

# Тиристоры

## Назначение и область применения

Триодные тиристоры, не проводящие в обратном направлении, в дальнейшем именуемые «тиристоры», выпускаются на токи от 10 А до 125 А и напряжением от 100 В до 2000 В: Т112-10, Т112-16, Т122-20, Т122-25, Т122-32, Т132-16, Т132-25, Т132-42, Т131-40, Т131-50, Т132-40, Т132-50, Т132-63, Т141-40, Т141-50, Т142-32, Т142-40, Т142-50, Т141-63, Т141-80, Т142-63, Т142-80, Т151-63, Т151-80, Т152-63, Т152-80, Т152-100, Т152-125.

Тиристоры предназначены для работы в силовых цепях постоянного и переменного тока частотой до 500 Гц, а также в электрическом оборудовании морских судов неограниченного района плавания и могут применяться в различных преобразователях электроэнергии.

## Условия эксплуатации

Тиристоры допускают эксплуатацию при температуре окружающей среды от минус 50 °С (минус 60 °С для УХЛ2.1) до максимально допустимой температуры при соответствующем снижении действующего тока в открытом состоянии, приведенном на графике зависимости действующего тока от температуры окружающей среды.

Климатическое исполнение и категория размещения тиристоров У2, УХЛ2.1, ОМ2.1, Т3 по ГОСТ 15150-69.

Тиристоры предназначены для эксплуатации во взрывобезопасных и химически неактивных средах в условиях, исключающих воздействие различных излучений (нейтронного, электронного,  $\gamma$ -излучения и т.д.) в атмосфере условно чистой (тип I) или промышленной (тип II), где содержание коррозионно активных агентов не должно превышать: сернистого газа - 0,031 мг/м<sup>3</sup>, хлоридов - 0,3 мг/м<sup>3</sup> в сутки.

Тиристоры допускают воздействие вибрационных нагрузок в диапазоне частот от 1 Гц до 100 Гц с ускорением 50 м/с<sup>2</sup>, многократных ударов длительностью 2-15 мс с ускорением 150 м/с<sup>2</sup> и одиночных ударов длительностью импульса 50 мс с ускорением 40 м/с<sup>2</sup>.

Группа М27 условий эксплуатации по ГОСТ 17516-72.

Рекомендуемые охладители типа: О111, О221, О131, О231, О241, О251, в соответствии с ТУ16-729.377-83.

Тиристоры по своим параметрам и характеристикам соответствуют ТУ16-729.226-79.

## Условное обозначение тиристоров



## **Комплектность поставки и формулирование заказа**

Тиристоры поставляются без охладителей, но по согласованию с предприятием-изготовителем могут поставляться с комплектом крепежных деталей и охладителем.

К каждой партии тиристоров, транспортируемых в один адрес, прилагается этикетка.

При заказе тиристоров необходимо указать: наименование, тип, класс, группу по критической скорости нарастания напряжения в закрытом состоянии, климатическое исполнение и категорию размещения, номер технических условий, количество, комплектность.

Пример заказа 20 штук тиристоров на ток 50 А, с гибким выводом, критической скорости нарастания напряжения в закрытом состоянии 200 В/мкс (группа 4), климатического исполнения и категории размещения УХЛ2.1, без охладителей:

Тиристор Т131-50-8-4-УХЛ2.1, ТУ16-729.226-79, 20 штук без охладителей.

## **Указания по монтажу и эксплуатации**

При эксплуатации тиристоров с охладителем необходимо обеспечить беспрепятственное воздушное охлаждение. Для надежного теплового контакта, контактная поверхность охладителей должна иметь шероховатость не более 3,2 мкм.

Контактную поверхность рекомендуется покрыть равномерным слоем толщиной около 0,1 мм теплопроводящей пасты КПП-8 ГОСТ 19783-74.

При наличии дополнительного подогрева со стороны соседней аппаратуры, его необходимо учитывать при определении допустимых нагрузок.

## **Допустимые обратные параметры и параметры закрытого состояния тиристоров.**

Для безопасной работы тиристоров необходимо, чтобы случайные импульсы перенапряжения в обратном направлении ( $U_{RS}$ ) и импульсы перенапряжения в прямом закрытом состоянии ( $U_{DS}$ ), не превышали максимальных значений ( $U_{RSM}$  и  $U_{DSM}$ ).

Для надежной работы тиристоров рабочие значения повторяющегося импульсного напряжения в обратном ( $U_{RWM}$ ) и прямом закрытом состоянии ( $U_{DWM}$ ) не должны превышать 80 % от напряжения класса ( $U_{RWM} \leq 0,8U_{RRM}$ ,  $U_{DWM} \leq 0,8U_{DRM}$ ).

Значения постоянного напряжения в закрытом состоянии и постоянного обратного напряжения не должны превышать 60 % от напряжения класса ( $U_R \leq 0,6U_{RRM}$ ,  $U_D \leq 0,6U_{DRM}$ ).

Приведенные соотношения между значениями рабочего напряжения в обратном и прямом закрытом состоянии обеспечивает надежную работу тиристоров в течении их срока службы. Следует отметить, что повышение показателей надежности тиристоров по сравнению с данными технических условий может быть достигнуто за счет снижения рабочей температуры и уменьшения величины рабочего напряжения по сравнению со значением повторяющегося импульсного напряжения. Другими словами, применение для заданных условий эксплуатации тиристора более высокого класса и с большими предельными токами повышает надежность их работы. Причем, скорость нарастания прямого напряжения в закрытом состоянии не должна превышать максимально допустимое значение  $(dU/dt)_{crit}$ , указанное в таблице в соответствии с группой тиристора по  $(dU/dt)_{crit}$ . Превышение этого значения приводит к включению тиристора без подачи импульса управления и, в конечном итоге, выходу тиристора из строя. Ограничение  $dU/dt$  обеспечивается включением RC- цепочки параллельно к каждому тиристор.

## Допустимые параметры и характеристики тиристора в открытом состоянии.

Предельным током конструкции является максимально допустимый средний ток тиристора, заданный при определенной температуре корпуса. Превышать этот ток при установившемся режиме работы тиристора не разрешается. Эксплуатировать тиристоры при максимально допустимом токе нагрузки можно только обеспечив охлаждение, достаточное для поддержания температуры корпуса тиристора не выше указанной. Способы охлаждения могут быть различные: принудительное воздушное, водяное, крепление на охладитель с достаточно низким тепловым сопротивлением и т.п.

Если температура корпуса выше заданной, ток нагрузки необходимо снижать согласно графика зависимости среднего тока в открытом состоянии от температуры корпуса (рисунок 2 для тока синусоидальной формы и рисунок 3 для тока прямоугольной формы).

В зависимости от тока нагрузки происходит рассеяние мощности в структуре тиристора (рисунки 6 и 7). Эта зависимость определяется по формуле:

$$P = U_{T(ТО)} I_{T(AV)} + k_{\phi}^2 r_T I_{T(AV)}^2,$$

где  $U_{T(ТО)}$  - пороговое напряжение ,

$r_T$  - динамическое сопротивление,

$k_{\phi}$  - коэффициент формы тока ( для полусинусоиды  $k_{\phi} = 1,57$ ).

Чтобы тиристор не перегревался, необходимо обеспечить его достаточное охлаждение.

При эксплуатации тиристора на типовом охладителе при естественном охлаждении, допустимое значение среднего тока в открытом состоянии определяется по зависимостям среднего тока в открытом состоянии от температуры окружающей среды, приведенным на рисунках 4 и 5.

В режиме кратковременных токовых нагрузок допускается превышение допустимых токов нагрузки на типовом охладителе. Такой ток называется током рабочей перегрузки  $I_{T(OV)}$ . Амплитудное значение тока рабочей перегрузки определяется по зависимости от длительности перегрузки  $t$  (рисунок 10).

Максимальное значение одиночного импульса аварийной перегрузки в течении 10 мс называется ударным током  $I_{TSM}$ . Его значение приведено в таблице. Воздействие этого импульса тока приводит к некоторому превышению температуры структуры тиристора над предельно допустимой. На время тиристор теряет способность выдерживать обратное напряжение, соответствующее его классу. Поэтому прикладывать обратное напряжение к тиристорам после импульса ударного тока не рекомендуется.

Если длительность аварийного импульса менее 10 мс, допустимая амплитуда одиночного импульса тока в аварийном режиме определяется по графику зависимости ударного тока  $I_{TSM}$  от длительности импульса  $t_i$  (рисунок 8). На рисунке 9 приведена зависимость защитного показателя  $I^2t$  от длительности  $t_i$ , необходимая для выбора предохранителя, защищающего тиристор от повторной нагрузки импульсами ударного тока.

Защитный показатель  $\int I^2t$  для полусинусоидального импульса тока определяется по формуле:

$$\int_0^{\pi} (I_m \sin \omega t)^2 dt = \frac{I_m^2 t_i}{2},$$

где  $t_i$  - длительность аварийного тока.

Значение  $I_m$ , допустимое при данной длительности, определяется по графику зависимости ударного тока от длительности импульса (рисунок 8).

Значение защитного показателя предохранителя должно быть меньше значения  $I^2t$  тиристора. При подаче тока нагрузки в открытом состоянии необходимо, чтобы скорость нарастания тока не превышала критическое значение  $(di/dt)_{crit}$ .

При работе с высокими скоростями нарастания анодного тока необходимо учитывать следующее:

- 1 Амплитуда импульса тока управления должна быть не менее  $3I_{GT}$  ;
- 2 Длительность переднего фронта импульса тока управления должна быть равна 0,5...1,5 мкс;
- 3 Чем выше рабочая частота, тем ниже надежность работы тиристоров при данном значении  $di/dt$ .

### **Защита тиристорov от перенапряжения.**

Накопленный заряд восстановления  $Q_{\text{пр}}$ , который возникает при выключении тиристора, зависит от скорости спада тока (рисунок 17). Значение  $Q_{\text{пр}}$  необходимо для расчета емкости защитной RC-цепочки, которую можно определить по формуле:

$$C \approx \frac{Q_{\text{пр}}}{U_{\text{RM}}},$$

где  $U_{\text{RM}}$  - амплитуда перенапряжения, возникающего при выключении тиристора, которое не должно превышать допустимое неповторяющееся напряжение в закрытом состоянии и повторяющееся обратное напряжение.

Сопротивление резистора RC-цепи определяется по формуле:

$$R = \frac{L_s \, du/dt}{U_{\text{RRM}}},$$

где  $L_s$  - суммарная индуктивность двух соседних фаз сети,

$du/dt$  - допустимая скорость нарастания напряжения.

При расчете скорости нарастания тока нагрузки  $di/dt$ , необходимо учитывать ток разряда емкости  $C$ , который добавляется к току нагрузки.