметры в проводящем состоянии</b> |                                      |                  |                |  |
| $I_{TAV}$                               | Средний ток в открытом состоянии     | А                | 4000<br>5900   | $T_c=94 °C$ ; двухстороннее охлаждение;<br>$T_c=70 °C$ ; двухстороннее охлаждение;<br>180 эл. град. синус; 50 Гц   |
| $I_{TRMS}$                              | Действующий ток в открытом состоянии | А                | 6280           | $T_c=94 °C$ ; двухстороннее охлаждение;<br>180 эл. град. синус; 50 Гц  |
| $I_{TSM}$                               | Ударный ток в открытом состоянии     | кА               | 75.0<br>86.0   | $T_j=T_{j\max}$<br>$T_j=25 °C$<br>180 эл. град. синус; 50 Гц<br>( $t_p=10$ мс); единичный импульс; $U_D=U_R=0 В$ ;<br>Импульс управления:<br>$I_G=2 А$ ; $t_{GP}=50$ мкс;<br>$di_G/dt \geq 1 А/мкс$  |
|   |                                      |                  | 79.0<br>91.0   | $T_j=T_{j\max}$<br>$T_j=25 °C$<br>180 эл. град. синус; 60 Гц<br>( $t_p=8.3$ мс); единичный импульс; $U_D=U_R=0 В$ ;<br>Импульс управления:<br>$I_G=2 А$ ; $t_{GP}=50$ мкс;<br>$di_G/dt \geq 1 А/мкс$ |
| $I^2t$                                  | Защитный фактор                      | $A^2 \cdot 10^3$ | 28125<br>36980 | $T_j=T_{j\max}$<br>$T_j=25 °C$<br>180 эл. град. синус; 50 Гц<br>( $t_p=10$ мс); единичный импульс; $U_D=U_R=0 В$ ;<br>Импульс управления:<br>$I_G=2 А$ ; $t_{GP}=50$ мкс;<br>$di_G/dt \geq 1 А/мкс$  |
|   |                                      |                  | 25900<br>34365 | $T_j=T_{j\max}$<br>$T_j=25 °C$<br>180 эл. град. синус; 60 Гц<br>( $t_p=8.3$ мс); единичный импульс; $U_D=U_R=0 В$ ;<br>Импульс управления:<br>$I_G=2 А$ ; $t_{GP}=50$ мкс;<br>$di_G/dt \geq 1 А/мкс$ |

| <b>Блокирующие параметры</b>  |   |                  |                                    |   |
|-------------------------------|---|------------------|------------------------------------|---|
| $U_{DRM}, U_{RRM}$            | Повторяющееся импульсное напряжение в закрытом состоянии и повторяющееся импульсное обратное напряжение     | В                | 2000 ÷ 2800                        | $T_{j\ min} < T_j < T_{j\ max}$ ;<br>180 эл. град. синус; 50 Гц;<br>управление разомкнуто   |
| $U_{DSM}, U_{RSM}$            | Неповторяющееся импульсное напряжение в закрытом состоянии и неповторяющееся импульсное обратное напряжение | В                | 2100 ÷ 2900                        | $T_{j\ min} < T_j < T_{j\ max}$ ;<br>180 эл. град. синус; 50 Гц; единичный импульс; управление разомкнуто   |
| $U_D, U_R$                    | Постоянное прямое и постоянное обратное напряжение  | В                | 0.75· $U_{DRM}$<br>0.75· $U_{RRM}$ | $T_j = T_{j\ max}$ ;<br>управление разомкнуто   |
| <b>Параметры управления</b>   |   |                  |                                    |   |
| $I_{FGM}$                     | Максимальный прямой ток управления  | А                | 12                                 | $T_j = T_{j\ max}$  |
| $U_{RGM}$                     | Максимальное обратное напряжение управления   | В                | 5                                  |   |
| $P_G$                         | Максимальная рассеиваемая мощность по управлению  | Вт               | 5                                  | $T_j = T_{j\ max}$ для постоянного тока управления  |
| <b>Параметры переключения</b> |   |                  |                                    |   |
| $(di/dt)_{crit}$              | Критическая скорость нарастания тока в открытом состоянии ( $f=1$ Hz)                                       | А/мкс            | 1000                               | $T_j = T_{j\ max}$ ; $U_D = 0.67 \cdot U_{DRM}$ ; $I_{TM} = 2 I_{TAV}$ ;<br>Импульс управления: $I_G = 2$ А;<br>$t_{GP} = 50$ мкс; $di_G/dt \geq 1$ А/мкс |
| <b>Тепловые параметры</b>     |   |                  |                                    |   |
| $T_{stg}$                     | Температура хранения  | °С               | -60 ÷ 125                          |   |
| $T_j$                         | Температура р-п перехода  | °С               | -60 ÷ 125                          |   |
| <b>Механические параметры</b> |   |                  |                                    |   |
| F                             | Монтажное усилие  | кН               | 70.0 ÷ 90.0                        |   |
| a                             | Ускорение   | м/с <sup>2</sup> | 50<br>100                          | В не зажатом состоянии<br>В зажатом состоянии   |

## 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        | 1.45              | $T_j = 25$ °С; $I_{TM} = 6300$ А  |
| $U_{T(TO)}$                                  | Пороговое напряжение, макс  | В        | 0.85              | $T_j = T_{j\ max}$ ;<br>$0.5 \pi I_{TAV} < I_T < 1.5 \pi I_{TAV}$   |
| $r_T$  | Динамическое сопротивление в открытом состоянии, макс   | МОм      | 0.070             |   |
| $I_L$  | Ток включения, макс   | мА       | 1500              | $T_j = 25$ °С; $U_D = 12$ В;<br>Импульс управления: $I_G = 2$ А;<br>$t_{GP} = 50$ мкс; $di_G/dt \geq 1$ А/мкс |
| $I_H$  | Ток удержания, макс   | мА       | 300               | $T_j = 25$ °С;<br>$U_D = 12$ В; управление разомкнуто   |
| <b>Блокирующие характеристики</b>            |   |          |                   |   |
| $I_{DRM}, I_{RRM}$                           | Повторяющийся импульсный обратный ток и повторяющийся импульсный ток в закрытом состоянии, макс | мА       | 300               | $T_j = T_{j\ max}$ ;<br>$U_D = U_{DRM}$ ; $U_R = U_{RRM}$   |
| $(dv_D/dt)_{crit}$                           | Критическая скорость нарастания напряжения в закрытом состоянии, мин                            | В/мкс    | 1000              | $T_j = T_{j\ max}$ ;<br>$U_D = 0.67 \cdot U_{DRM}$ ; управление разомкнуто                                    |

| Характеристики управления |  |    |                      |   |   |
|---------------------------|--|----|----------------------|---|---|
| $U_{GT}$                  | Отпирающее постоянное напряжение управления, макс  | В  | 5.00<br>3.00<br>2.00 | $T_j = T_{j \min}$<br>$T_j = 25 \text{ }^\circ\text{C}$<br>$T_j = T_{j \max}$ | $U_D = 12 \text{ В}; I_D = 3 \text{ А};$<br>Постоянный ток управления |
| $I_{GT}$                  | Отпирающий постоянный ток управления, макс         | мА | 500<br>300<br>200    | $T_j = T_{j \min}$<br>$T_j = 25 \text{ }^\circ\text{C}$<br>$T_j = T_{j \max}$ |   |
| $U_{GD}$                  | Неотпирающее постоянное напряжение управления, мин | В  | 0.35                 | $T_j = T_{j \max};$<br>$U_D = 0.67 \cdot U_{DRM};$                            | Постоянный ток управления   |
| $I_{GD}$                  | Неотпирающий постоянный ток управления, мин        | мА | 15.00                | Постоянный ток управления   |   |

#### Динамические характеристики

|           |                                      |      |      |   |
|-----------|--------------------------------------|------|------|---|
| $t_{gd}$  | Время задержки включения             | мкс  | 2.50 | $T_j = 25 \text{ }^\circ\text{C}; U_D = 0.4 \cdot U_{DRM}; I_{TM} = 2000 \text{ А};$<br>Импульс управления: $I_G = 2 \text{ А};$<br>$t_{GP} = 50 \text{ мкс}; di_G/dt \geq 1 \text{ А/мкс}$ |
| $t_q$     | Время выключения, макс               | мкс  | 500  | $dv_D/dt = 50 \text{ В/мкс}; T_j = T_{j \max}; I_{TM} = 2000 \text{ А};$<br>$di_R/dt = -10 \text{ А/мкс}; U_R = 100 \text{ В};$<br>$U_D = 0.67 U_{DRM}$                                     |
| $Q_{rr}$  | Заряд обратного восстановления, макс | мкКл | 7500 | $T_j = T_{j \max}; I_{TM} = 2000 \text{ А};$<br>$di_R/dt = -10 \text{ А/мкс};$<br>$U_R = 100 \text{ В}$   |
| $t_{rr}$  | Время обратного восстановления, макс | мкс  | 60   |   |
| $I_{rrM}$ | Ток обратного восстановления, макс   | А    | 250  |   |

#### Тепловые характеристики

|              |   |                     |        |                |                              |
|--------------|---|---------------------|--------|----------------|------------------------------|
| $R_{thjc}$   | Тепловое сопротивление р-п переход-корпус, макс | $^\circ\text{C/Вт}$ | 0.0050 | Постоянный ток | Двухстороннее охлаждение     |
| $R_{thjc-A}$ |   |                     | 0.0110 |                | Охлаждение со стороны анода  |
| $R_{thjc-K}$ |   |                     | 0.0090 |                | Охлаждение со стороны катода |
| $R_{thck}$   | Тепловое сопротивление корпус-охладитель, макс  | $^\circ\text{C/Вт}$ | 0.0010 | Постоянный ток |                              |

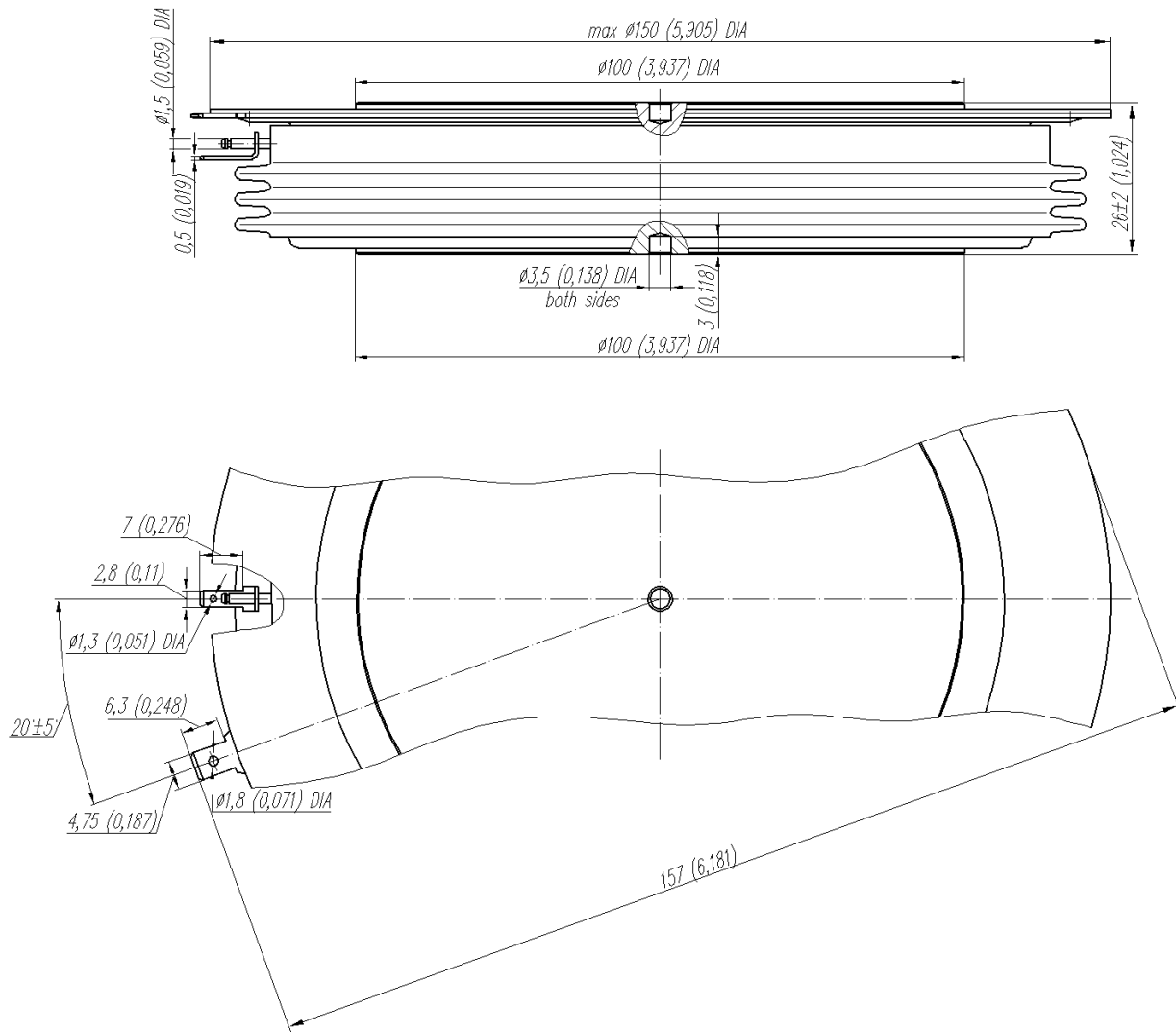
#### Механические характеристики

|       |                                       |              |                  |  |
|-------|---------------------------------------|--------------|------------------|--|
| $w$   | Масса, тип                            | г            | 2200             |  |
| $D_s$ | Длина пути тока утечки по поверхности | мм<br>(дюйм) | 44.60<br>(1.756) |  |
| $D_a$ | Длина пути тока утечки по воздуху     | мм<br>(дюйм) | 15.70<br>(0.618) |  |

#### МАРКИРОВКА

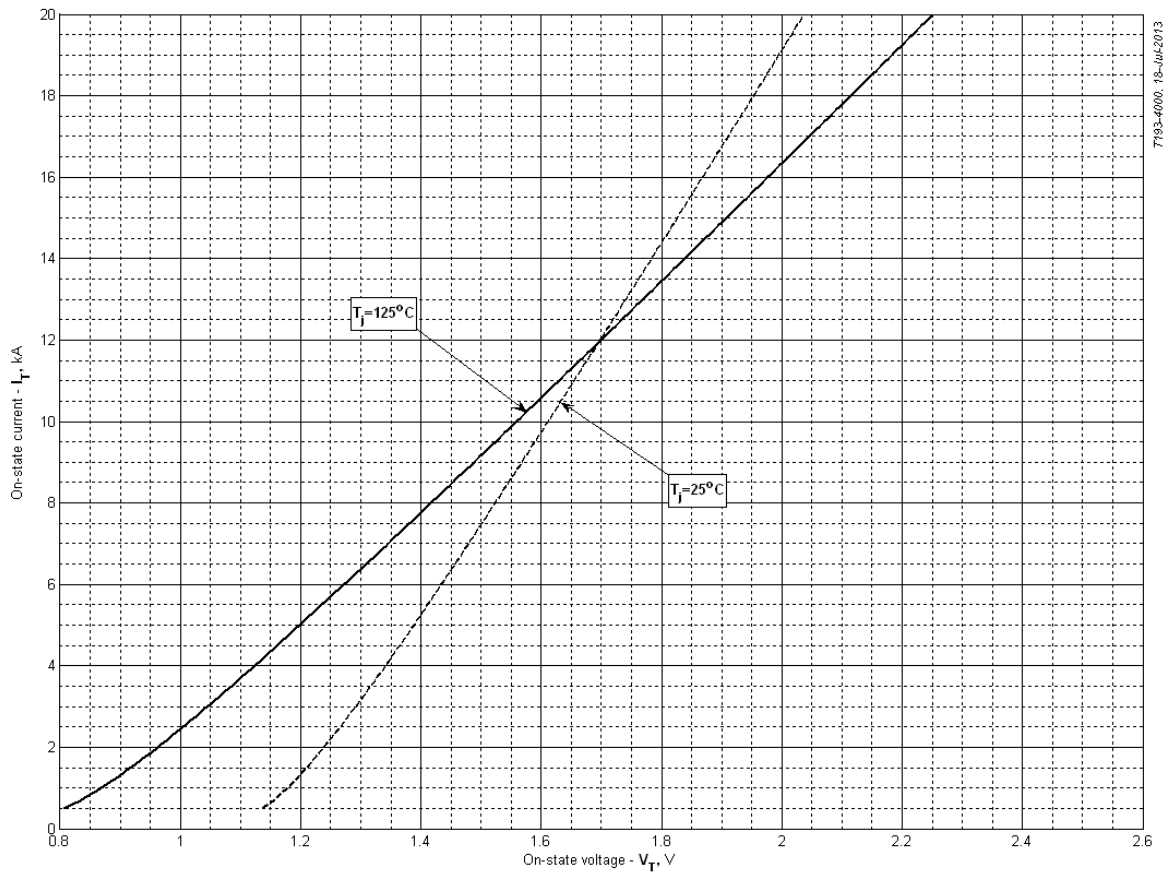
| T | 193 | 4000 | 28 | УХЛ2 |
|---|-----|------|----|------|
| 1 | 2   | 3    | 4  | 5    |

1. Низкочастотный тиристор
2. Конструктивное исполнение
3. Средний ток в открытом состоянии, А
4. Класс по напряжению
5. Климатическое исполнение по ГОСТ 15150: УХЛ2, Т



Все размеры в миллиметрах (дюймах)

Содержащаяся здесь информация является конфиденциальной и находится под защитой авторских прав. В интересах улучшения качества продукции, ЗАО «Протон-Электротекс» оставляет за собой право изменять информационные листы без уведомления.



7193-4000, 18-Jul-2013

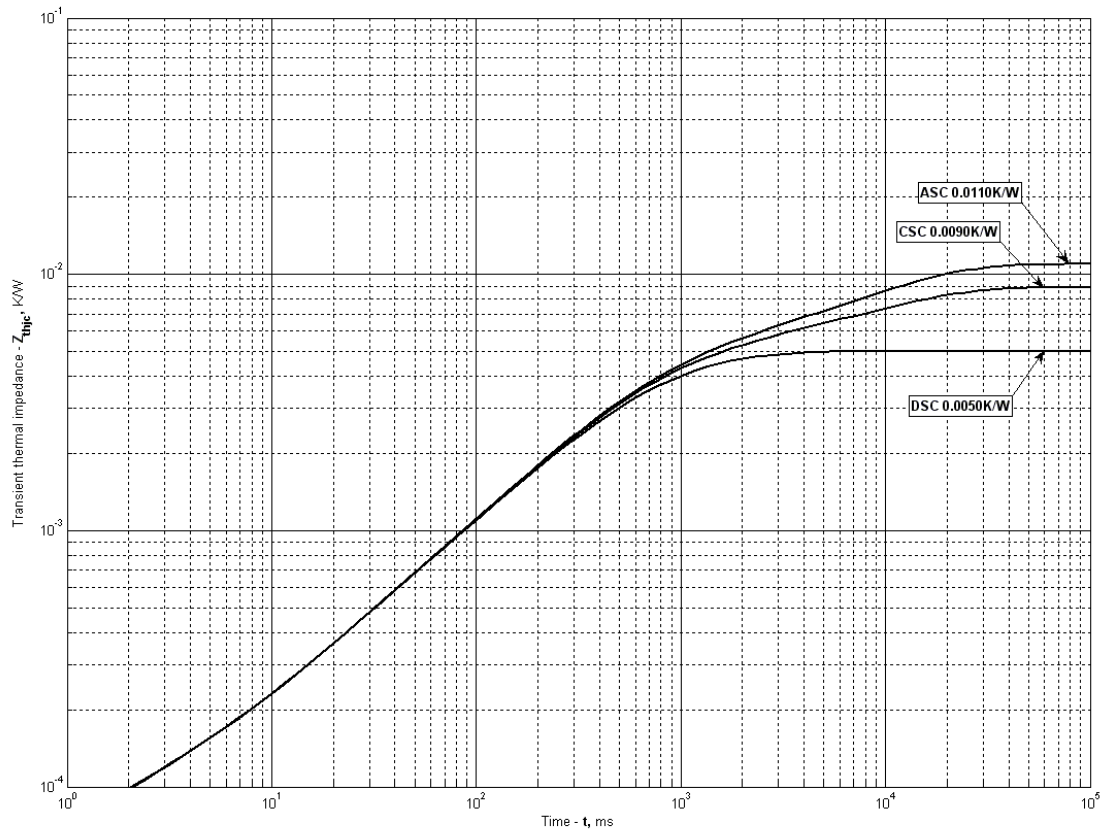
**Fig 1 – On-state characteristics of Limit device**

Analytical function for On-state characteristic:

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

|          | Coefficients for max curves |                           |
|----------|-----------------------------|---------------------------|
|          | $T_J = 25^\circ\text{C}$    | $T_J = T_{J \text{ max}}$ |
| <b>A</b> | 1.142428                    | 0.808713                  |
| <b>B</b> | 0.048143                    | 0.076708                  |
| <b>C</b> | 0.144998                    | 0.193655                  |
| <b>D</b> | -0.113913                   | -0.152139                 |

**On-state characteristic model (see Fig. 1)**



**Fig 2 – Transient thermal impedance**

Analytical function for Transient thermal impedance junction to case  $Z_{thjc}$  for DC:

$$Z_{thjc} = \sum_{i=1}^n R_i \left( 1 - e^{-\frac{t}{\tau_i}} \right)$$

Where  $i = 1$  to  $n$ ,  $n$  is the number of terms in the series.

$t$  = Duration of heating pulse in seconds.

$Z_{thjc}$  = Thermal resistance at time  $t$ .

$R_i$  = Amplitude of  $p_{th}$  term.

$\tau_i$  = Time constant of  $r_{th}$  term.

DC Double side cooled

| $i$         | 1        | 2         | 3        | 4         | 5          | 6          |
|-------------|----------|-----------|----------|-----------|------------|------------|
| $R_i, K/W$  | 0.002027 | 0.0001166 | 0.002627 | 0.0001539 | 3.237e-005 | 4.335e-005 |
| $\tau_i, S$ | 1.059    | 0.080     | 0.3836   | 0.02289   | 0.0003559  | 0.001397   |

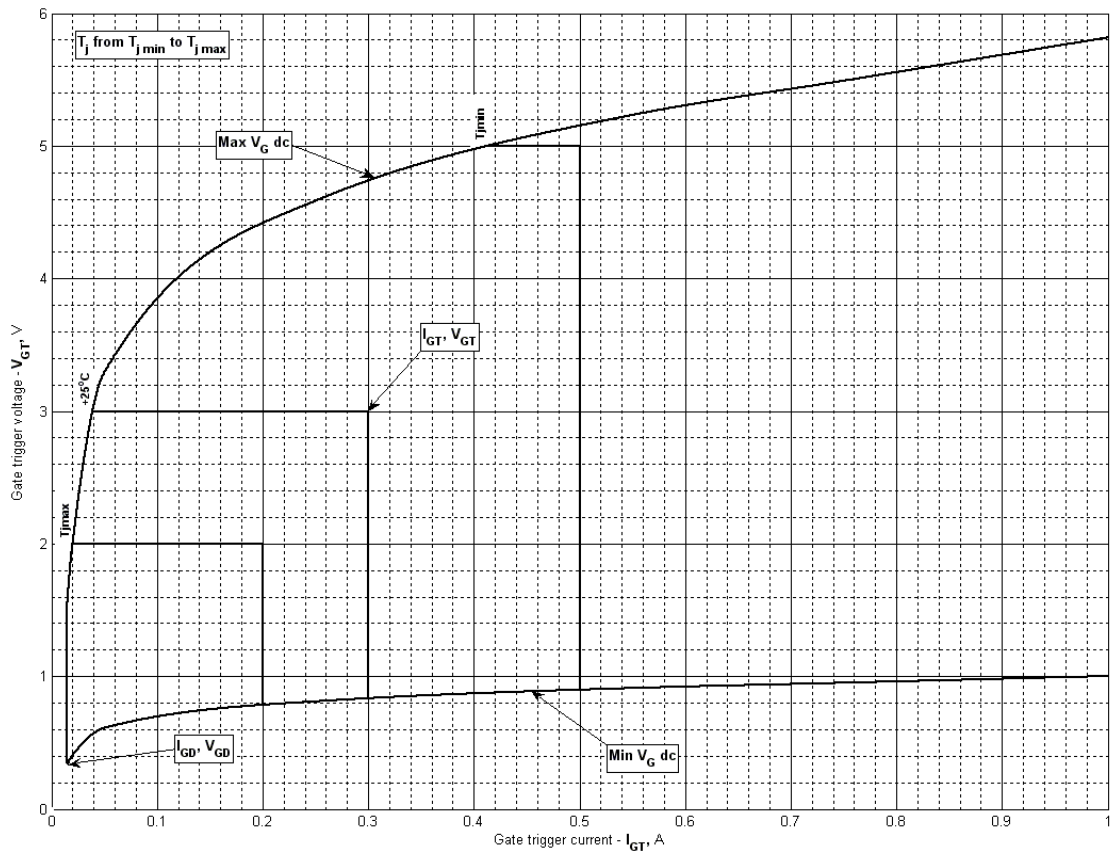
DC Cathode side cooled

| $i$         | 1        | 2        | 3        | 4         | 5          | 6          |
|-------------|----------|----------|----------|-----------|------------|------------|
| $R_i, K/W$  | 0.003885 | 0.002188 | 0.002508 | 0.0002154 | 3.854e-005 | 4.646e-005 |
| $\tau_i, S$ | 10.6     | 1.090    | 0.3745   | 0.03207   | 0.002565   | 0.0004383  |

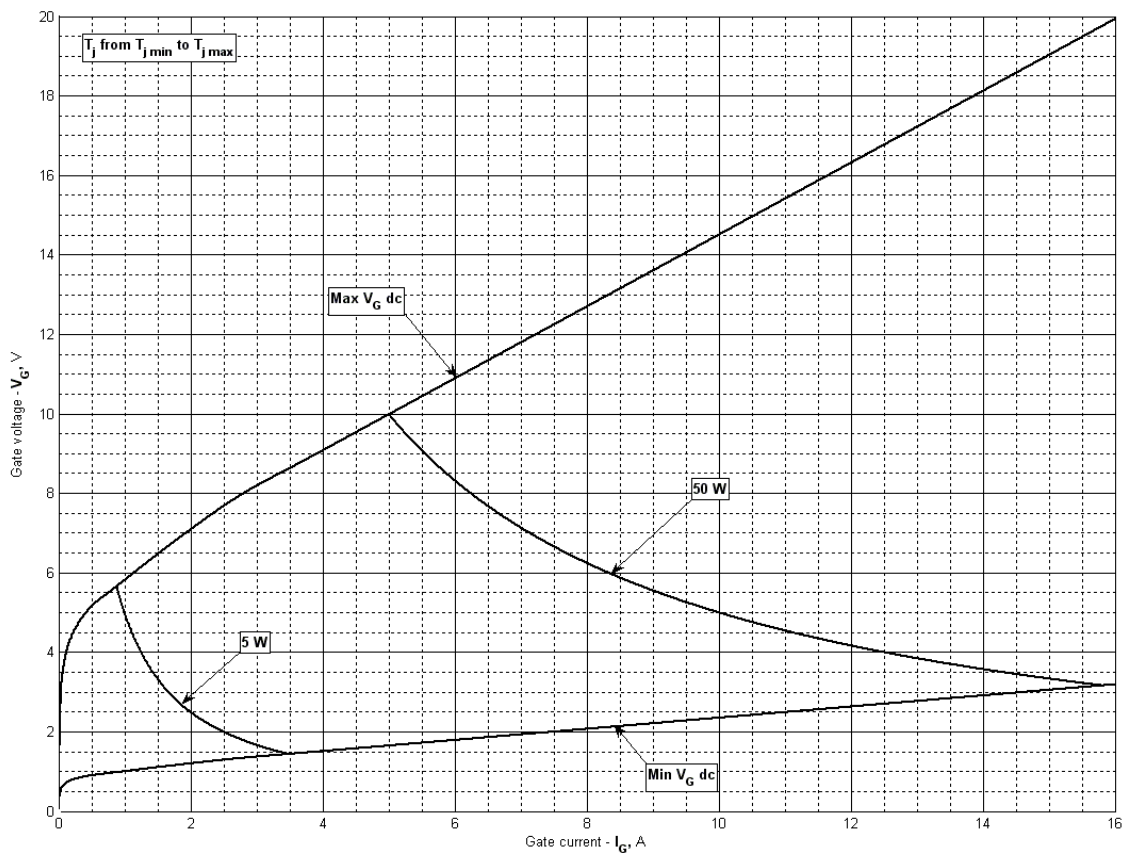
DC Anode side cooled

| $i$         | 1        | 2        | 3       | 4         | 5          | 6          |
|-------------|----------|----------|---------|-----------|------------|------------|
| $R_i, K/W$  | 0.005945 | 0.002218 | 0.00248 | 0.0002153 | 3.862e-005 | 4.604e-005 |
| $\tau_i, S$ | 10.6     | 1.120    | 0.3786  | 0.03196   | 0.002513   | 0.0004352  |

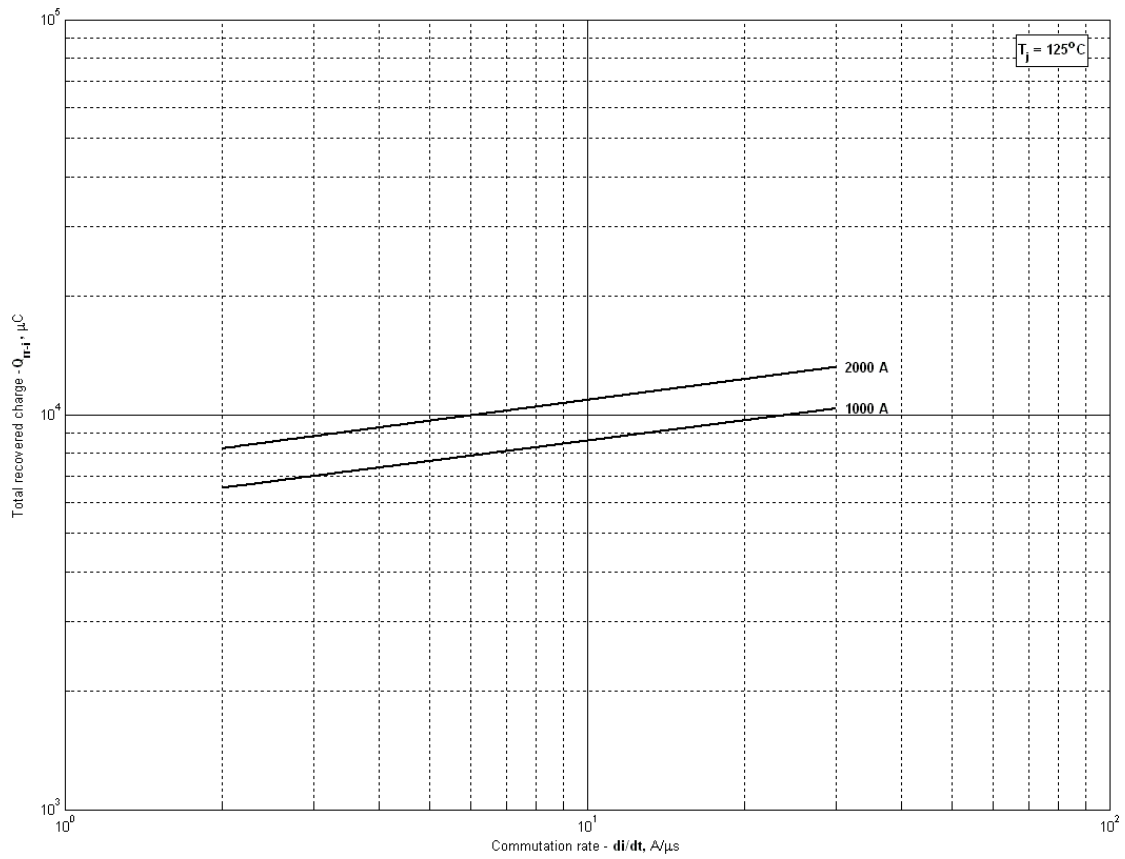
**Transient thermal impedance junction to case  $Z_{thjc}$  model (see Fig. 2)**



**Fig 3 – Gate characteristics – Trigger limits**

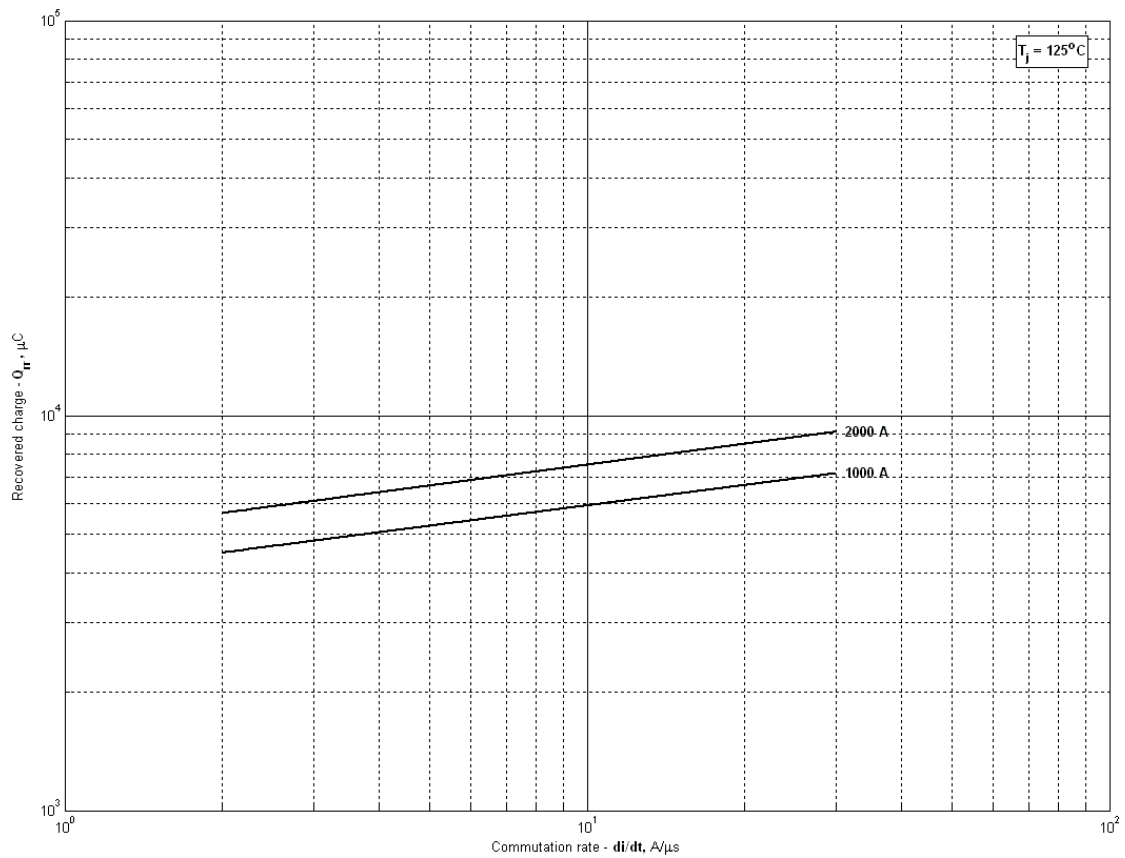


**Fig 4 - Gate characteristics –Power curves**



T<sub>j</sub> = 125°C  
7193-4000, 25-Oct-2015

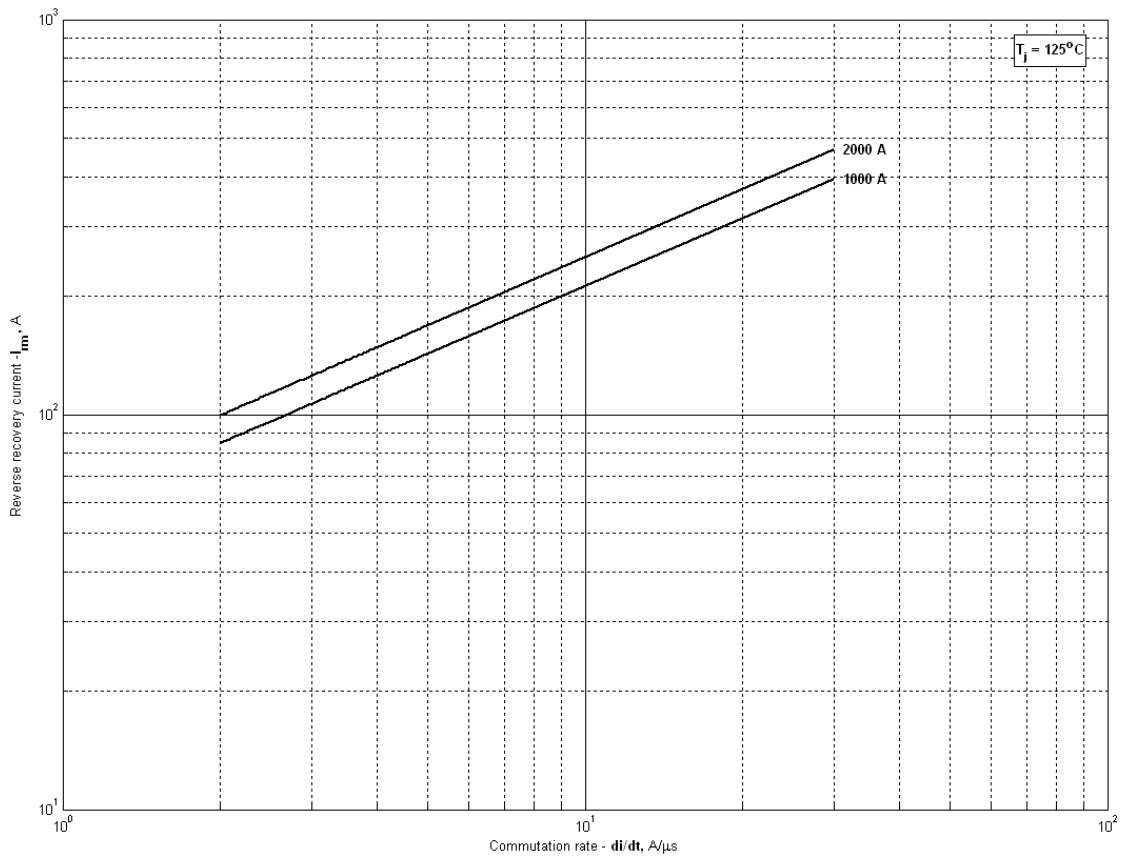
**Fig 5 – Total recovered charge,  $Q_{rr-i}$  (integral)**



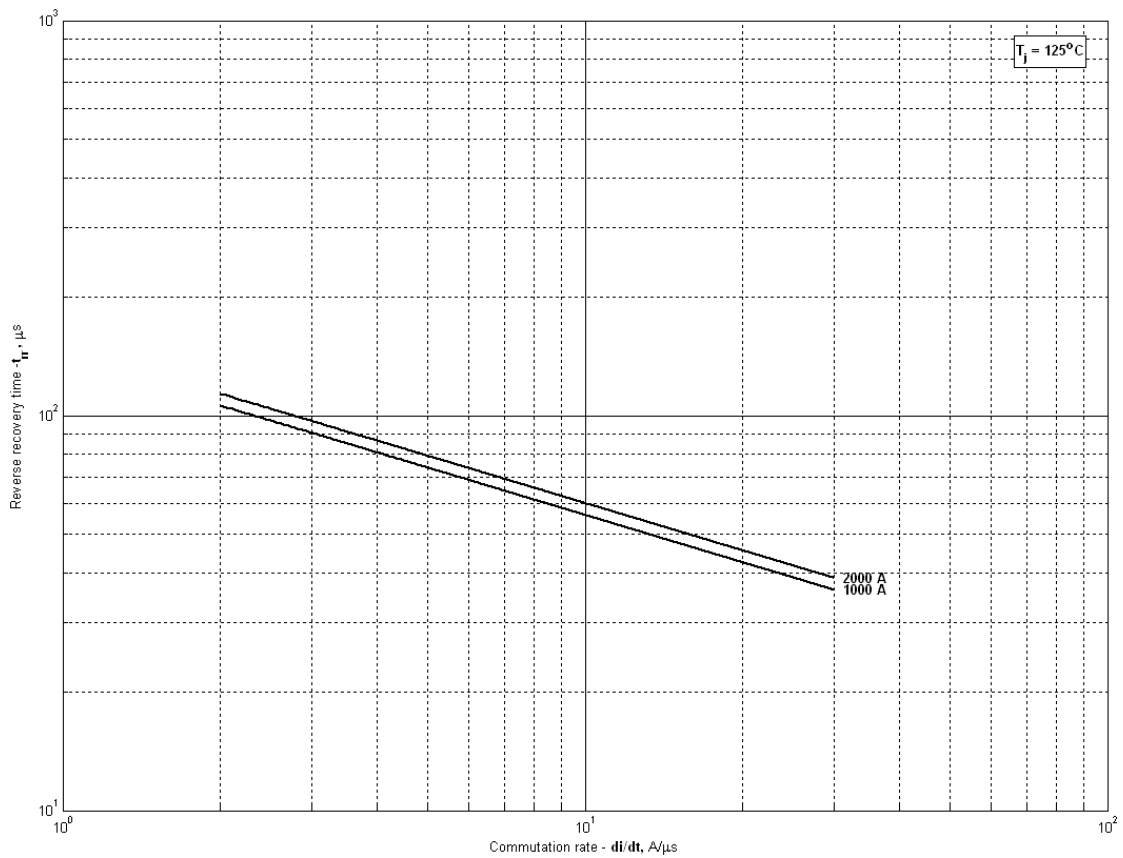
T<sub>j</sub> = 125°C  
7193-4000, 25-Oct-2015

**Fig 6 - Recovered charge,  $Q_{rr}$  (linear)**

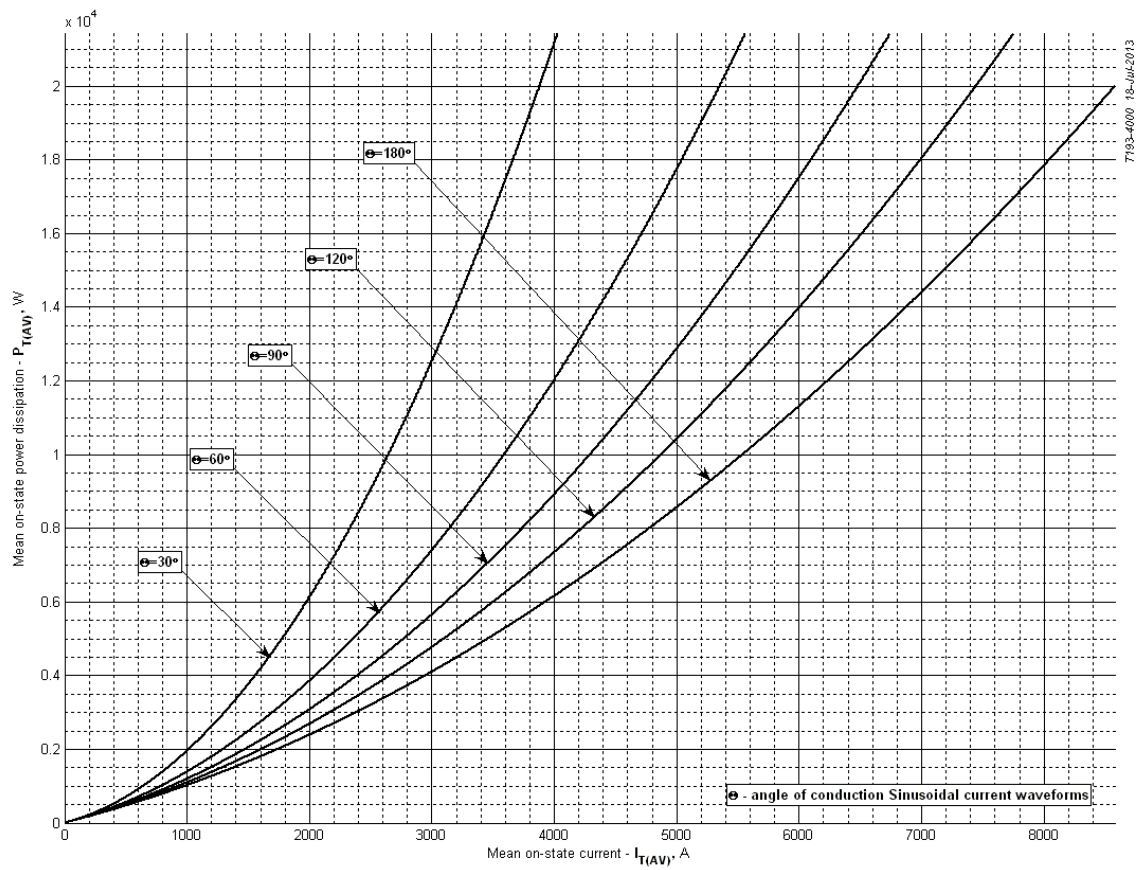




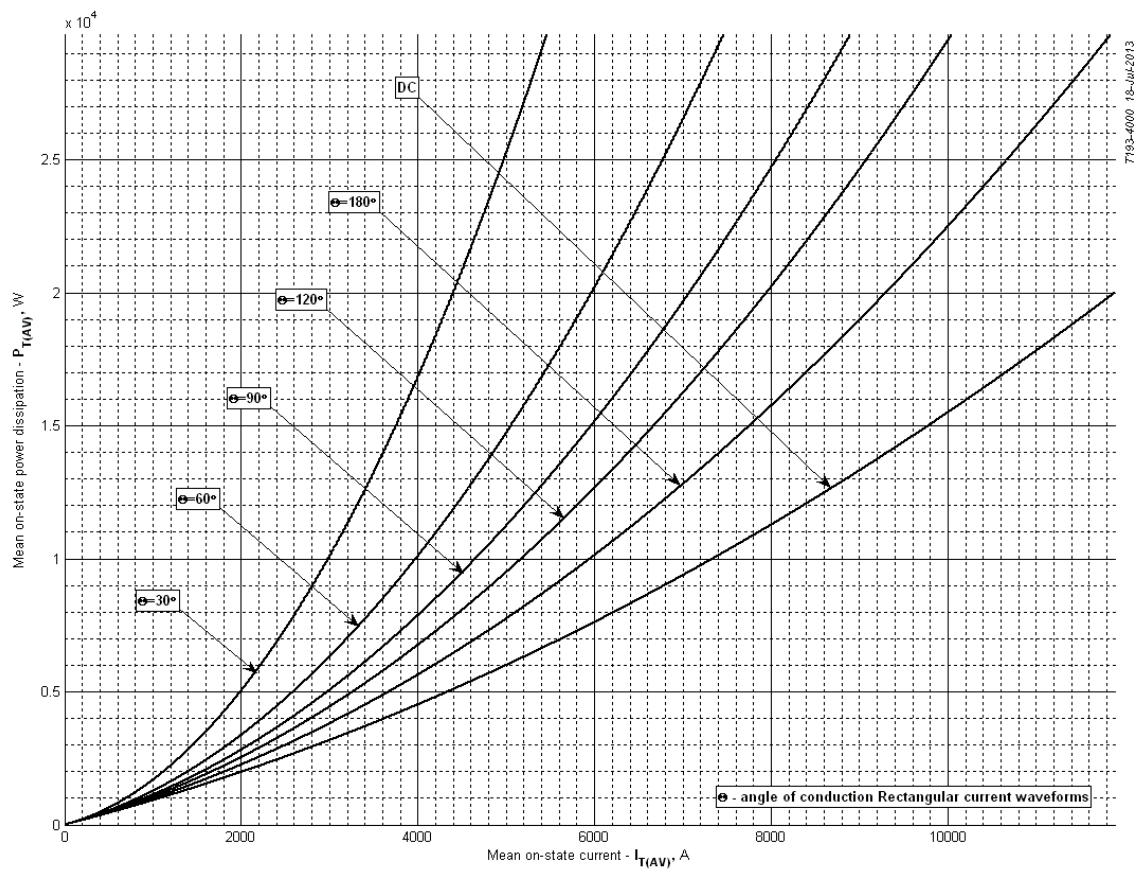
**Fig 7 – Peak reverse recovery current,  $I_{fm}$**



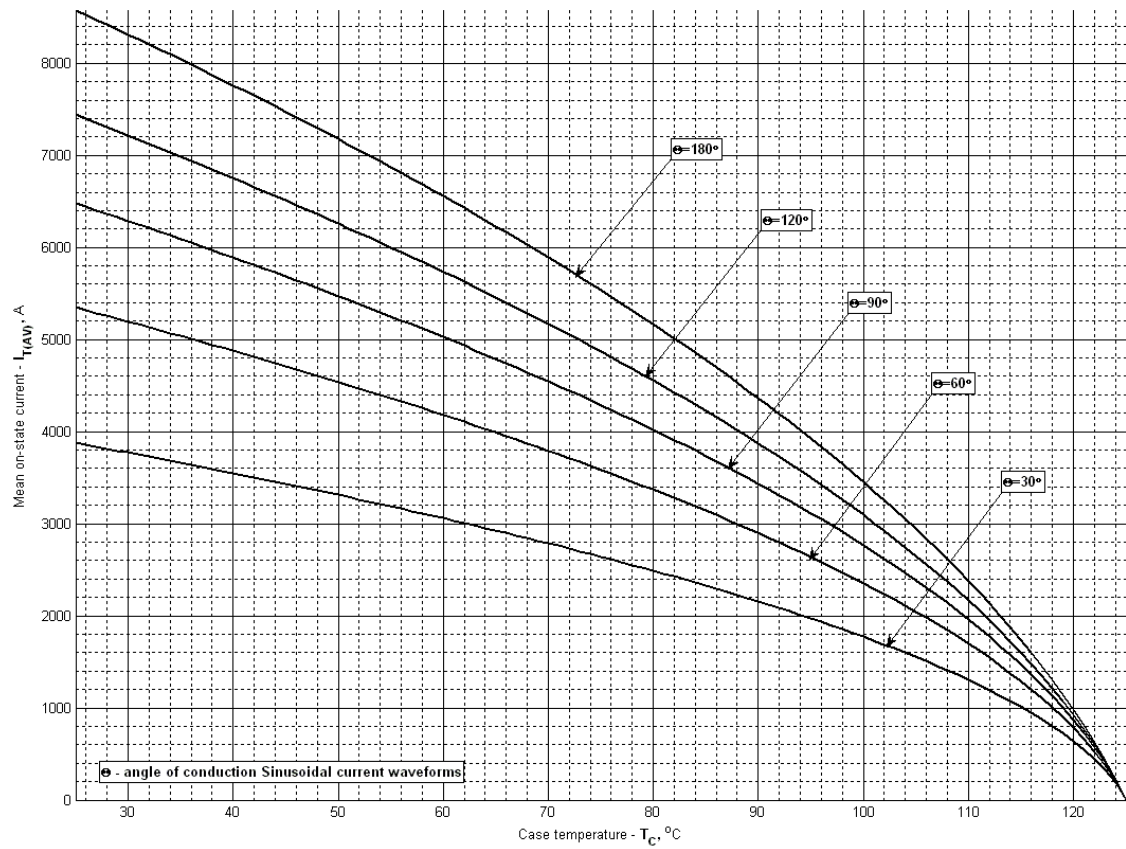
**Fig 8 – Maximum recovery time,  $t_{rr}$  (linear)**



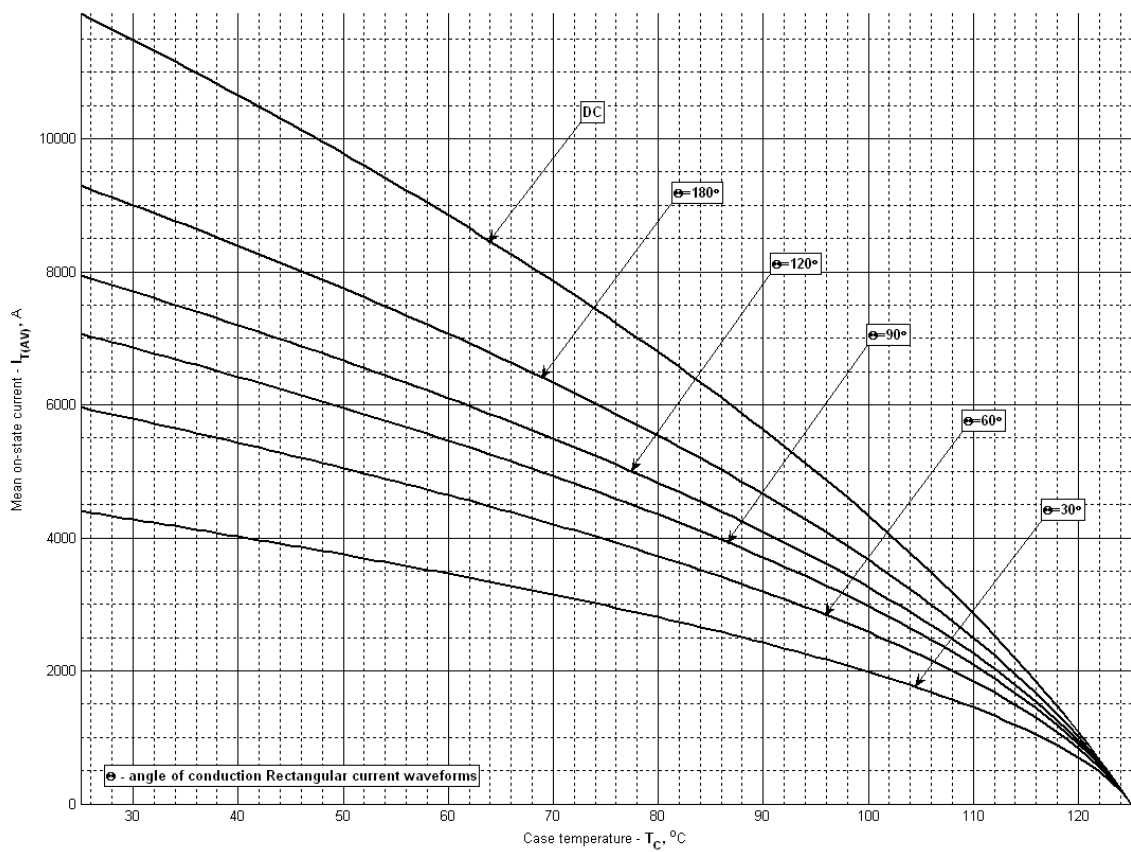
**Fig 9 – On-state power loss (sinusoidal current waveforms)**



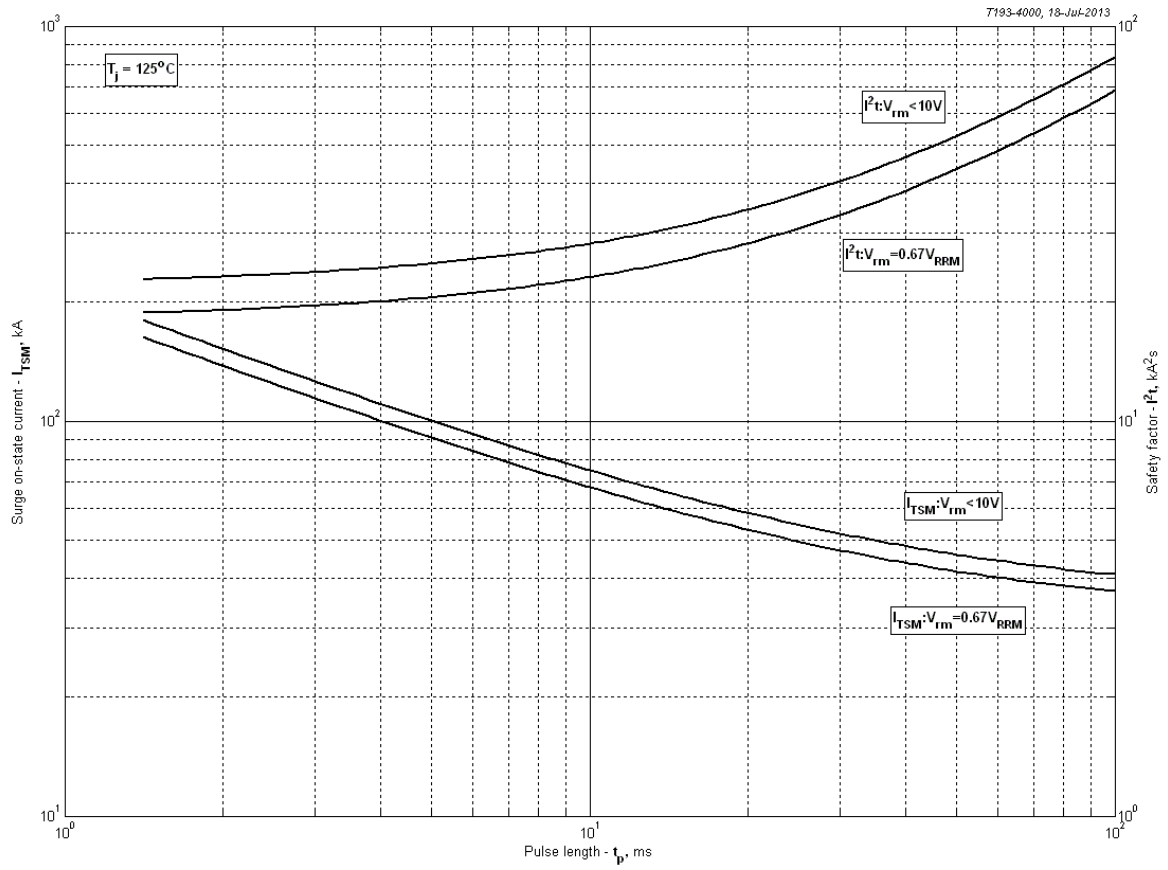
**Fig 10 – On-state power loss (rectangular current waveforms)**



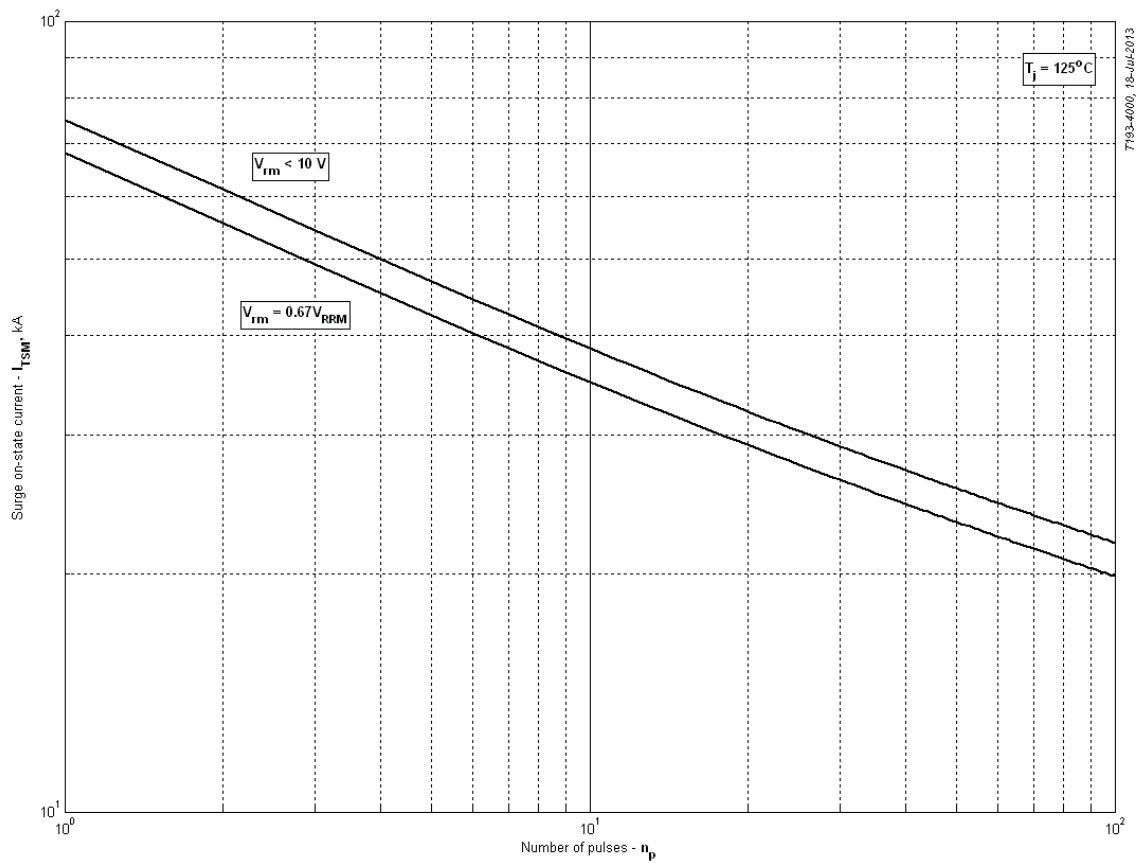
**Fig 11 – Maximum case temperature DSC (sinusoidal current waveforms)**



**Fig 12 – Maximum case temperature DSC (rectangular current waveforms)**



**Fig 13 – Maximum surge and  $I^2t$  ratings**



**Fig 14 – Maximum surge ratings**