

Исследование характеристик тиристора

Цель работы: ознакомление с системой классификации тиристоров, изучение методов испытания тиристоров, снятия параметров и характеристик.

Описание лабораторной установки

Лабораторная установка состоит из источника постоянного тока для питания цепи управления испытуемого тиристора, источников питания для снятия вольт-амперных характеристик силовой цепи тиристора в состояниях высокой и низкой проводимости и релейных цепей защиты и блокировки.

Регулировка тока управления тиристора V_S осуществляется потенциометром R_1 /грубо/ и R_2 /точно/. Значения напряжения и тока управления измеряются по вольтметру V_3 и амперметру A_3 .

Регулировка напряжения и тока силовой цепи тиристора осуществляется автотрансформатором T_1 .

При исследовании характеристик тиристора в состоянии высокой проводимости питание его силовой цепи производится через трансформатор T_3 . Для этого штепсельный разъем 2 и переключатель S_2 устанавливаются в нижнее положение. Необходимая для снятия классификационной и динамической характеристик однополупериодная форма напряжения и тока тиристора обеспечивается диодом D_5 , а синусоидальность кривой тока достигается благодаря диодам D_6, D_7 , создающим цепь для протекания тока во второй, нерабочий полупериод напряжения обмотки трансформатора T_2 и исключающим благодаря этому подмагничивание его сердечника постоянным током, и индуктивному сопротивлению дросселя , ограничивающему ток в цепи первичной обмотки трансформатора T_2 . Средние значения напряжения и тока тиристора отсчитываются по вольтметру 3 и амперметру A_3 . Для наблюдения кривых анодного напряжения и тока вход осциллографа подключается к точкам 5-6, 4-5 соответственно.

При исследовании характеристик тиристора в состоянии низкой проводимости штепсельный разъем 1 и переключатель 2 устанавливаются в верхнее положение, при котором питание силовой цепи тиристора производится через трансформатор T_1 . Средние значения напряжения и тока тиристора измеряются по вольтметру 1 и амперметру A_1 . Полярность подводимого напряжения определяется положением переключателя 1. Классификационные характеристики снимаются

при отключенном выключателе 2. В этом случае к тиристору через диоды 1, 2, д3 подводится однополупериодное напряжение со вторичной обмотки трансформатора Т1. Диод 4 резко уменьшает величину отрицательной полуволны напряжения, прикладываемого к диоду 3 и тиристору, что обеспечивает протекание тока через тиристор только в одном направлении. Для наблюдения формы кривых анодного напряжения и тока вход осциллографа подключается к точкам I-2, I-3.

Для снятия статических вольт-амперных характеристик тиристора в состоянии низкой проводимости выключателем В2 подключается конденсатор фильтра С, что обеспечивает питание силовой цепи тиристора постоянным напряжением.

Для включения источников питания силовой цепи тиристора необходимо:

- включить выключатель П1 и источник питания ИП,
- установить переключатель 2 и штепсельный разъем в нужное положение (верхнее или нижнее),
- установить движок автотрансформатора АТ в нижнее положение,
- нажатием кнопки К_Н включить реле 2, контакты которого замыкают цепь питания тиристора.

Реле напряжения 3 препятствует включению реле 2 при наличии значительного напряжения на выходе автотрансформатора АТ.

Чувствительное токовое реле П1 отключает реле 2 при значительном повышении токов утечки тиристора, предотвращая его повреждение. При переключении штепсельного разъема размыкается цепь питания катушки реле 2 и контакты его размыкаются, поэтому после переключения разъема необходимо повторить операцию включения.

Задание

1. Снять и построить статическую вольт-амперную характеристику цепи управления тиристора $i_y = f(u_y)$.
2. Определить значения отпирающего тока (i_{yo}) и отпирающего напряжения (u_{yo}) управления.
- +3. Снять и построить прямую ветвь классификационной вольт-амперной характеристики тиристора $I_{cp} = f(U_{cp})$ в состоянии высокой проводимости.
4. Определить классификационное прямое падение напряжения ΔU_{kl} и классификационную группу тиристора.
5. Зарисовать с экрана осциллографа и построить на графиках прямую ветвь динамической вольт-амперной характеристики тиристора в состоянии высокой проводимости $i_a = f(u_a)$ и форму кри-

кых анодного тока $i_a = f(\omega t)$ и прямого падения напряжения $u_a = f(\omega t)$.

6. Определить значения порогового напряжения V_0 и дифференциального сопротивления R_d .

7. Снять и построить прямую и обратную ветви классификационной $I_{ср} = f(V_{макс})$ и статической $I_{ст} = f(V_{ст})$ вольт-амперных характеристик тиристора в состоянии низкой проводимости при значениях тока управления: $i_y = 0; i_y = 0,5 i_{yo}; i_y = 0,9 i_{yo}; i_y = 2,0 i_{yo}$. В классификационной схеме измерения зарисовать с экрана осциллографа форму кривых напряжения $u = f(\omega t)$ и прямых и обратных токов утечки $i = f(\omega t)$ для тех же значений тока управления и максимально-возможных значений анодного напряжения.

8. Определить класс тиристора и значения прямого ($I_{ут, пр}$) и обратного ($I_{ут, обр.}$) токов утечки.

9. Определить величину тока удержания тиристора (I_{gg}).

Методические указания

1. Статическая вольт-амперная характеристика цепи управления тиристора снимается на постоянном токе при отсутствии анодного напряжения.

Определение значений отпирающего тока и напряжения управления производится при амплитуде положительного напряжения на аноде около 10 В, т.к. дальнейшее увеличение напряжения практически не влияет на изменение сигнала управления. Поэтому необходимо подготовить схему снятия вольт-амперных характеристик тиристора в состоянии высокой проводимости, установить при нулевом значении тока управления среднее значение анодного напряжения (по $V2$) 1,2 В и, плавно увеличивая ток и напряжение управления, зафиксировать их значения в момент появления анодного тока (по $A2$). Вследствие искажения формы напряжения вторичной обмотки трансформатора Т.3 под влиянием подмагничивания его сердечника однополупериодным током, протекающим при запертом тиристоре через диоды $\text{V6}, \text{V7}$, при среднем значении напряжения по вольтметру $V2$, равном 1,2 В, его амплитудное значение примерно равно 10 В.

Классификационная вольт-амперная характеристика силовой цепи тиристора снимается в средних значениях однополупериодного напряжения и тока по показаниям приборов $V2, A2$ при токе управления, равном 1,2 i_{yo} . Учитывая, что номинальный (классифика-

ционный) ток испытуемого тиристора при естественном охлаждении равен 6А, снятие участка характеристики от 6А до 10А во избежание перегрева полупроводниковой структуры необходимо производить быстро.

Среднее значение прямого напряжения на вентиле при протекании через него классификационного тока называется классификационным прямым падением напряжения. В зависимости от величины классификационного падения напряжения вентилю присваивается определенная группа. Разделение на классификационные группы производится в соответствии со следующей таблицей:

Группа тиристоров	Классификационное падение напряжение, В
A	До 0,65
Б	Свыше 0,65 до 0,75
В	Свыше 0,75 до 0,85
Г	Свыше 0,85 до 1,4

7. Снятие прямой ветви динамической вольт-амперной характеристики тиристора в состоянии высокой проводимости производится с экрана осциллографа при подаче на вход усилителя осциллографа "по вертикали" сигнала, пропорционального току тиристора, а на вход усилителя "по горизонтали" - сигнала, пропорционального напряжению на тиристоре. Для этого необходимо выключить генератор развертки осциллографа, подключить общую точку усилителей ("земля") к точке 5, а входы усилителей к точкам 4 и 6 соответственно.

Поскольку амплитуда синусоидального однополупериодного тока в $\sqrt{2}$ раз больше его среднего значения, наибольшему отклонению кривой тока на экране осциллографа соответствует мгновенное значение, равное $10\sqrt{2}$ А. Определение масштаба кривой напряжения производится с помощью внешнего источника. Зарисованные с экрана на кальку кривые необходимо перенести на графики с учетом соответствующих им масштабов.

Дифференциальное сопротивление и пороговое напряжение тиристора определяются по прямой ветви динамической вольт-амперной характеристики в состоянии высокой проводимости. Для этого через точки характеристики, соответствующие 0,5 и 1,5 значений амплитуды номинального (классификационного) тока проводится прямая линия до пересечения с осью напряжения (рис.2). Угол наклона прямой определяет величину дифференциального сопротивления вентиля ($R_d = ctg \varphi$),

а отрезок, отсекаемый по оси напряжения, - пороговое напряжение U_0 .

Во избежание повреждения вентиля при снятии обратной ветви вольт-амперных характеристик в состоянии низкой проводимости повышение величины подводимого напряжения производят плавно, тщательно фиксируя приращение тока утечки и прекращая дальнейшее повышение напряжения как только при некотором его значении $U_{\text{заг}}$ начинается резкое увеличение тока утечки (рис.3).

При отсутствии управляющего сигнала тиристор может отпираться счет повышения прямого напряжения до некоторого значения

$U_{\text{пер}}$. При таком переключении процессы в структуре вентиля отличны от процессов при отпирании с помощью управляющего электрода. Поэтому для некоторых типов тиристоров при несоблюдении ряда специальных условий переключение за счет повышения прямого напряжения может привести к повреждению вентиля. Особенно тяжелым для вентиля является такое переключение в схеме лабораторной установки при снятии статических вольт-амперных характеристик, когда вследствие наличия конденсатора фильтра переключение происходит при высокой скорости нарастания тока. Поэтому при снятии прямых ветвей необходимо соблюдать такую же осторожность, как и при снятии обратных, прекращая повышение напряжения, как только при приближении к значению $U_{\text{пер}}$ начинается резкое увеличение тока утечки (рис.3).

При нанесении на график классификационных характеристик тиристора в состоянии низкой проводимости среднее значение напряжения, наблюдаемое по вольтметру V_I , пересчитывается в амплитудное и характеристики строятся в виде зависимостей $I_{\text{ср}} = f(U_{\text{макс}})$. Т.к., напряжение имеет однополупериодную синусоидальную форму, коэффициент пересчета равен π . С учетом этого же коэффициента определяется по вольтметру V_I масштаб кривых напряжения $u = f(\omega t)$, наблюдавшихся при подключении осциллографа к точкам I-2. Масштаб кривых тока $i = f(\omega t)$, наблюдавшихся при подключении осциллографа к шунту амперметра AI (точки I-3), определяется с помощью внешнего источника напряжения и с учетом значения сопротивления шунта. Снятие кривых $u = f(\omega t)$ и $i = f(\omega t)$ производится при напряжениях, близких к $U_{\text{заг}}$ и $U_{\text{пер}}$.

Номинальное напряжение тиристора определяется след. образом:

- по вольт-амперной характеристике в состоянии низкой проводимости, снятой при номинальной температуре вентиля и при $i_y = 0$, определяют амплитудные значения напряжений $U_{\text{заг}}$ и $U_{\text{пер}}$;

- меньшее из напряжений $U_{\text{заг}}$ и $U_{\text{пер}}$ умножается на коэффициент запаса, численное значение которого для обычных тиристоров

равно 0,75;

- полученное значение напряжения делится на 100 и результат округляется в меньшую сторону до ближайшего целого числа, которое и является классом данного вентиля (т.е. его номинальным напряжением, выраженным в сотнях вольт); если класс оказывается менее 3^{го} для более полного использования вентиля по напряжению деление по классам производится через 0,5.

Значения прямого и обратного токов утечки определяются для номинальных значений (прямого и обратного) напряжения тиристора.

Определение тока удержания тиристора производится в схеме, предназначеннной для снятия прямой ветви статической вольт-амперной характеристики в состоянии нижней проводимости. Для этого при нулевом значении анодного напряжения устанавливается ток управления, равный $I_{1,2} \text{ и } 0$; регулировкой автотрансформатора устанавливается анодный ток тиристора по максимальной отметке шкалы амперметра AI, после чего ток управления уменьшается до нуля; при плавном уменьшении регулировкой автотрансформатора анодного тока фиксируется его значение в момент выключения тиристора.

Содержание лекций Контрольные вопросы

1. Объяснить различие схем включения измерительных приборов при снятии вольт-амперных характеристик тиристора в состоянии высокой и низкой проводимости.

2. Почему классификационные вольт-амперные характеристики снимаются при питании однополупериодным, а не переменным напряжением.

3. Объяснить различие статических и классификационных вольт-амперных характеристик силовой цепи тиристора.

4. Объяснить различие статических и динамических вольт-амперных характеристик силовой цепи тиристора.

5. Как зависят вольт-амперные характеристики тиристора от температуры.

6. Какие параметры определяют нагрев тиристора в рабочих схемах.

7. Объяснить осцилограммы токов и напряжений на тиристоре в состоянии высокой и низкой проводимости в классификаторной схеме.

8. Для чего определяются значения порогового напряжения и дифференциального сопротивления тиристора.

9. Объяснить влияние тока управления на величину тока утечки тиристора.

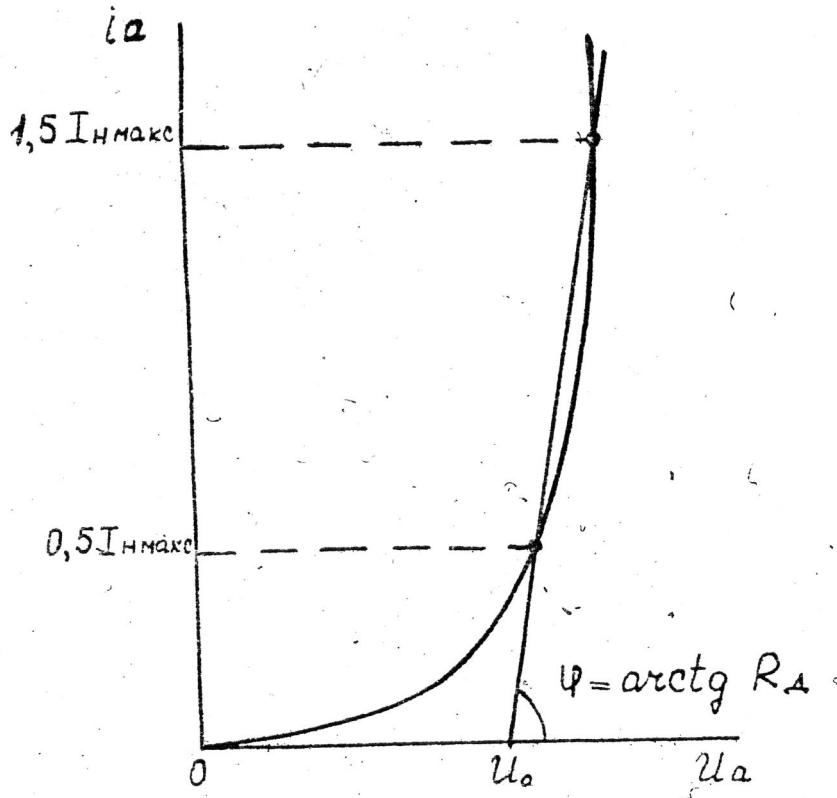


Рис. 2. Определение порогового напряжения и дифференциального сопротивления по прямой ветви динамической вольт-амперной характеристики тиристора в состоянии высокой проводимости.

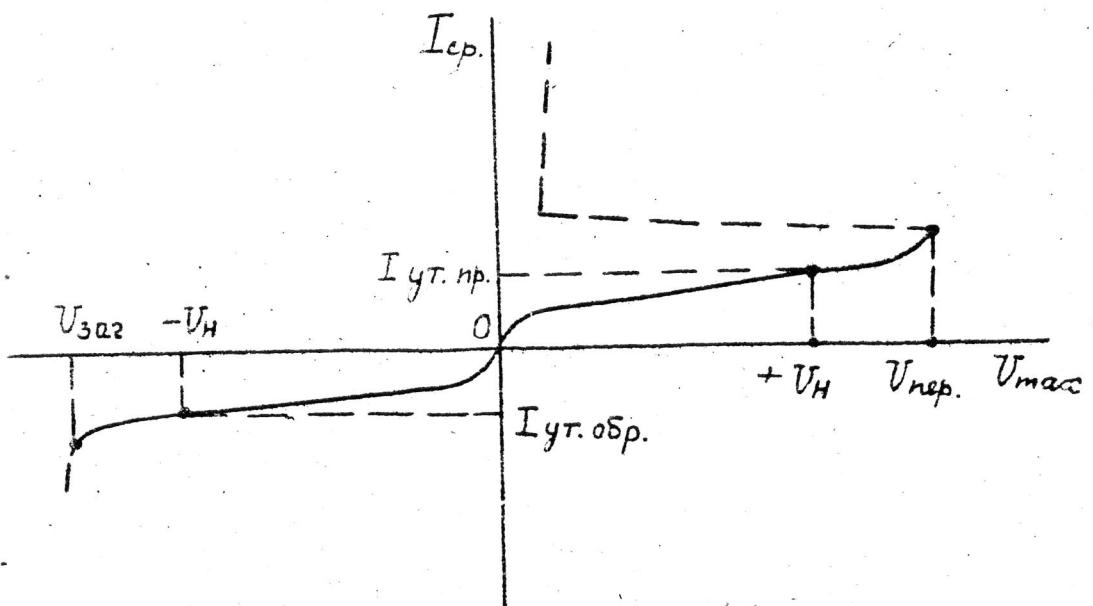


Рис. 3. Классификационная вольт-амперная характеристика тиристора в состоянии низкой проводимости.