

**«Электроника» для  
получения оценки  
«3 (ТРИ)».**

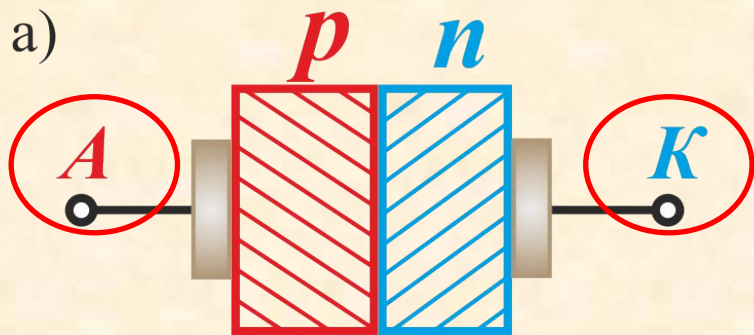
**(Розовый пояс по  
«Электронике»)**

# 1 Диод

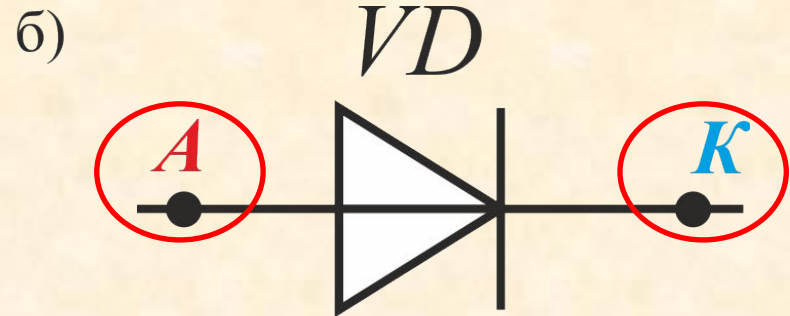
# 1.1 Назначение, структура, условные обозначения

Диод — ПП прибор, имеющий один  $p-n$  переход и предназначенный для выпрямления  $\sim U$  в  $= U$ .





**A** — анод диода.



**K** — катод диода.

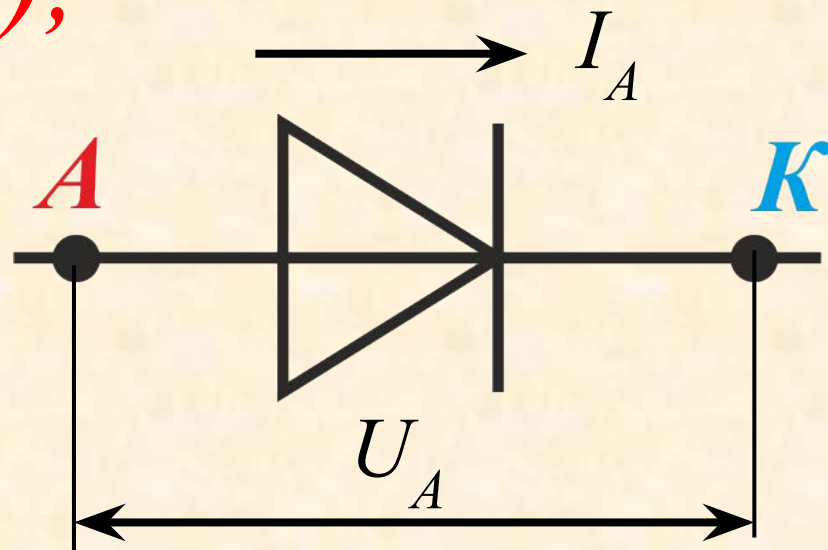
Рисунок 1.1 – Структурная схема (а), условные графическое и буквенное (б) обозначения диода

## 1.2 Вольт-амперная характеристика (ВАХ) диода

**ВАХ** является **основной характеристикой** диода. Она определяет зависимость тока, протекающего через диод  $I_A$ , в функции приложенного напряжения  $U_A$ :

$$I_A = f(U_A),$$

где индекс  $A$  — анод диода.



ВАХ в прямом и обратном направлениях снимаются при различных величинах  $U$ , приборами на разных пределах измерения и строятся на графике не в одинаковых масштабах.

*(Цифры на осях могут быть произвольными).*

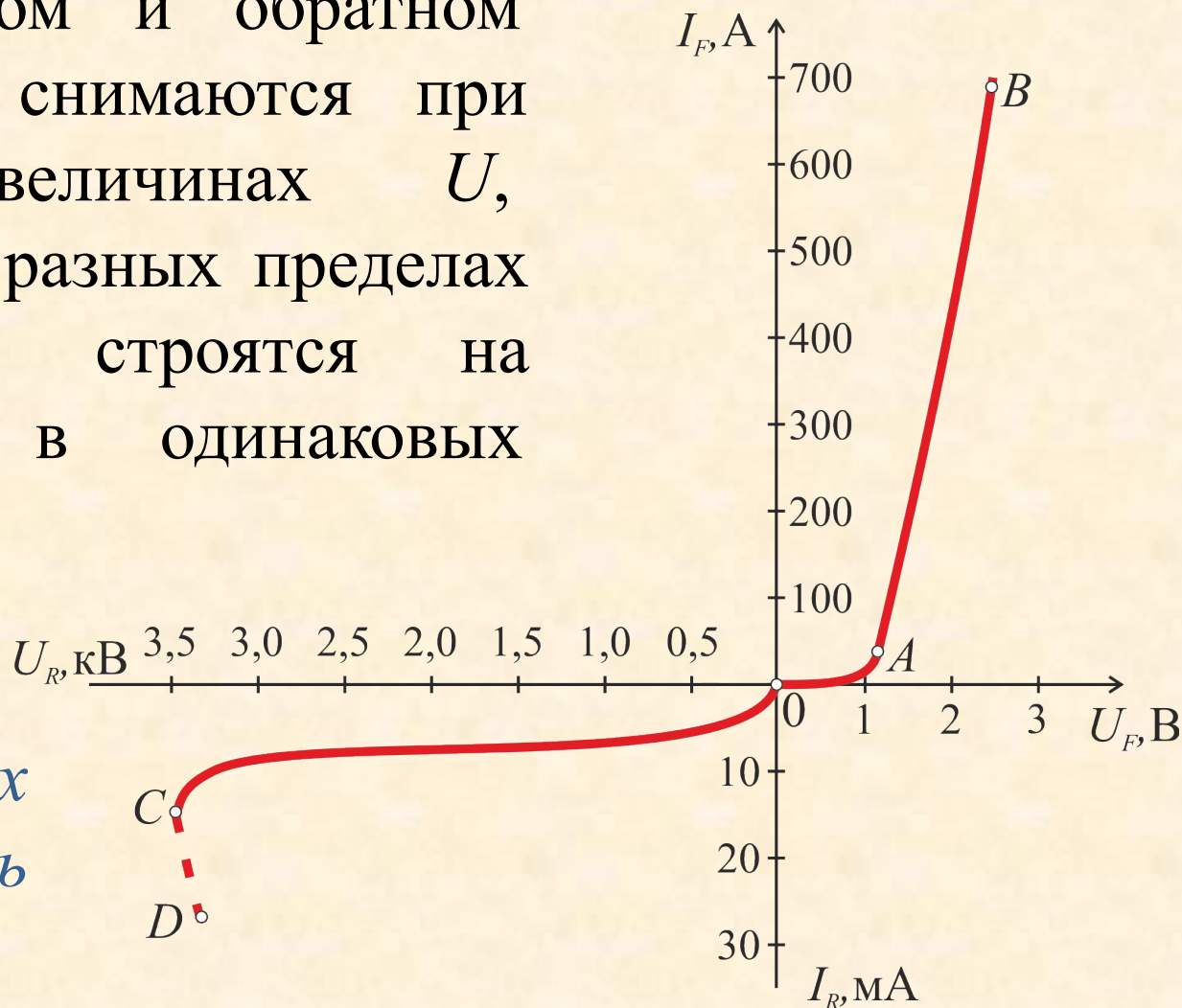
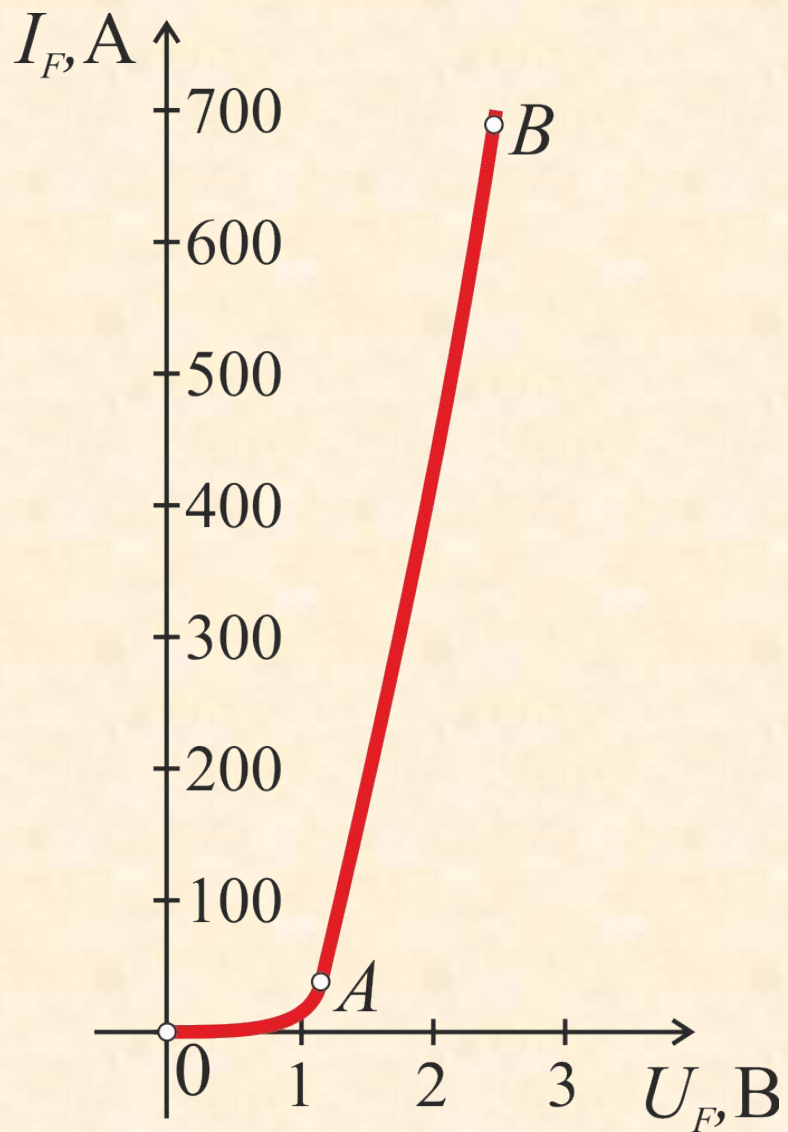
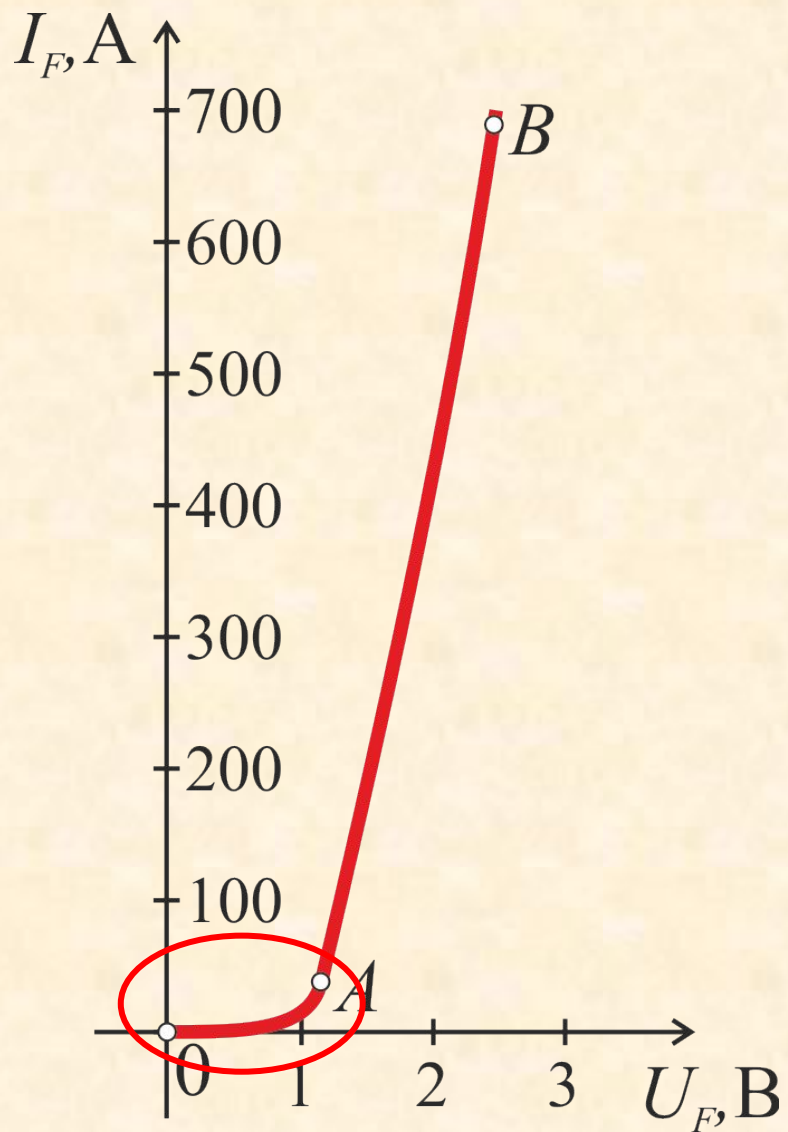


Рисунок 1.2 (предварительный)—ВАХ силового диода

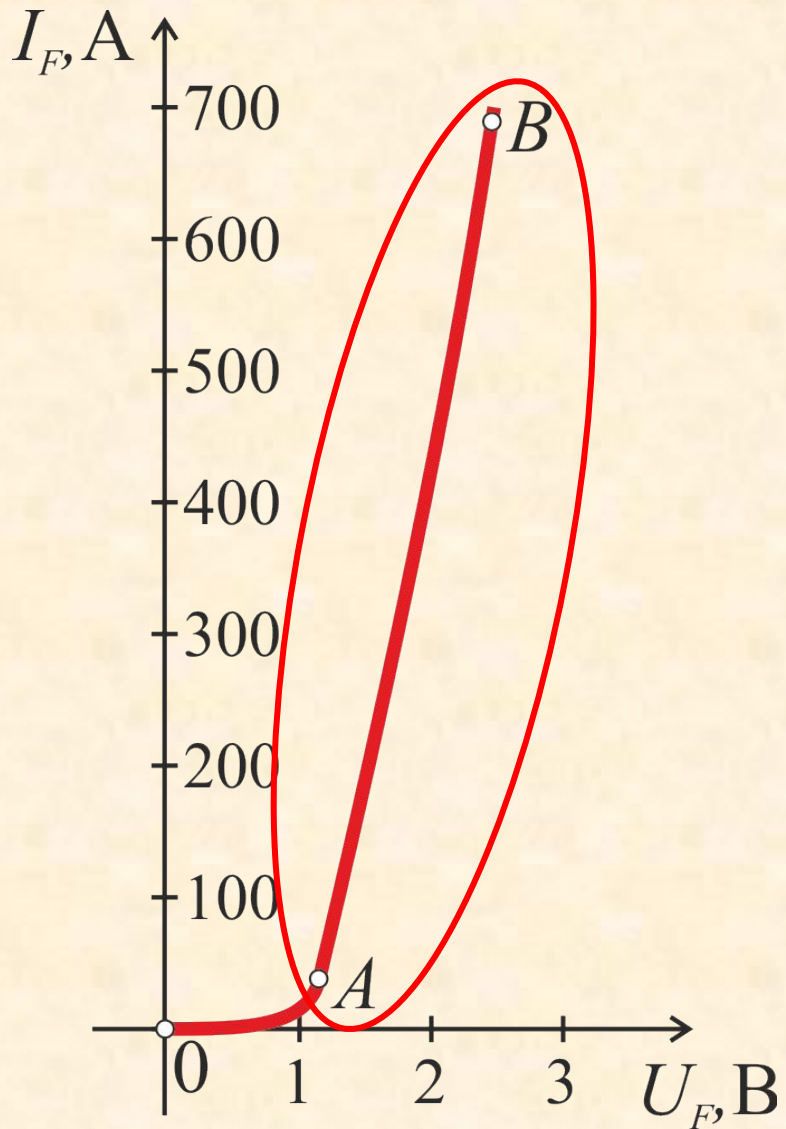


**В прямом направлении ВАХ состоит из двух участков *OA* и *AB*.**

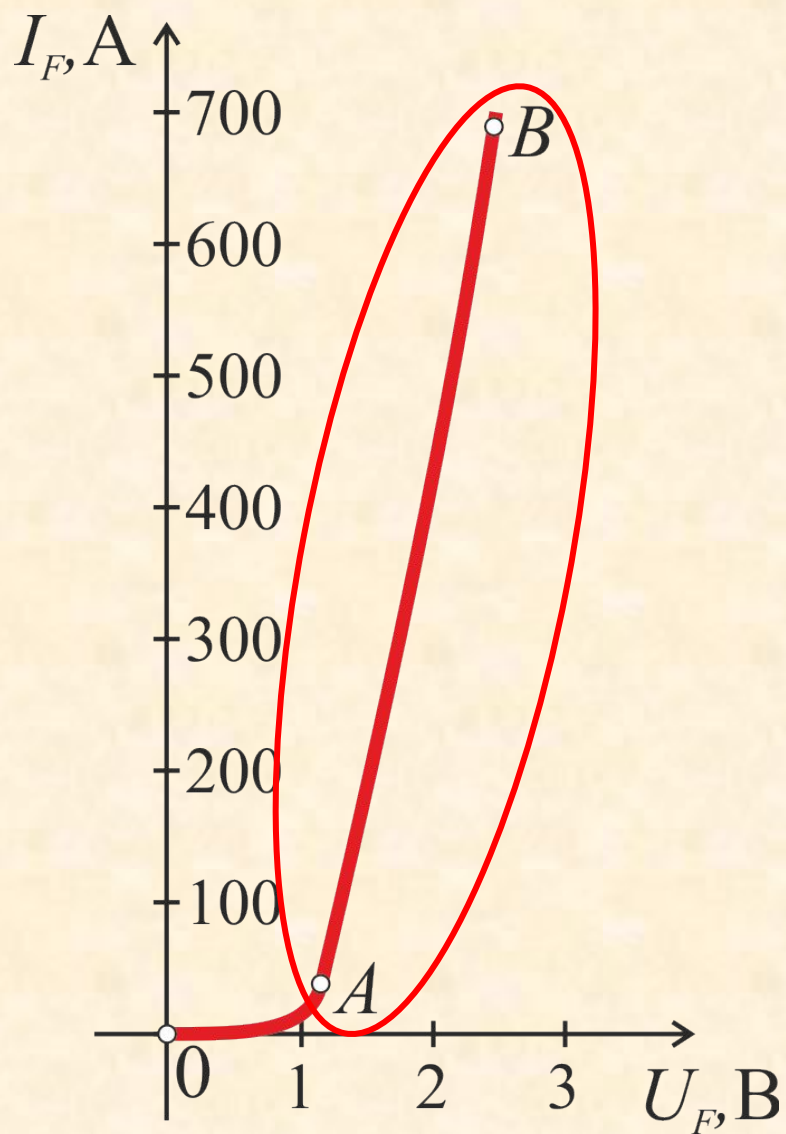


На участке  $OA$ , когда  $U_F \leq 1,5$  В, запирающий слой не скомпенсирован внешним напряжением ( $U_A < U_{p-n}$ ), сопротивление диода велико, **прямой ток мал.**



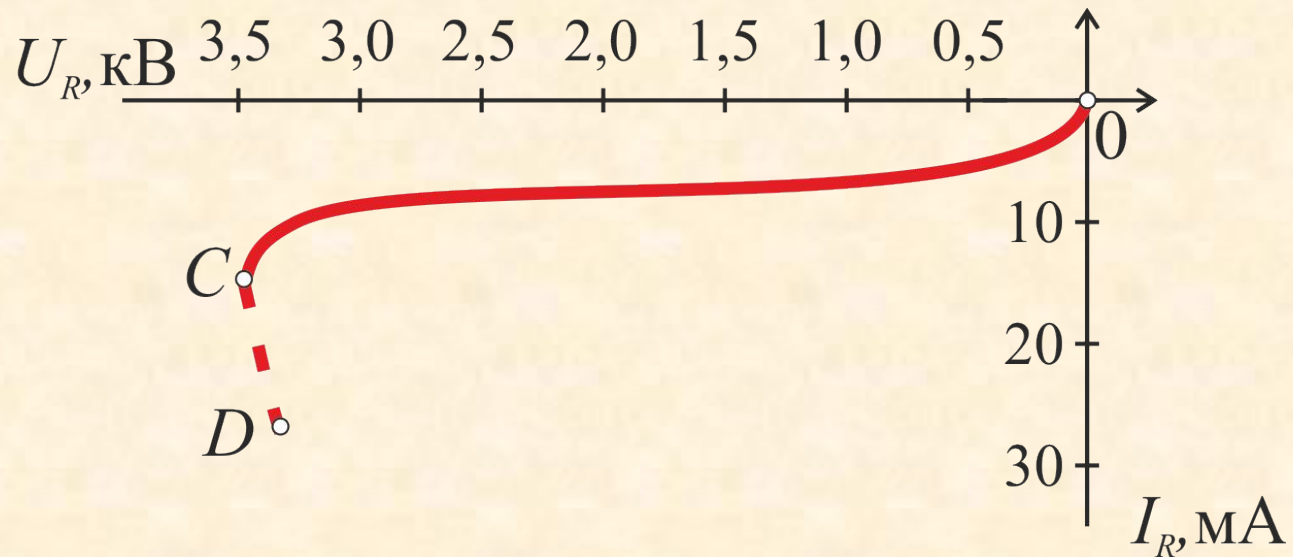


При дальнейшем  $\uparrow U_F$   
 (участок  $AB$ )  
 запирающий слой  
 исчезает ( $U_A > U_{p-n}$ ),  
 через  $p-n$  переход  
 устремляются основные  
 носители заряда,  
 сопротивление диода  
 резко падает, а ток  
 практически линейно  
 возрастает.

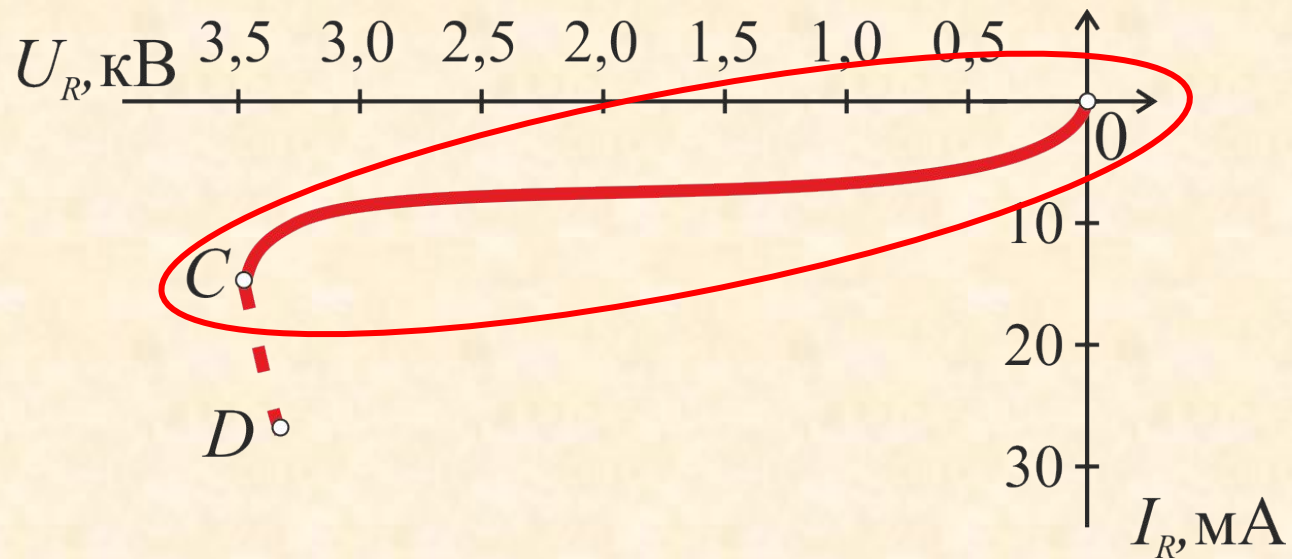


Таким образом, при небольшом прямом напряжении  $U_F$ , равном единицам Вольт, по диоду протекает прямой ток  $I_F$ , равный сотням Ампер.

Сопротивление диода **близко к нулю.**

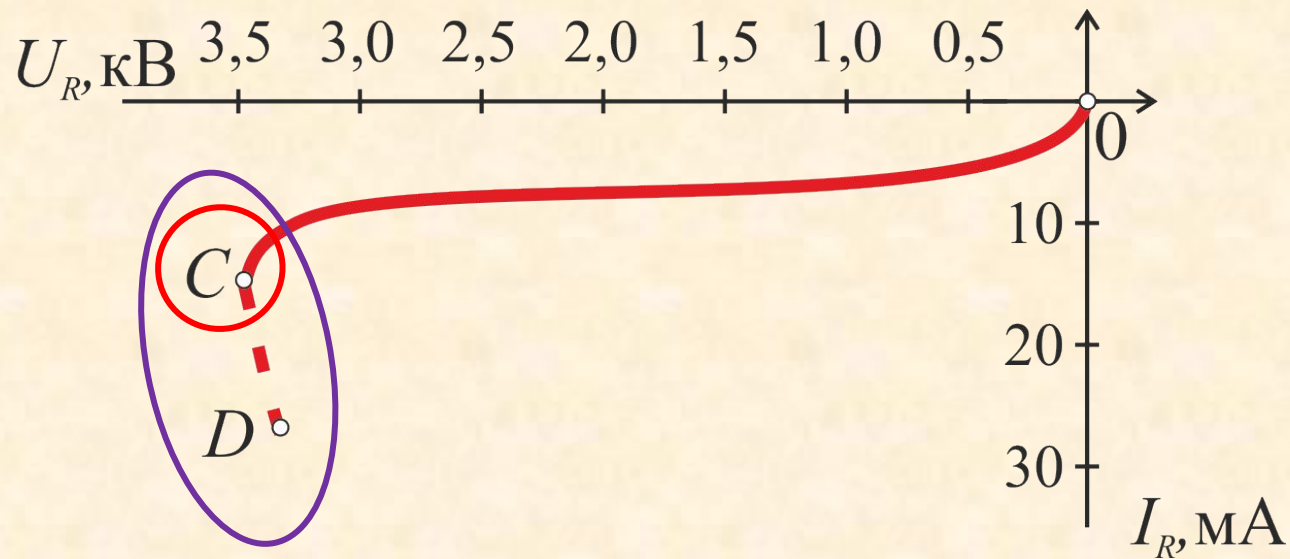


**В обратном направлении ВАХ также состоит из двух участков *OC* и *CD*.**



На участке **OC** при  $\uparrow U_R$  ток  $I_R$  очень мал и возрастает медленно. Поэтому даже при **больших**  $U_R$ , достигающих у силовых диодов **нескольких тысяч В**,  $I_R$  не превышает **тысячных долей А**.

Сопротивление диода **близко к  $\infty$** .



Когда  $U_R$  достигает некоторого предельного значения (т. **C**), которое называется напряжением пробоя, происходит резкое возрастание  $I_R$  (участок **CD**). Диод пробивается и выходит из строя.

Покажем на ВАХ реального диода ВАХ идеального диода.

В прямом направлении ВАХ проходит по оси ординат. Это означает, что  $R_{VD} = 0$ .

В обратном направлении ВАХ проходит по оси абсцисс. Это означает, что  $R_{VD} = \infty$ .

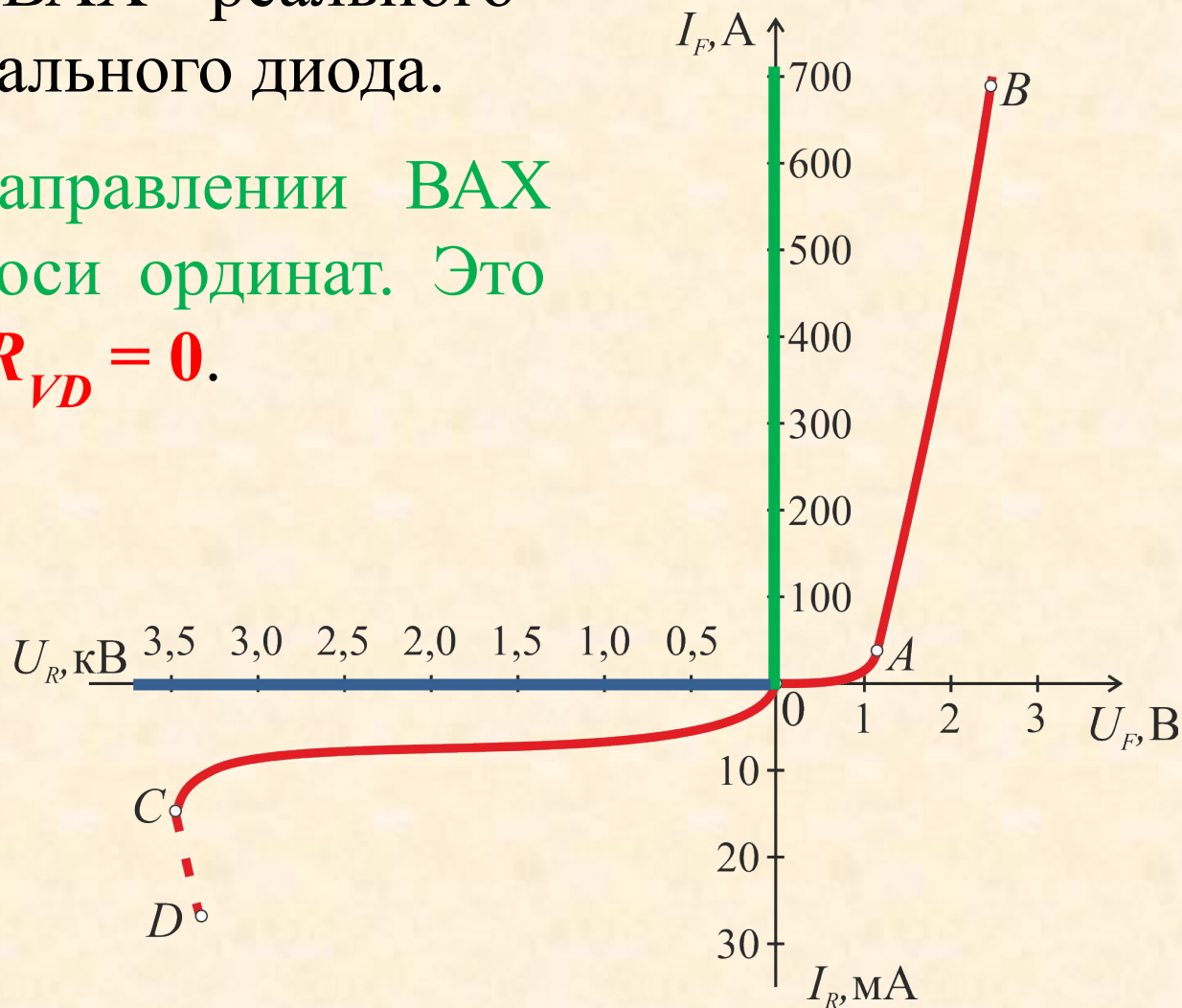
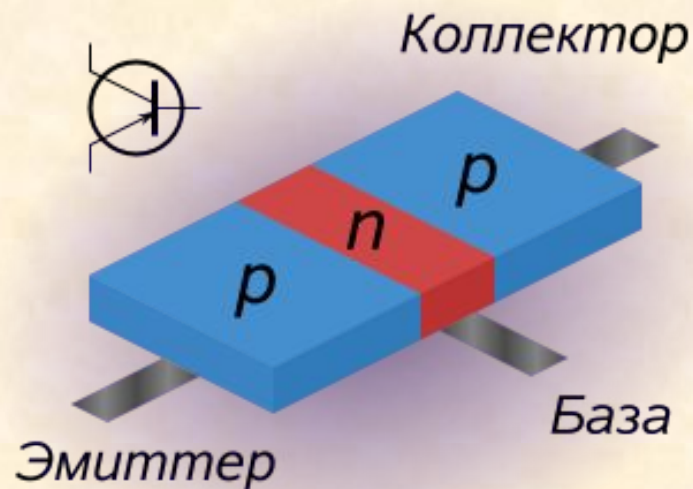


Рисунок 1.2 — ВАХ силового диода

# 2 Биполярный транзистор (БТ)

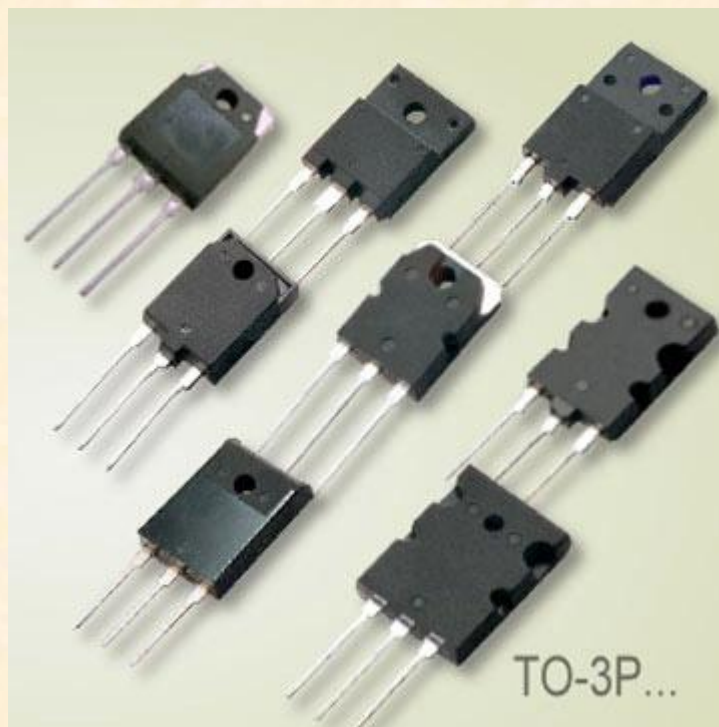
## 2.1 Назначение

**БТ** называется ПП прибор, имеющий два  $p-n$  перехода и состоящий из трех чередующихся  $p-n-p$  или  $n-p-n$  областей. Позволяют незначительными изменениями входного сигнала управлять большими величинами тока в выходной цепи.





Служат для **усиления** мощности электрических колебаний, а также для **переключения**, преобразования и генерирования электрических сигналов.



В БТ входной (маленький) ток управляет  
выходным (большим) током.



Принцип действия биполярного транзистора

## 2.2 Структура, переходы, условные обозначения

БТ различают на прямые (тип  $p-n-p$ ), где главными носителями являются дырки, и обратные (тип  $n-p-n$ ), где главными носителями являются электроны.

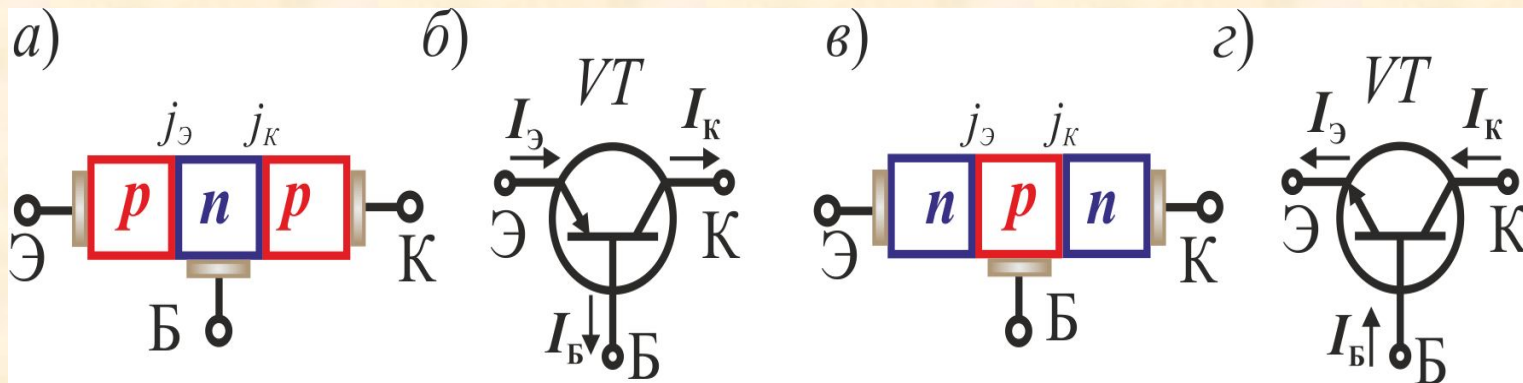
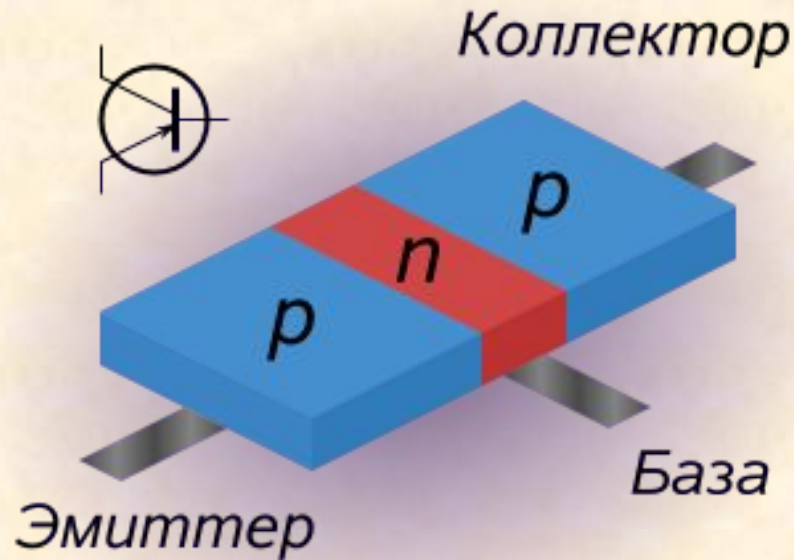


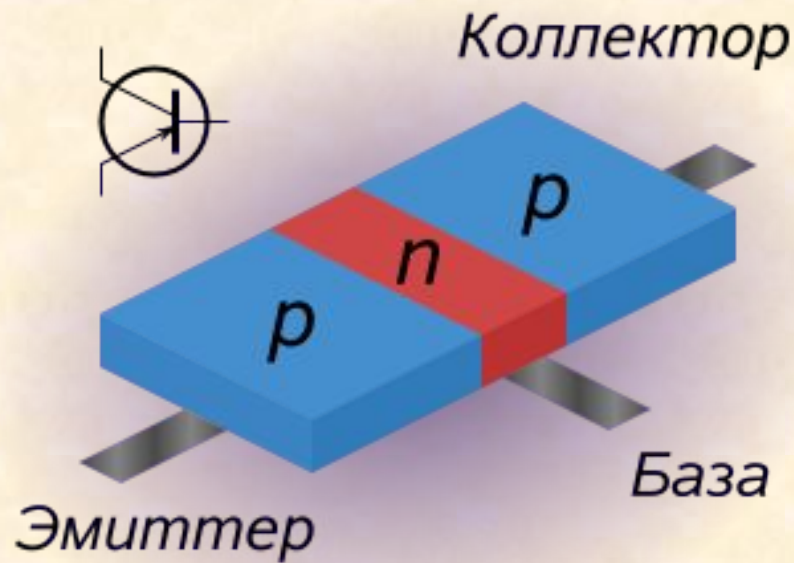
Рисунок 2.1– Структурные схемы (а, в) и условные обозначения (б, г) БТ  $p-n-p$  (а, б) и  $n-p-n$  (в, г)

Выводы или электроды БТ называются *эмиттер* (Э), *база* (Б), *коллектор* (К). Они служат для подключения транзистора во внешнюю цепь.

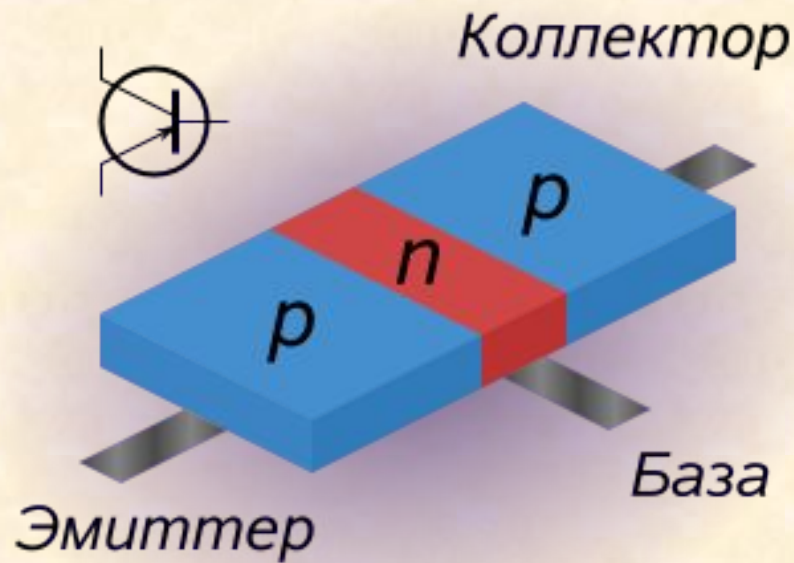


Области, к которым подключены эти электроды, также носят эти названия.

*Область эмиттера* служит для испускания основных носителей заряда.

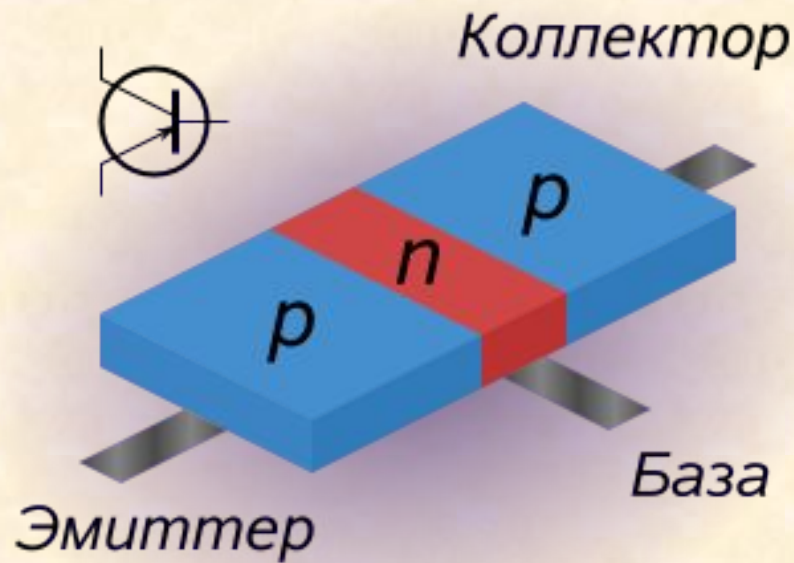


*Область базы* — для регулирования потока основных носителей.





*Область коллектора* — для приема основных носителей.



## 2.3 Токи: направление, связь, процентное соотношение

По I закону Кирхгофа для токов БТ можно записать следующее выражение

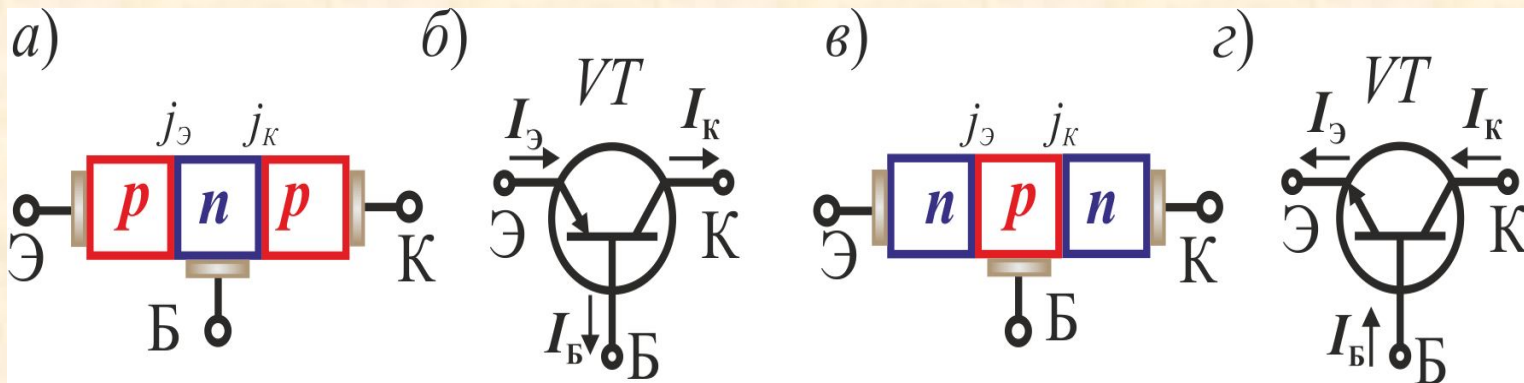
$$I_{\text{Э}} = I_{\text{К}} + I_{\text{Б}}. \quad (2.1)$$

$$I_{\text{К}} \approx (90 \dots 99)\% \cdot I_{\text{Э}};$$

$$I_{\text{Б}} \approx (1 \dots 10)\% \cdot I_{\text{Э}}.$$

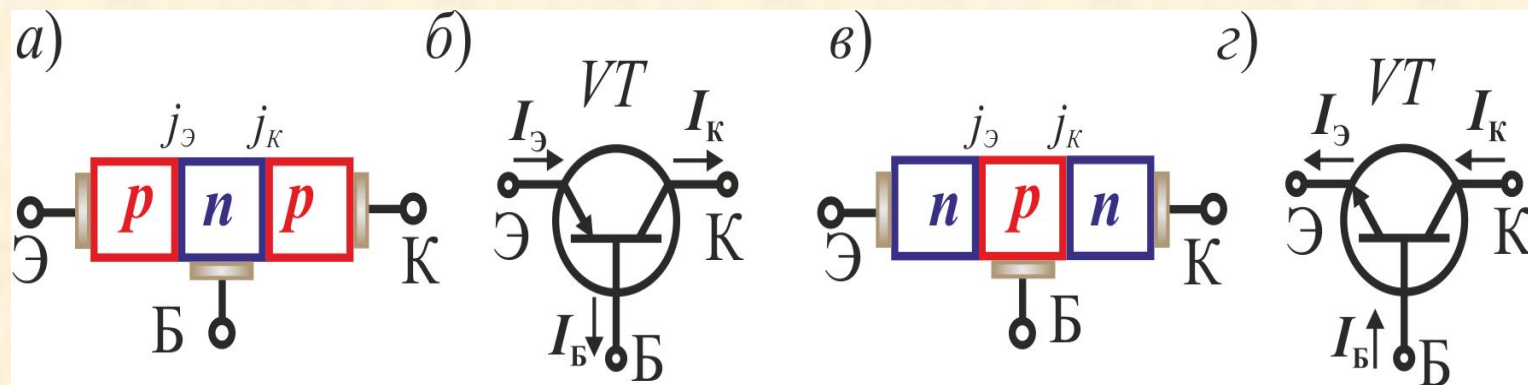


Стрелка в обозначении БТ показывает эмиттер, а ее направление — в какую сторону течет ток эмиттера.



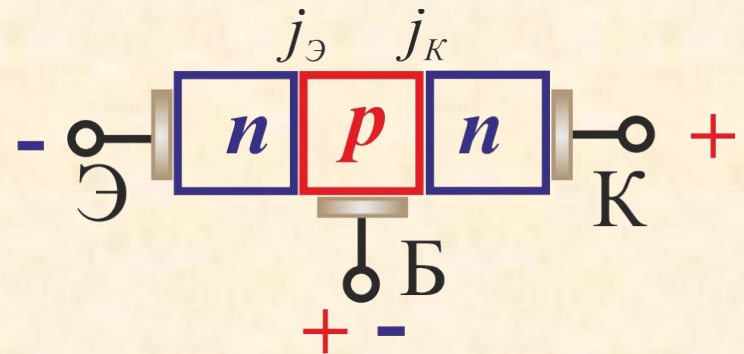
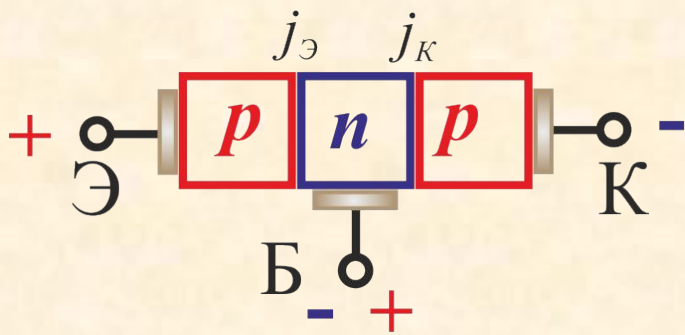
По стрелке и, пользуясь (2.1), можно легко определить направления токов в электродах транзистора.

## 2.4 Напряжения: величины, направления

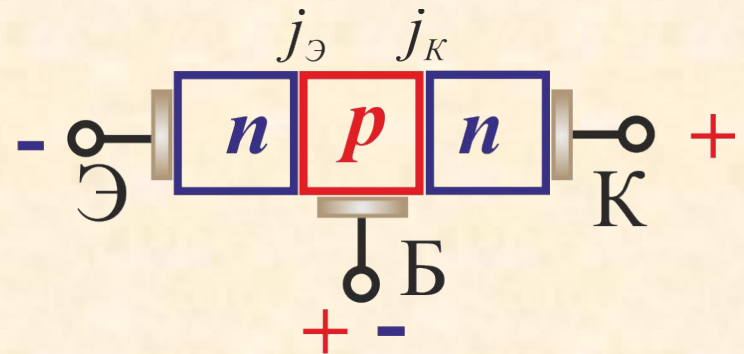
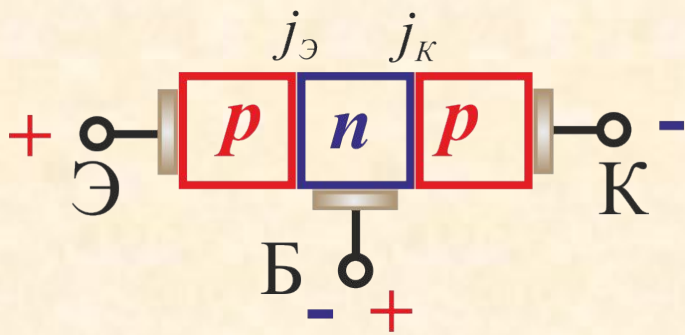


Переходы  $j_{\text{Э}}$  и  $j_{\text{К}}$  называются, соответственно, *эмиттерным* и *коллекторным переходами*.

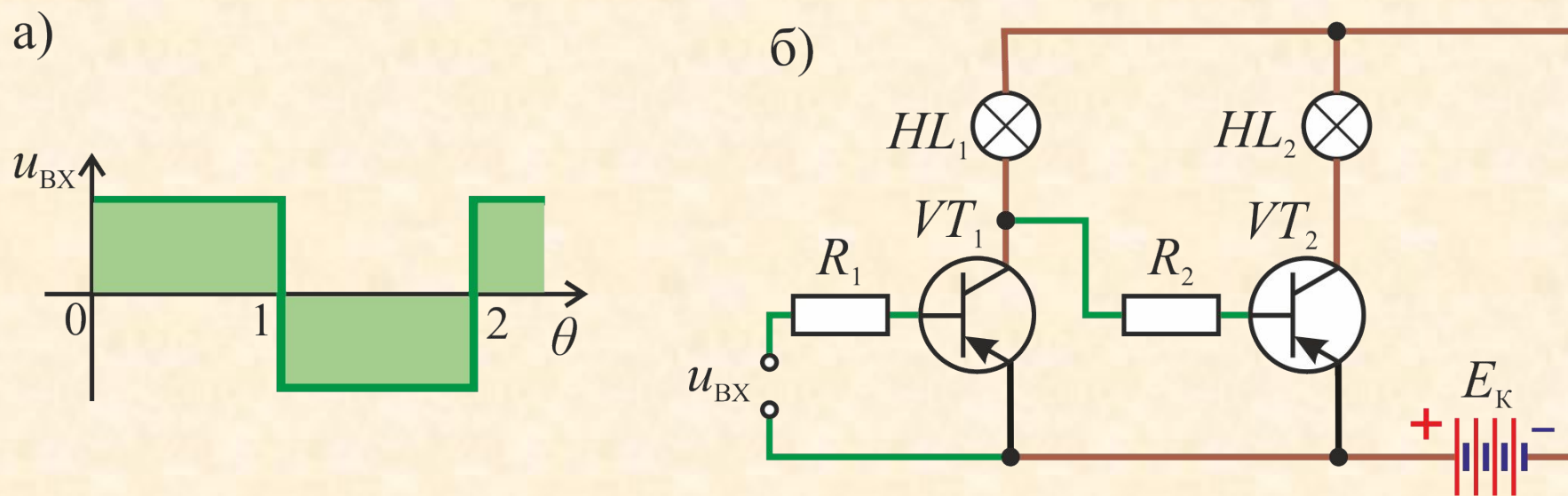
Для работы БТ между его электродами включаются источники напряжения, полярность которых такова, что на переход  $j_{\text{Э}}$  подается напряжение в **прямом** направлении («+» на  $p$ -область, «-» на  $n$ -область), а на переход  $j_{\text{К}}$  — в **обратном** («-» на  $p$ -область, «+» на  $n$ -область).



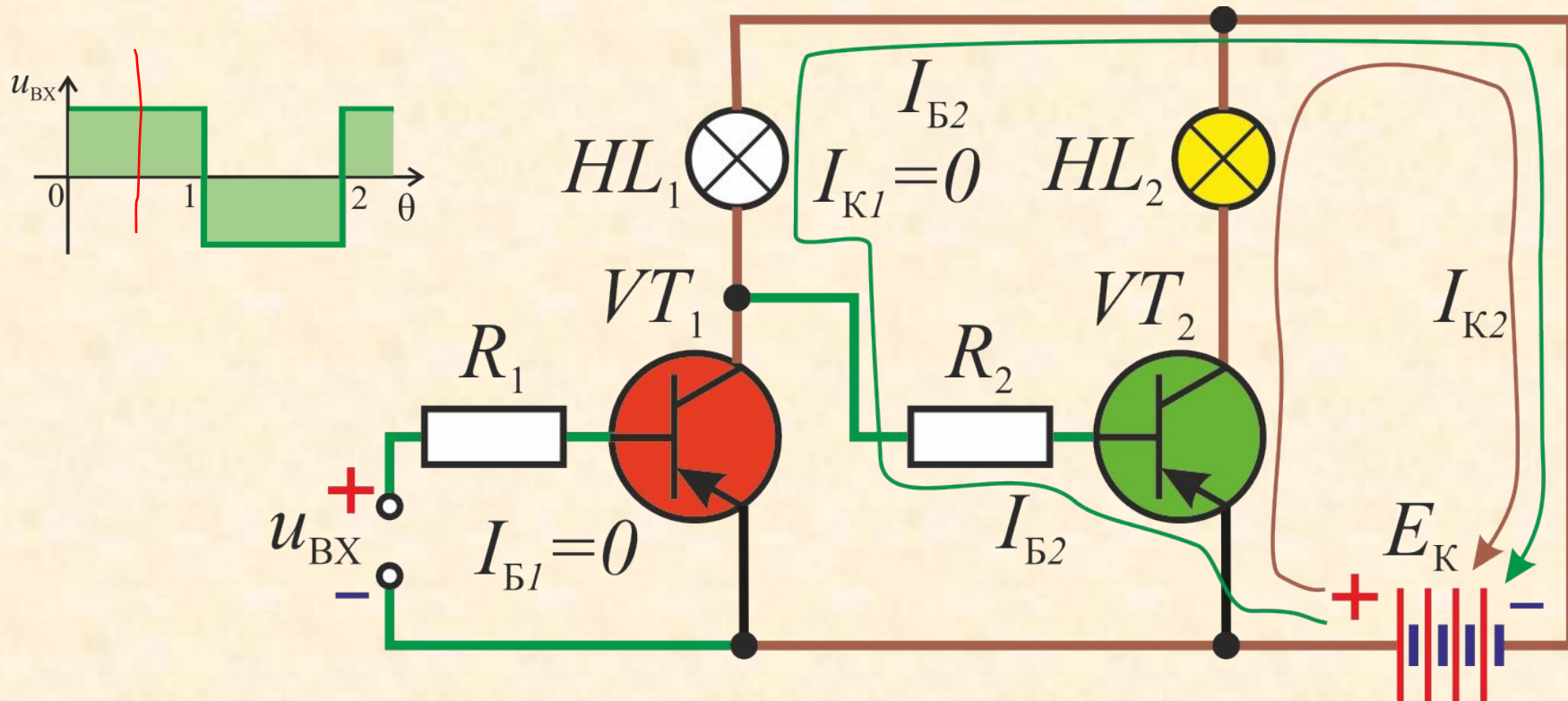
Так как  $p$ – $n$  переход в прямом направлении имеет  $R \approx 0$ , то к переходу  $j_{\text{Э}}$  достаточно приложить небольшое  $U$  (доли и единицы В). В обратном направлении  $R \approx \infty$ . Поэтому на переход  $j_{\text{К}}$  можно подавать достаточно большое  $U$  (десятки и сотни В).



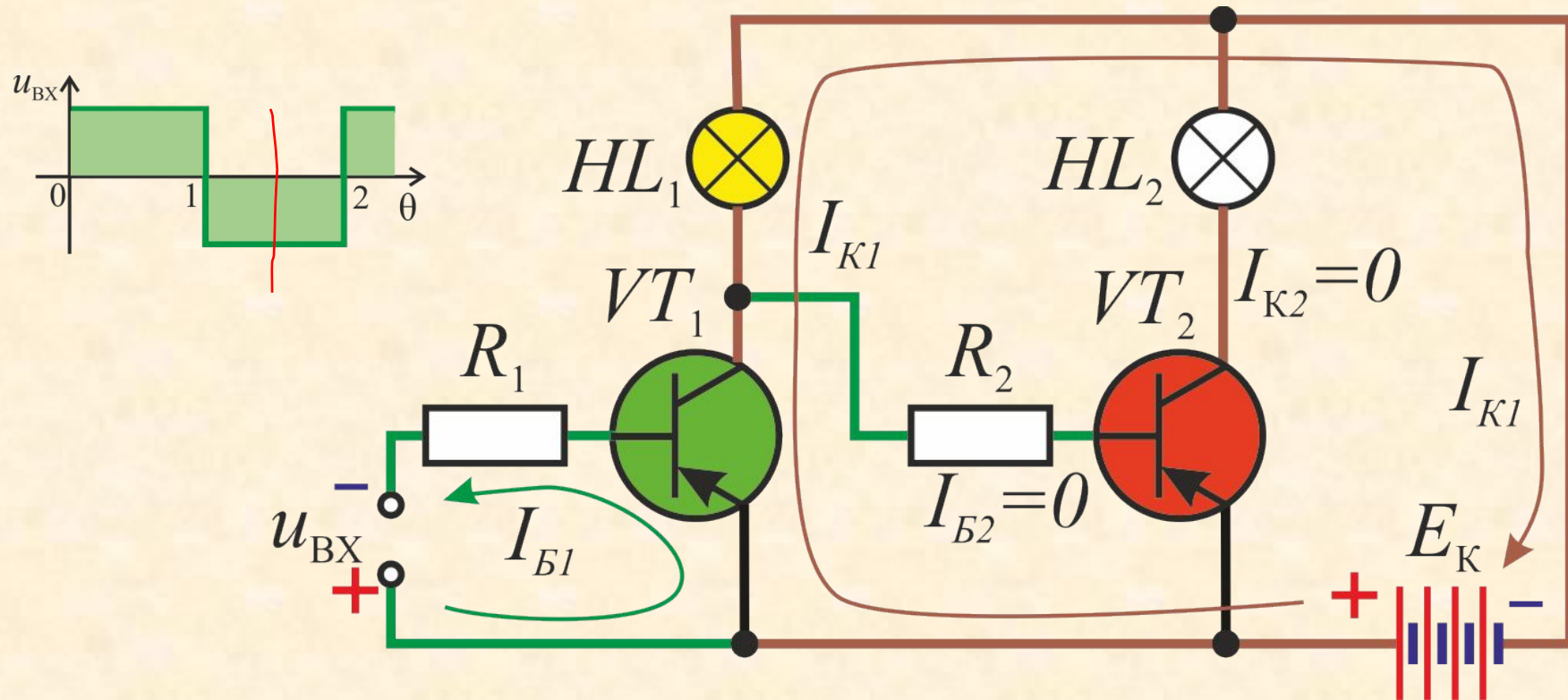
## 2.5 Устройство для переключения ламп



# Интервал 0 — 1.



## Интервал 1 — 2.



# 3 Тиристор (ТС)





### 3.1 Назначение, структура, условное обозначение, устойчивые состояния

**ТС** называются ПП, состоящие из четырех или более чередующихся  $p$  и  $n$  областей, то есть имеющих три и более  $p$ – $n$  переходов.



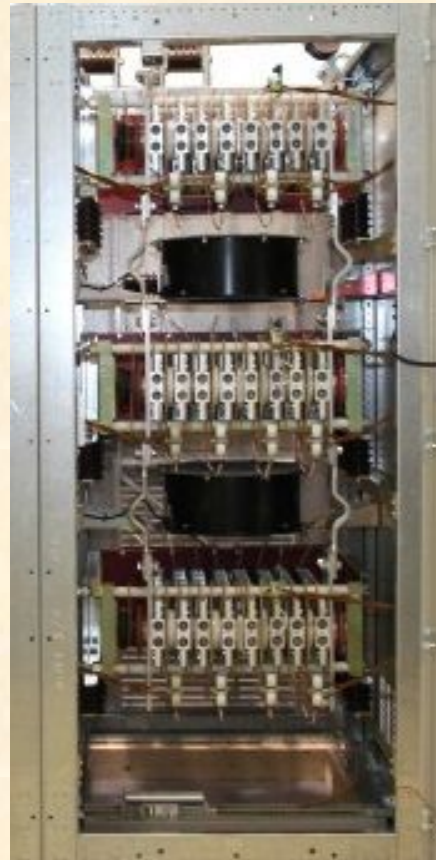
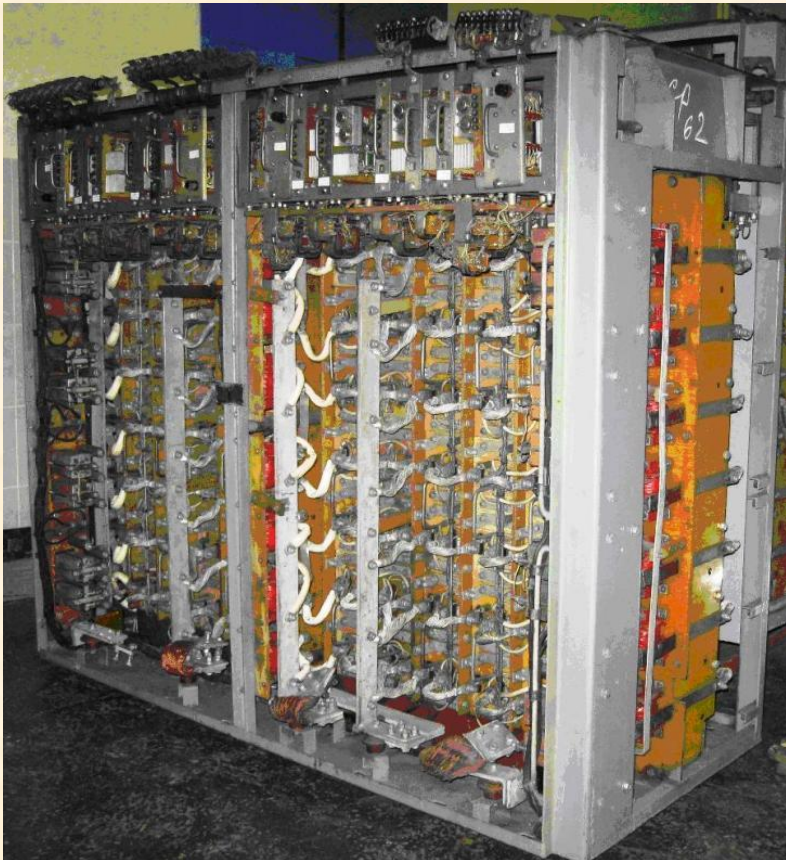
**ТС** может находиться только в двух устойчивых состояниях:

**1) закрытом,  $R \approx \infty$ ;**

**2) открытом,  $R \approx 0$ .**



Применяются как переключающие элементы в регулируемых выпрямителях, инверторах, бесконтактных выключателях, преобразователях частоты и многих других.





Функции, выполняемые тиристорами, аналогичны функциям, которые выполняют транзисторы в ключевом режиме.

$$V_S = V_T \text{ в КР.}$$

У БТ  $k_I = 10 \dots 100$ . Используются в устройствах малой и средней мощности.

У ТС  $k_I = 10^5 \dots 10^6$  — в мощных преобразователях.

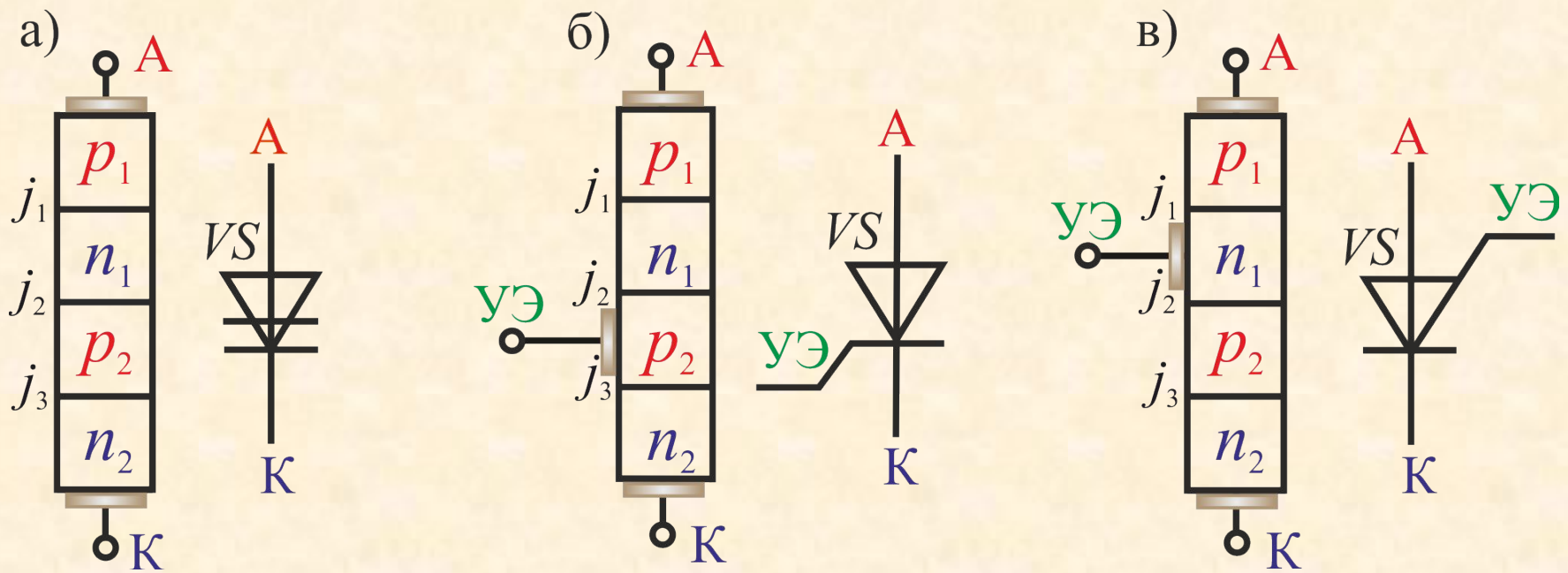
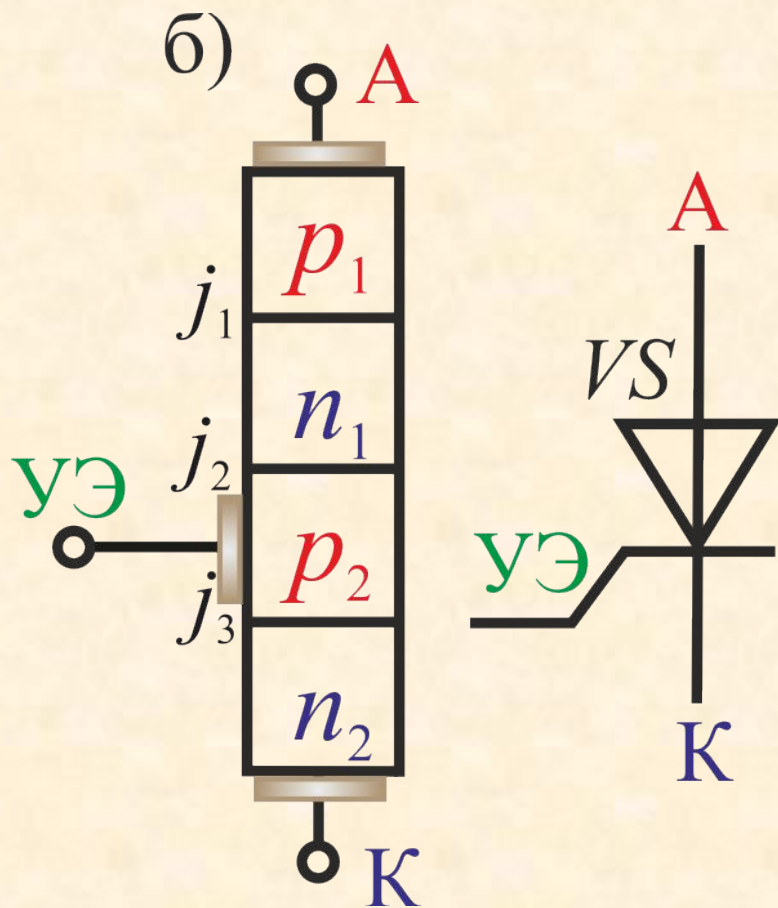


Рисунок 3.1 — Структурные схемы и условные обозначения динистора (а), тринисторов с управлением по катоду (б) и аноду (в)



Наибольшее  
 применение в технике  
 нашли *незапираемые*  
*триисторы* с  
*управлением по катоду*,  
 поэтому мы будем  
 рассматривать только их  
 работу и называть их  
 «**ТИРИСТОРАМИ**».

## 3.2 ВАХ тиристора

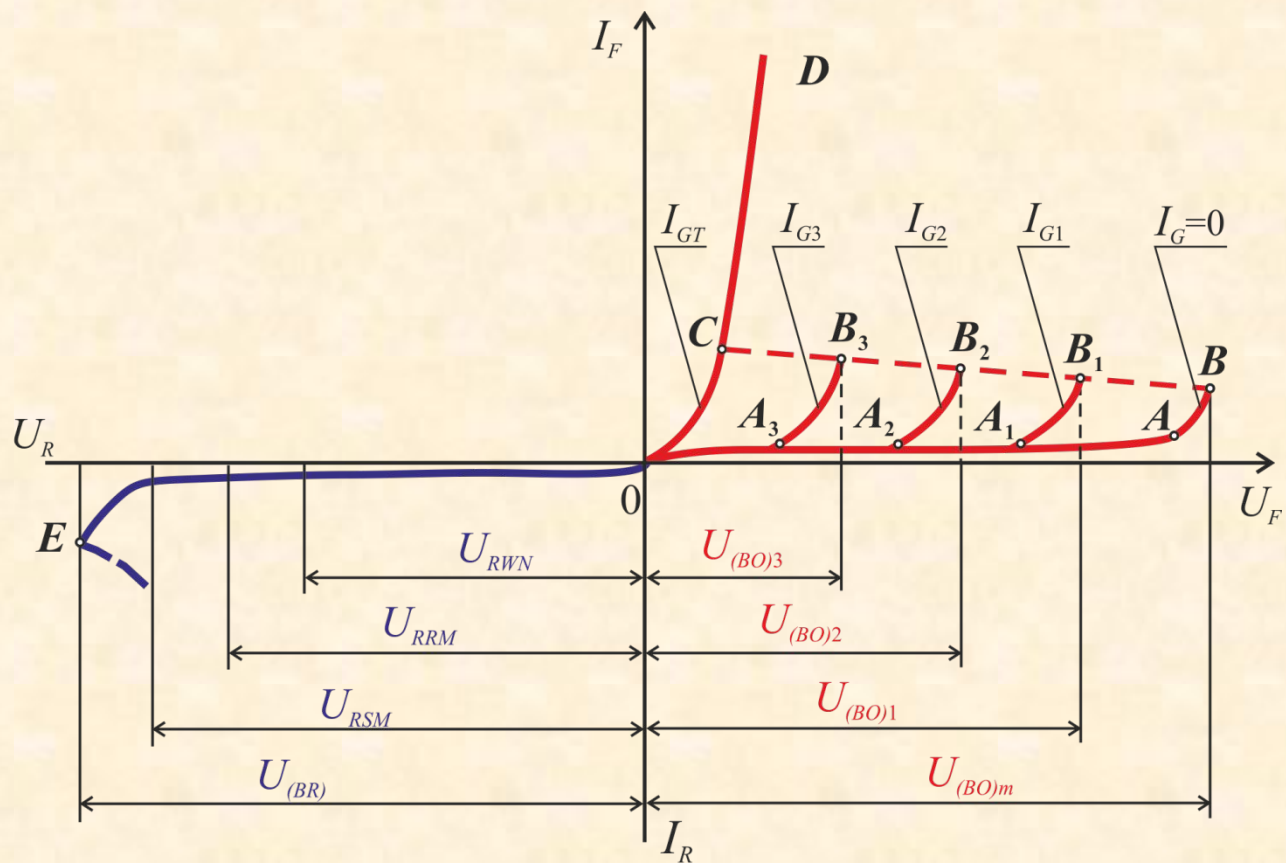


Рисунок 3.2 — ВАХ реального ТС



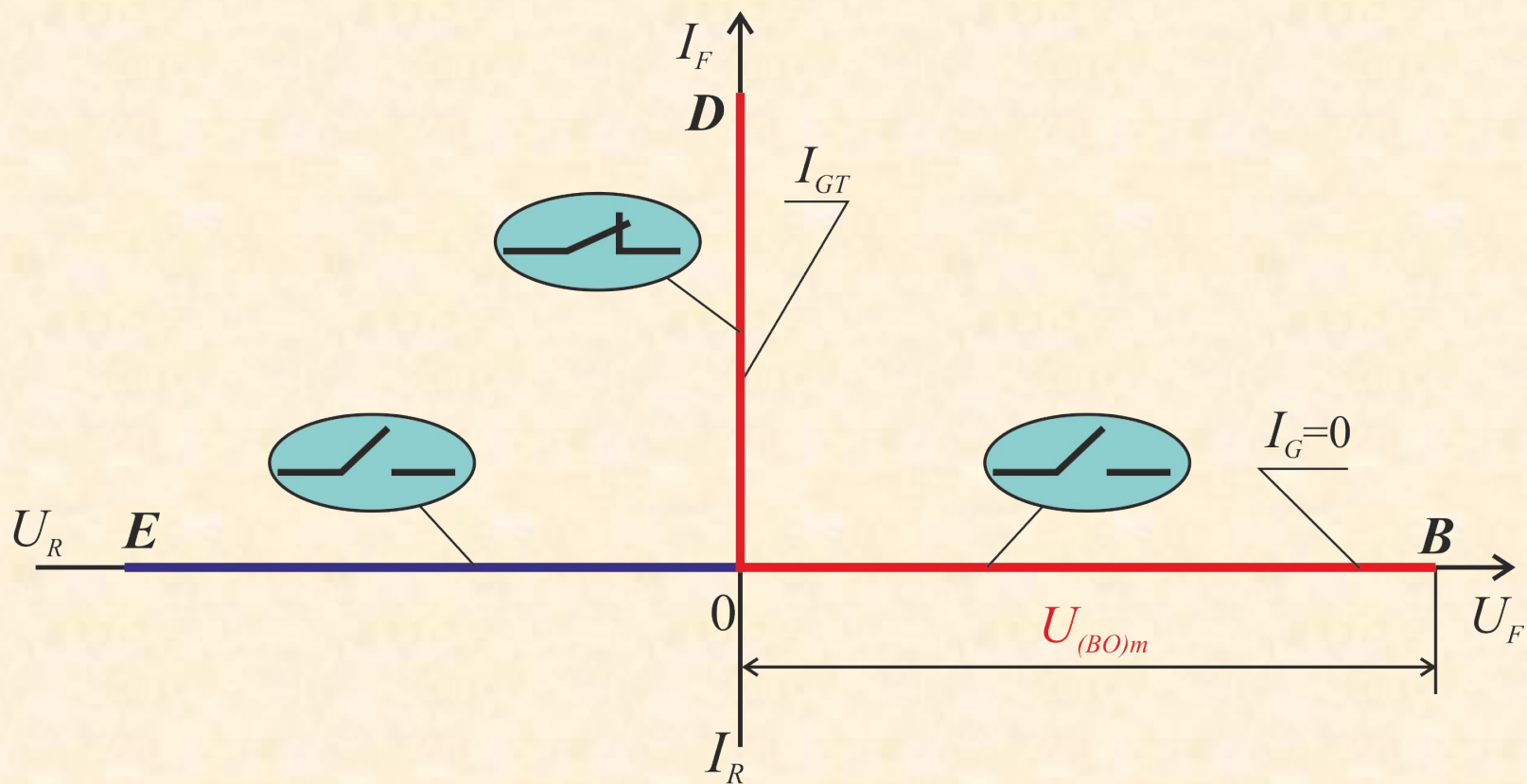


Рисунок 3.3 — ВАХ идеального тиристора

### 3.4 Отличие ТС от диода

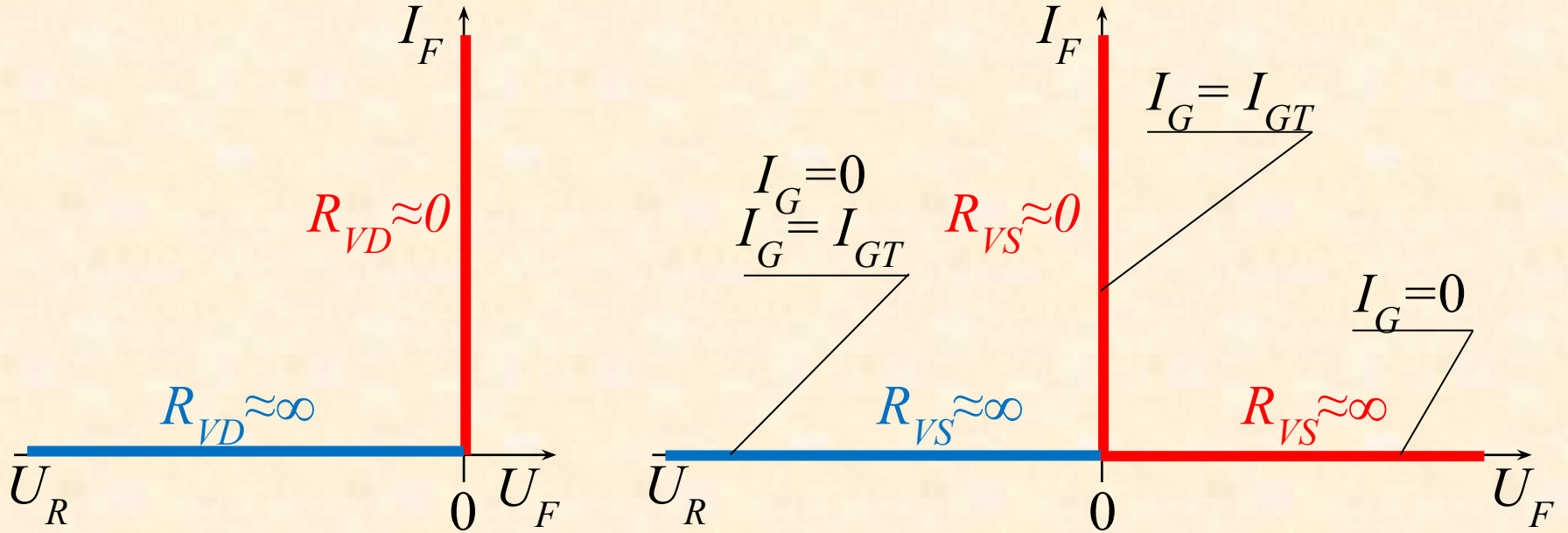


Рисунок 3.4 — ВАХ идеального диода и идеального ТС

## 3.5 Способы открытия и закрытия ТС

**Открыть ТС** — подать на УЭ отпирающий импульс управления («+» на УЭ и «-» на катод).

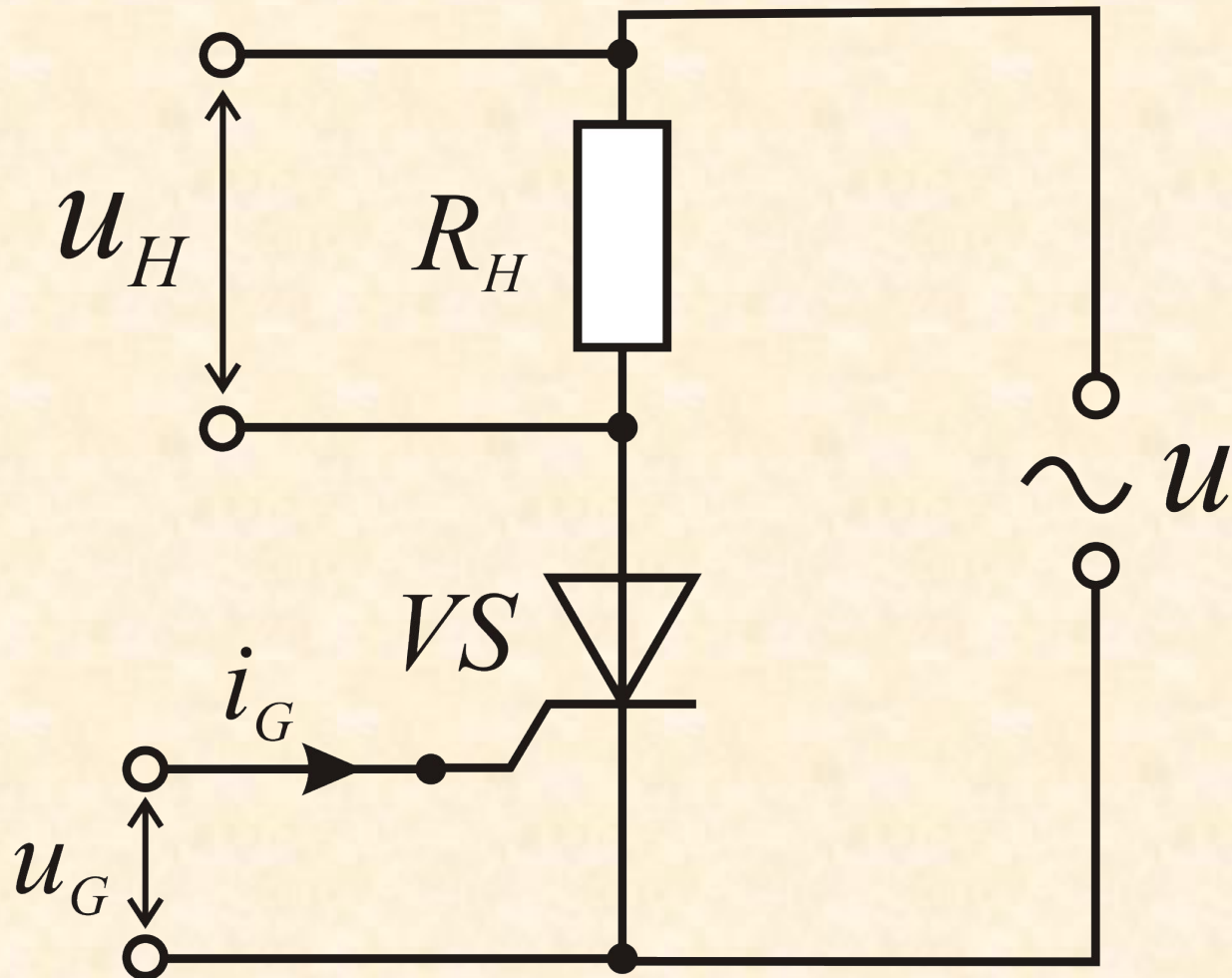
**Закрыть ТС** — подать между его анодом и катодом обратное напряжение.

## 3.6 Схема работы ТС

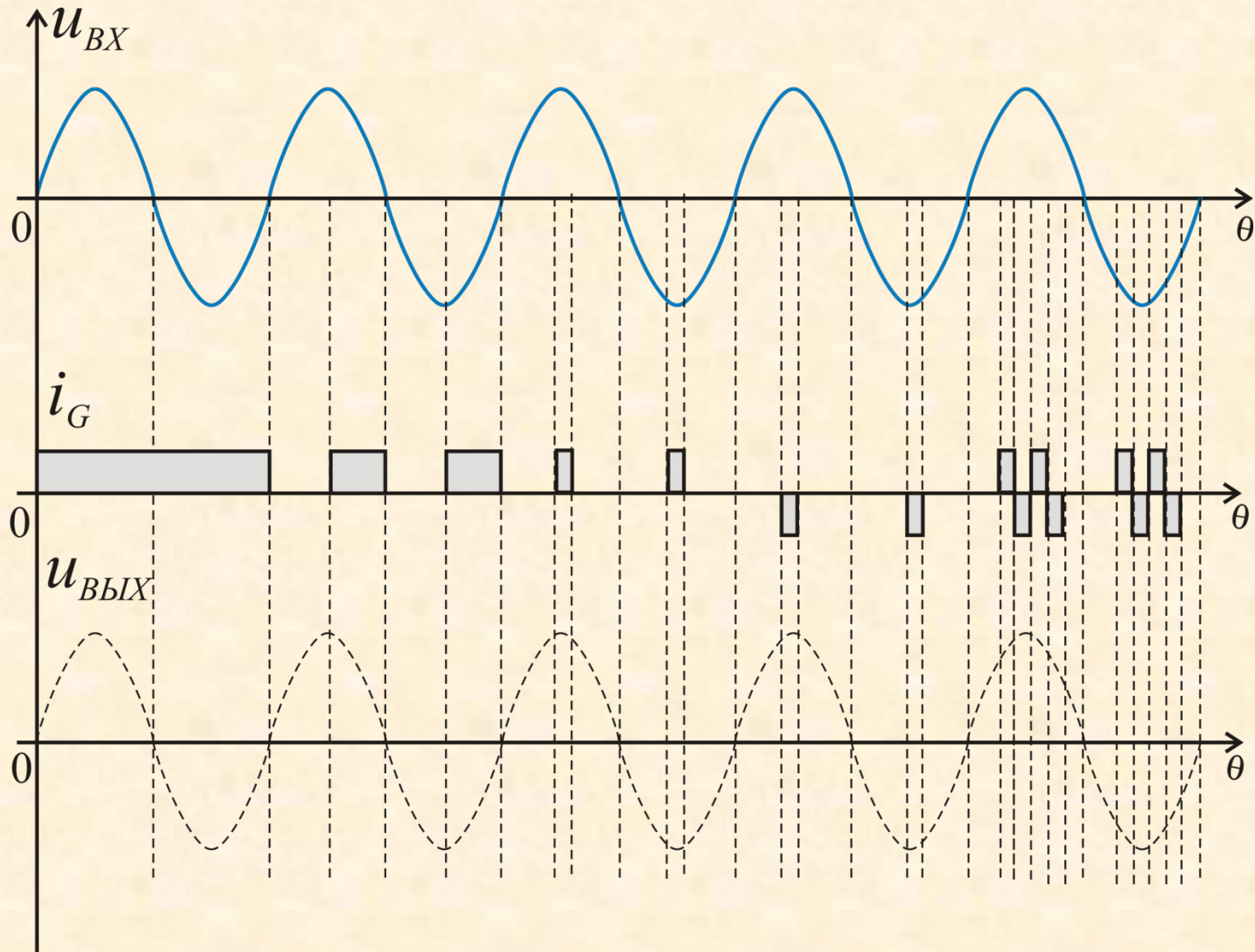
Построить временную диаграмму выходного напряжения  $u_{ВЫХ}$  в схеме по рисунку & при синусоидальном входном напряжении  $u_{ВХ}$  .  
Причем  $u_{ВХ МАХ} < U_{(ВО)МАХ}$  , а  $i_G > i_{GT}$  .

*(Диаграмма  $i_G$  может быть изменена).*

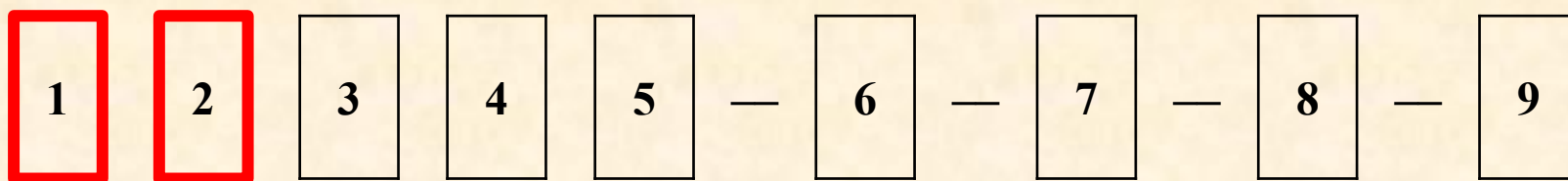
# Схема с тиристором



# Диаграммы работы схемы с тиристором



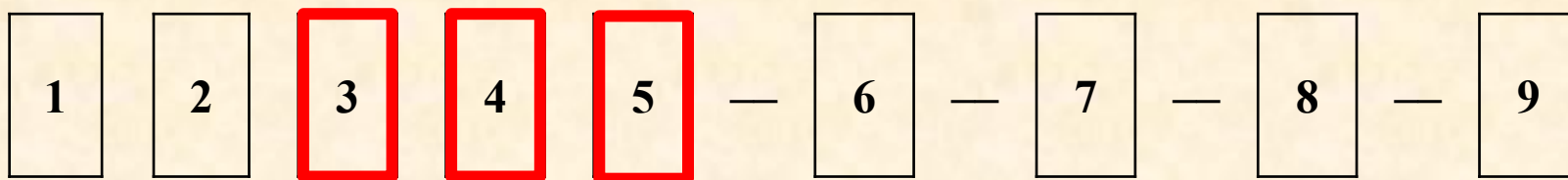
# **4 Система обозначений силовых диодов и тиристоров**



**1** — вид ПП прибора (Д — диод, Т — тиристор);

**2** — подвид диода (отсутствует — обычный, Л — лавинный);

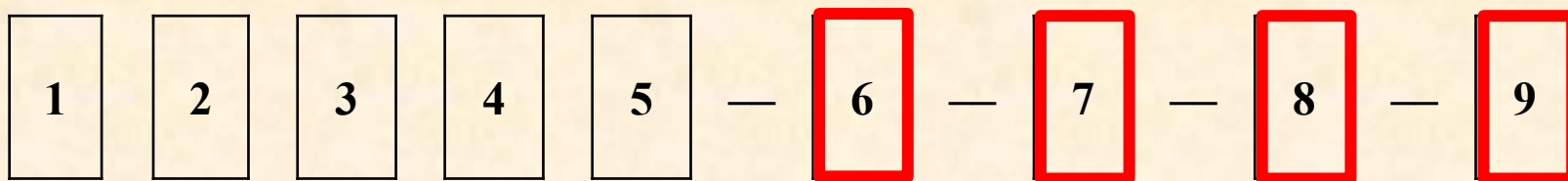




**3** — порядковый номер модификации конструкции;

**4** — цифра, кодирующая габариты корпуса: для штыревых — размер под ключ, для таблеточных — диаметр таблетки;

**5** — обозначение конструктивного исполнения корпуса (1 или 2 — штыревое, 3 — таблеточное) ;



**6** — максимально допустимый средний прямой ток  $I_{FAV m}$ , А;

**7** — класс диода К, показывает величину амплитуды повторяющегося напряжения —  $U_{RRM} = 100 \cdot K$ , В;

**8** — импульсное прямое падение напряжения  $U_{FM}$ , В;

**9** — климатическое исполнение (У или УХЛ) и категория размещения (1, 2, 3, 4, 5);

# Д161 — 250 — 18 — 1,35 — УХЛ2

Диод — Д,  
обычный — ,  
первой модификации конструкции — 1,  
размер шестигранника под ключ 32 мм — 6,  
штыревой конструкции с гибким выводом — 1,  
максимально допустимый средний прямой ток  
 $I_{FAV m} = 250 \text{ А} — 250$ ,  
класс 18 ( $U_{RRM} = 1800 \text{ В}$ ) — 18,  
импульсное прямое напряжение  $U_{FM} = 1,35 \text{ В} — 1,35$ ,  
для умеренного и холодного климата — УХЛ и наружной установки под навесом (2).

# ТЛ173 — 3200 — 30 — 2,2 — У3

Тиристор — Т,

Лавинный — Л,

первой модификации конструкции — 1,

диаметр корпуса таблетки  $d = 112$  мм — 7,

таблеточный конструкции — 3,

максимально допустимый средний прямой ток

$I_{FAV m} = 3200$  А — 3200,

класс 30 ( $U_{RRM} = 3000$  В) — 30,

импульсное прямое напряжение  $U_{FM} = 2,2$  В — 2,2,

для умеренного климата — У и внутренней установки — 3.

Д161 — **250** — **18** — **1,35** — УХЛ2

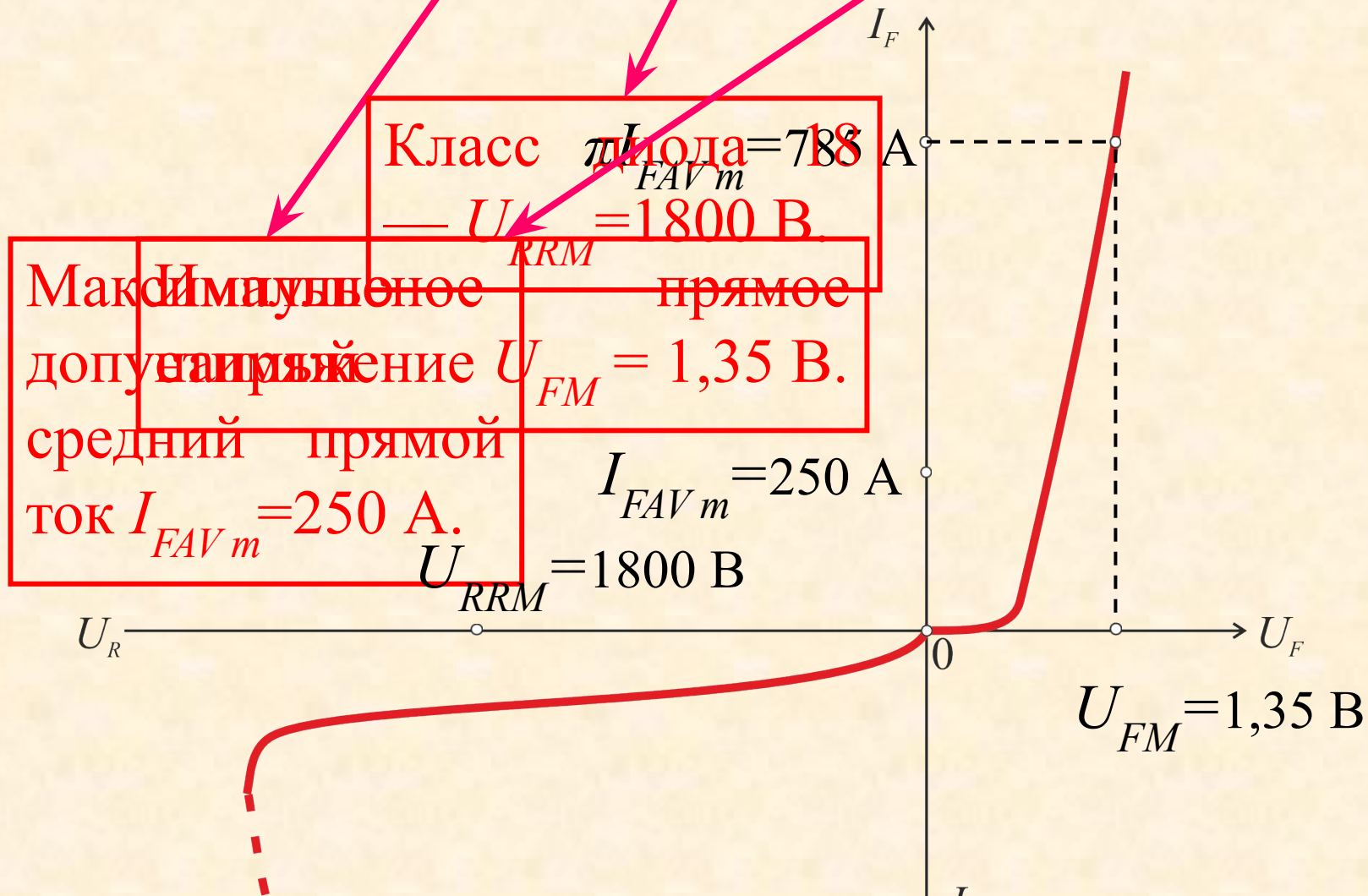


Рисунок 4.1 — ВАХ диода или тиристора