

Классификация и условные обозначения полупроводниковых приборов

**Основные термины, определения и буквенные обозначения
основных полупроводниковых приборов приведены в ГОСТах:**

25529-82 - Диоды полупроводниковые.

19095-73 - Транзисторы полевые.

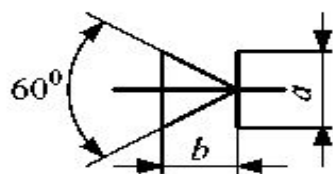
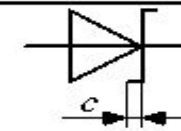
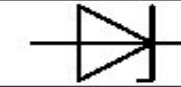

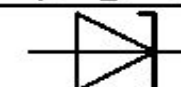
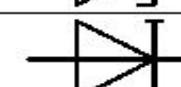
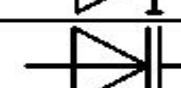
20003-74 - Транзисторы биполярные

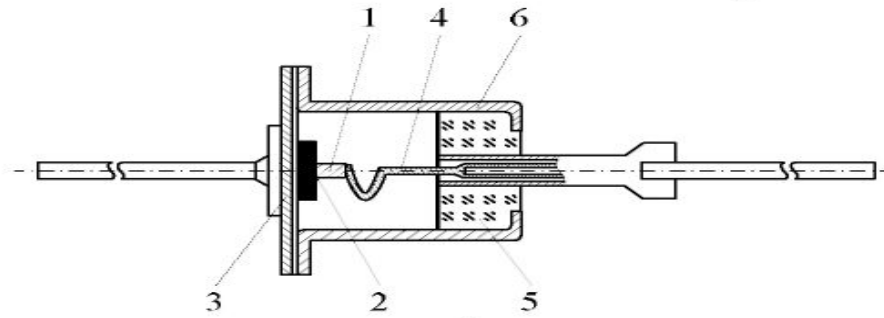
20332-84 - Тиристоры.

3. Условные графические обозначения полупроводниковых приборов диодной группы

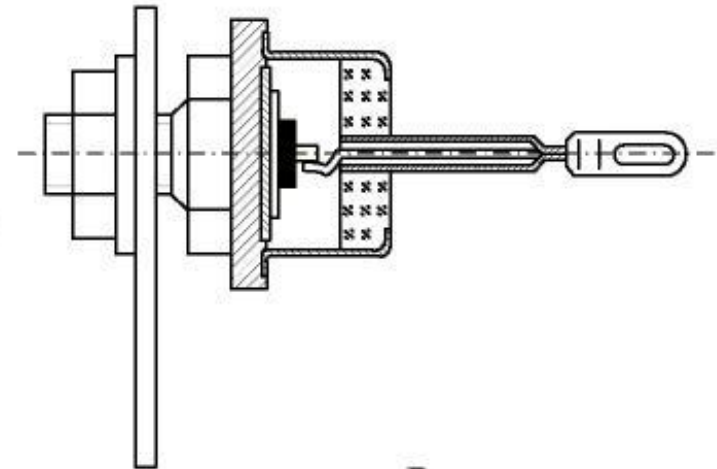
В технической документации и специальной литературе применяются условные графические обозначения полупроводниковых приборов в соответствии с ГОСТ 2.730-73 «Обозначения условные, графические в схемах. Приборы полупроводниковые».

Графические обозначения полупроводниковых приборов

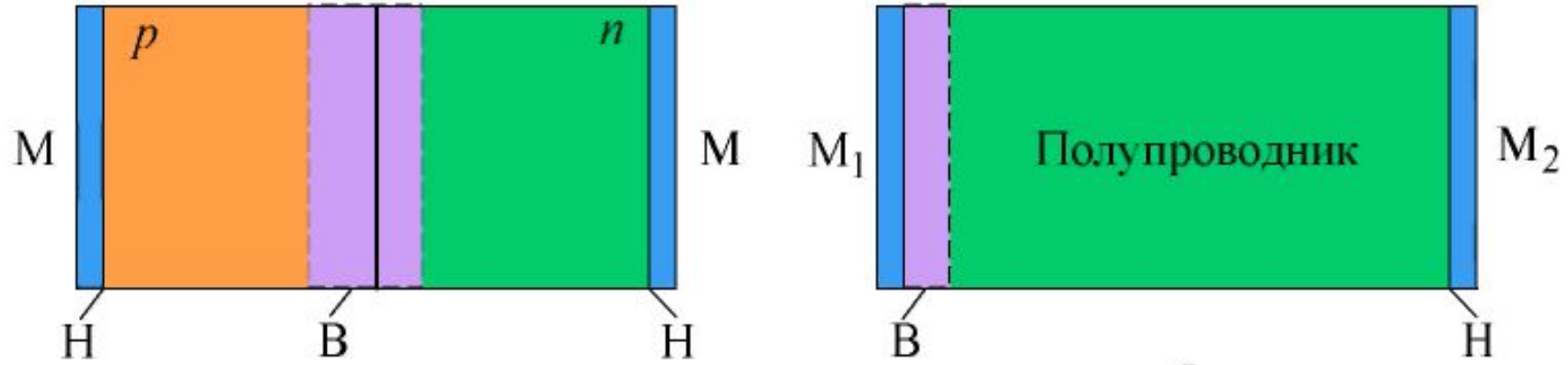
Наименование прибора	Обозначение									
<i>Диод выпрямительный</i>	 <table border="1" data-bbox="1783 585 2140 756"> <tr> <td><i>a</i></td> <td>5</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td><i>b</i></td> <td>4</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td><i>c</i></td> <td>1.5</td> <td>2</td> </tr> </table>	<i>a</i>	5	6	<i>b</i>	4	5	<i>c</i>	1.5	2
<i>a</i>	5	6								
<i>b</i>	4	5								
<i>c</i>	1.5	2								
<i>Диод Шоттки</i>										
<i>Стабилитрон</i>										
<i>Стабилитрон двуханодный</i>										
<i>Диод туннельный</i>										
<i>Обращенный диод</i>										
<i>Варикап</i>										



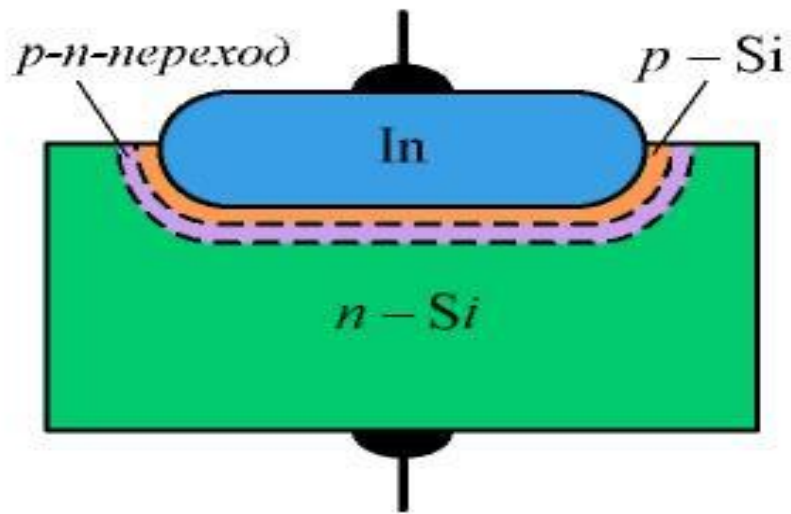
Выпрямительные диоды: а) дискретного исполнения; б) диодные микросборки; в) конструкция маломощного диода



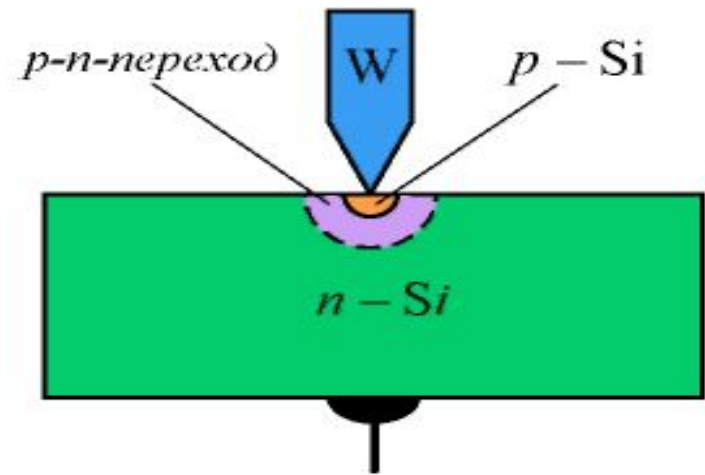
Мощные выпрямительные диоды: а) дискретного исполнения; б) диодные силовые модули; в) конструкция силового диода



Структура III диодов: а) с $p-n$ переходом; б) с $n-i$ переходом

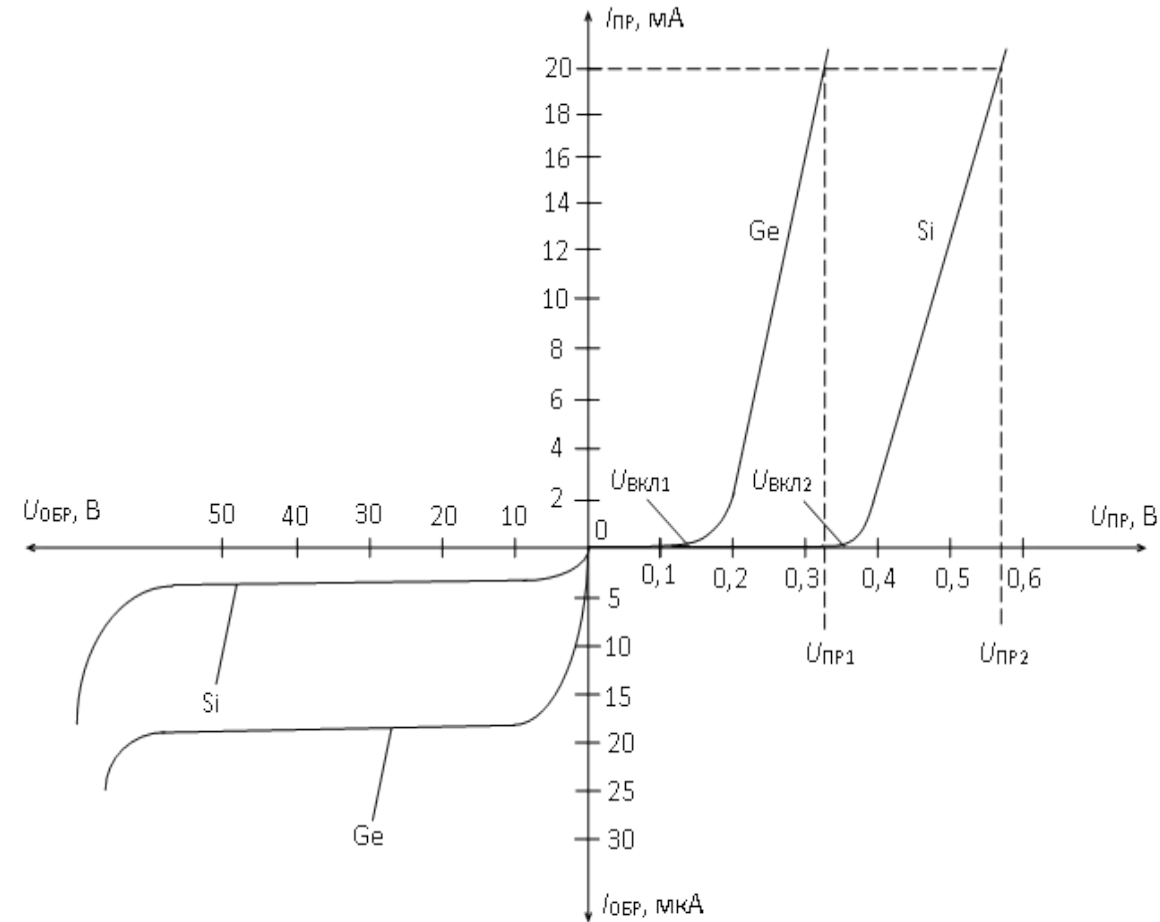
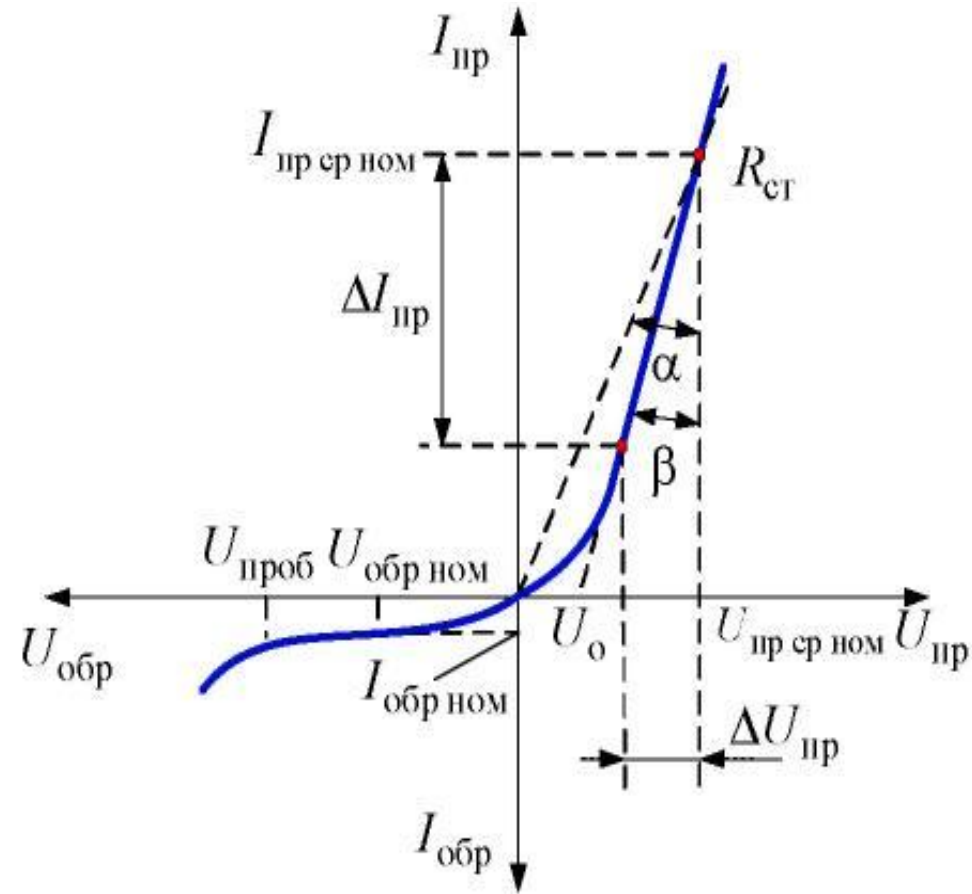


Структура плоского диода



Структура точечного диода

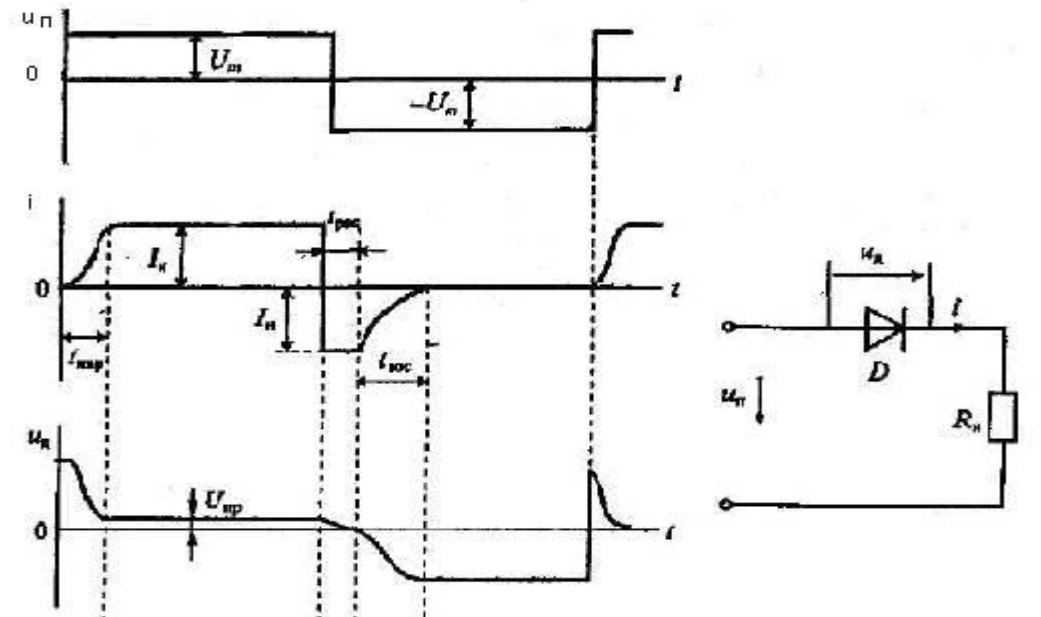
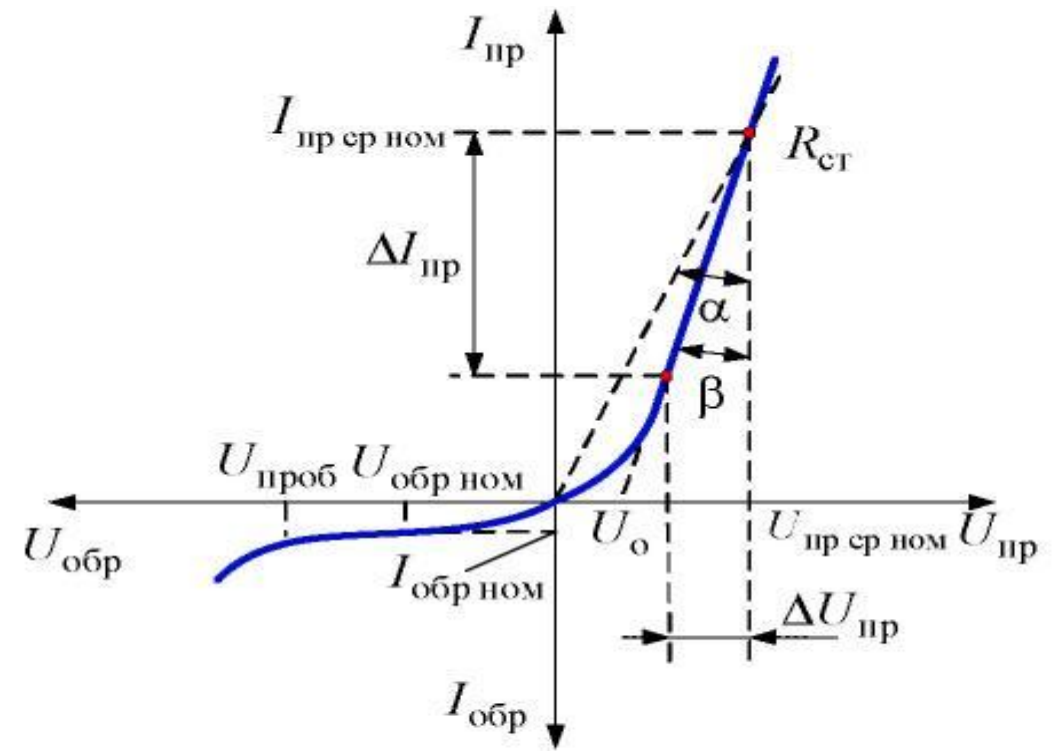
$$I_a = I_0 \left(e^{\frac{\pm U_a}{\phi_T}} - 1 \right)$$

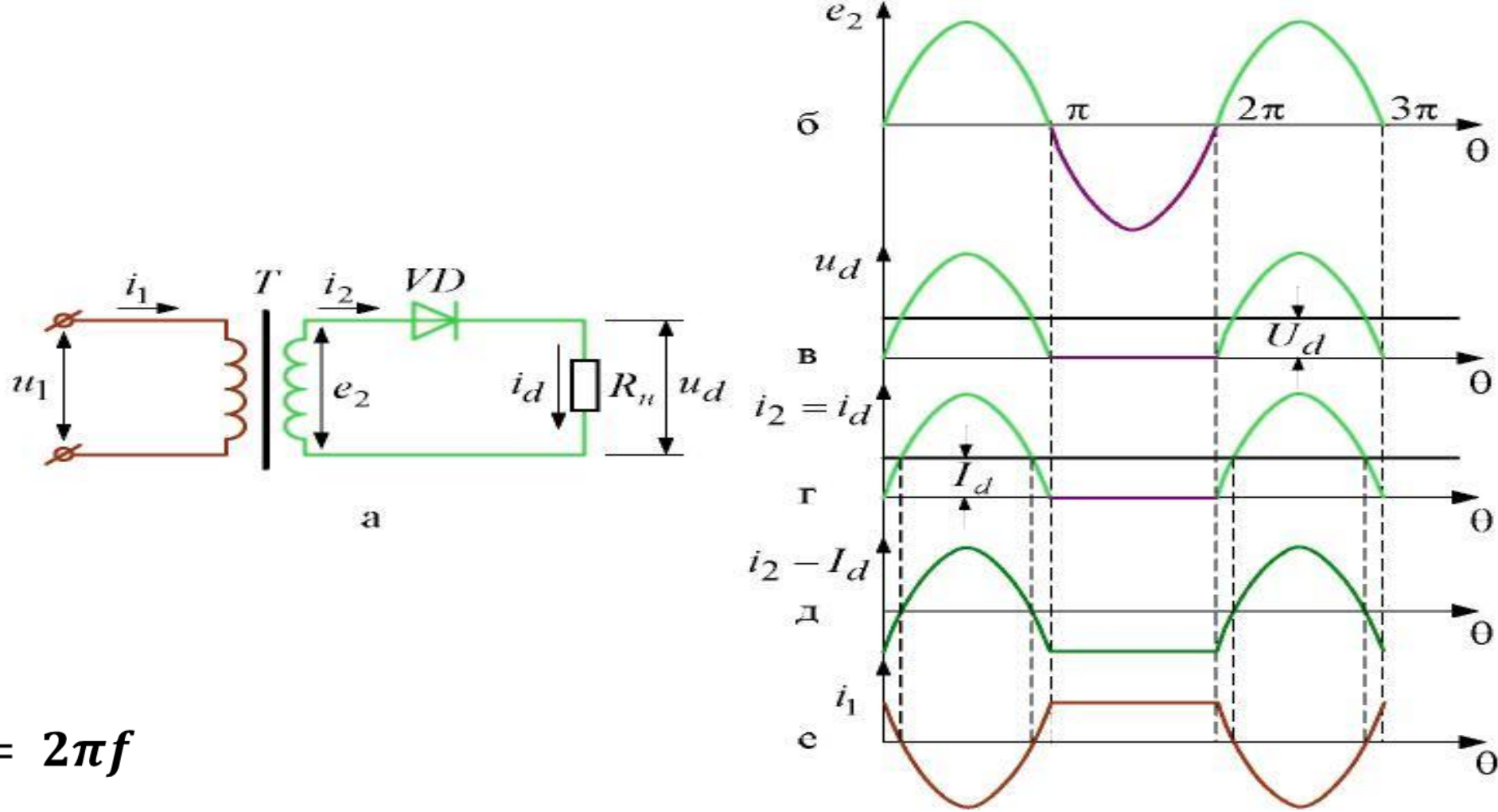


Типовые вольт-амперные характеристики диода.

Основные статические параметрам диода:

- Номинальный прямой ток $I_{ан}$;
- прямое напряжение $U_{пр}$ на диоде при $I_{ан}$;
- $U_{обр. макс. доп.}$
- напряжение включения $U_{вкл}$
- обратный ток $I_{обр}$;
- $r_{пр} = \Delta U_{пр} / \Delta I_a$ - мало;
- $r_{обр} = \Delta U_{обр} / \Delta I_0$ - велико;
- К динамическим параметрам относятся:
- предельная частота без переключения f_{max}
- время нарастания прямого тока $t_{нар}$;
- время рассасывания $t_{рас} = 0,35\tau_p$,
- время восстановления $t_{вос} = \tau_p \ln \left(1 + \frac{I_{пр}}{I_{обр}} \right)$.
- τ_p - время жизни неосновных носителей



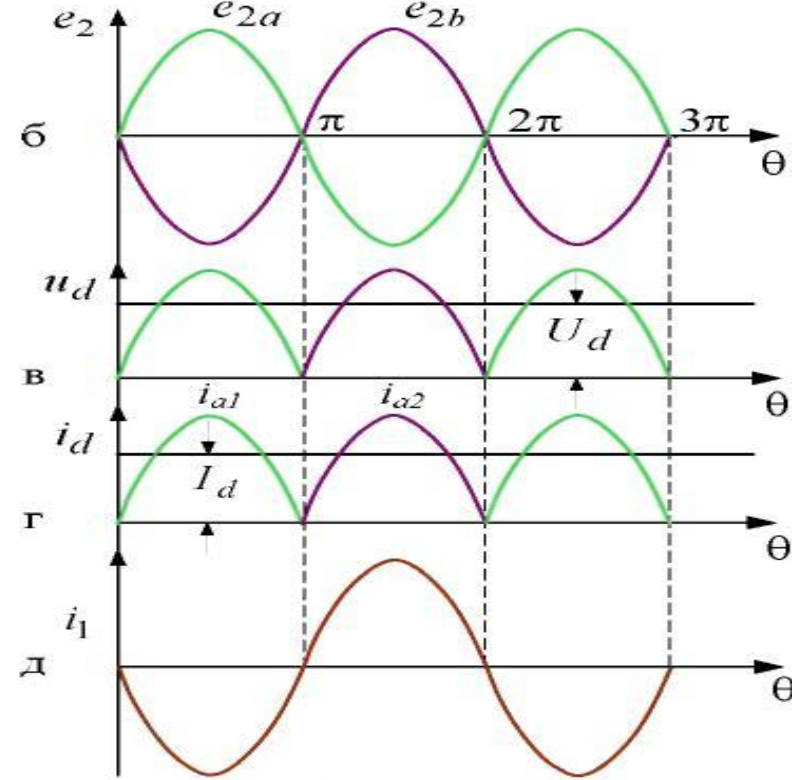
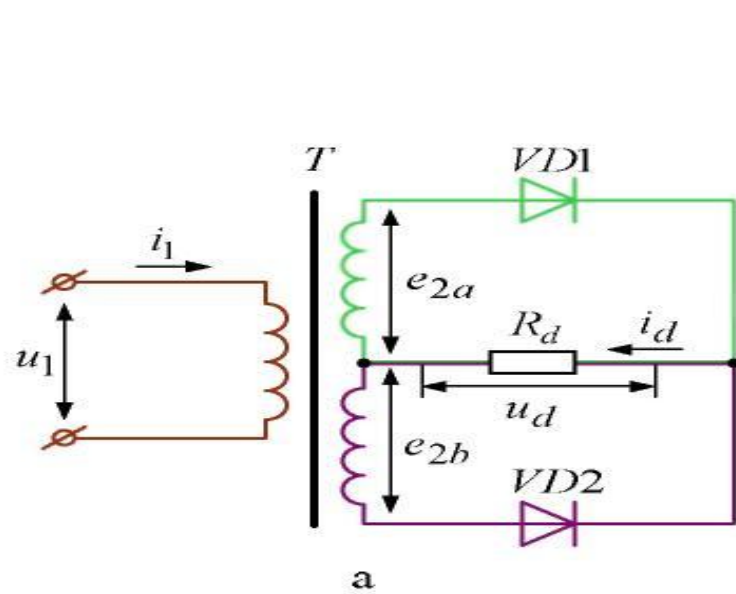


$$\theta = \omega t = 2\pi f$$

$$U_d = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} U_d d\theta = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \sqrt{2}U_2 \sin \theta d\theta = \frac{\sqrt{2}U_2}{\pi} = 0,45U_2$$

$$I_d = U_d / R_d$$

$$U_{\text{обр. макс.}} = \sqrt{2}U_2 = U_d * \pi$$



$$\theta = \omega t = 2\pi f$$

$$U_d = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} \sqrt{2} U_{2a} \sin \theta \, d\theta = \frac{2\sqrt{2} U_{2a}}{\pi}$$

$$I_d = U_d / R_d \quad I_a = I_d / 2$$

$$U_{\text{обр. макс.}} = \sqrt{2} U_{2a} = U_d * \pi$$

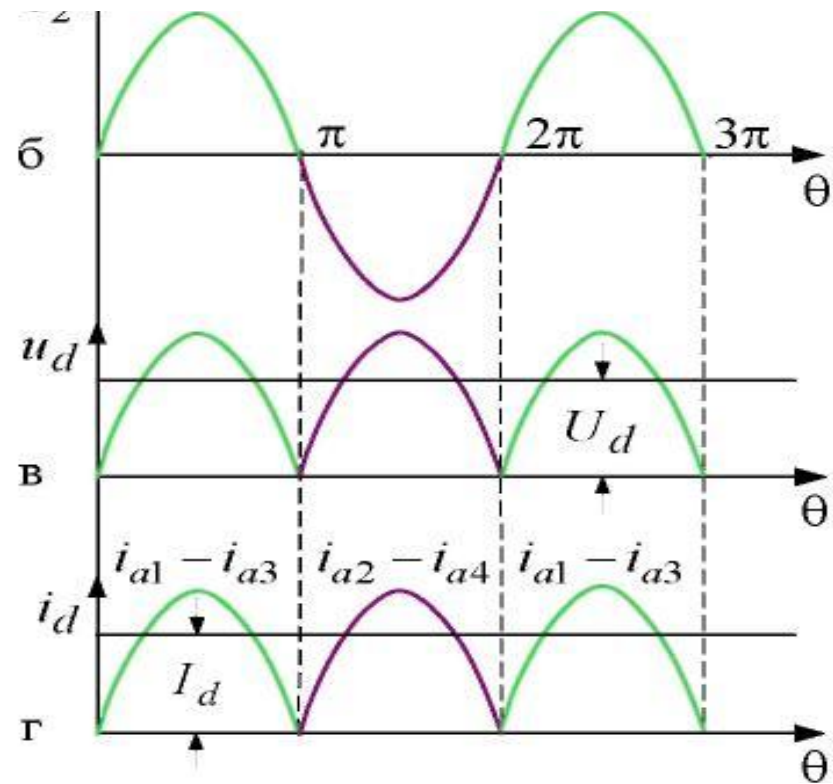
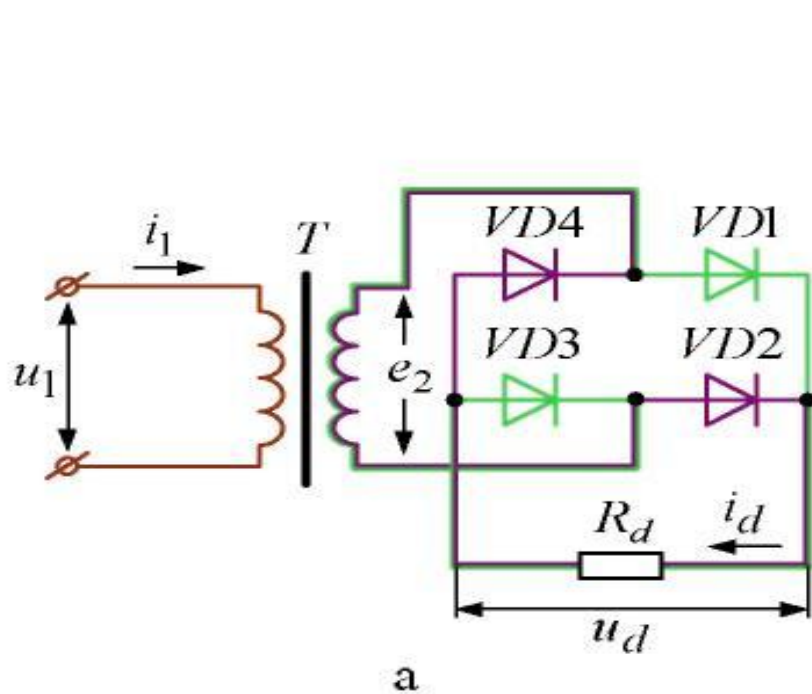
$$P_2 = 2 U_{2a} * I_2 = 1,74 P_d$$

$$P_1 = U_1 * I_1 = 1,23 P_d$$

$$P_{\text{расч.}} = \frac{P_1 + P_2}{2} = 1,48 P_d$$

$$I_1 = \frac{I_d}{k_{\text{тр}}} \quad k_{\text{тр}} - \text{коэффициент трансформации}$$

$$q = \frac{U_{\sim m1}}{U_d} = \frac{2}{m^2 - 1} = 0,66$$



$$\theta = \omega t = 2\pi f$$

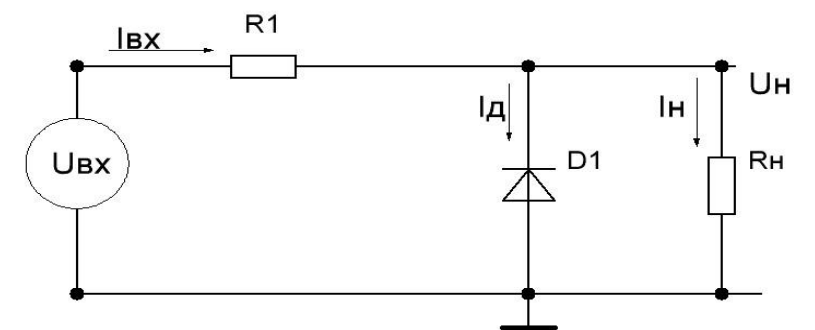
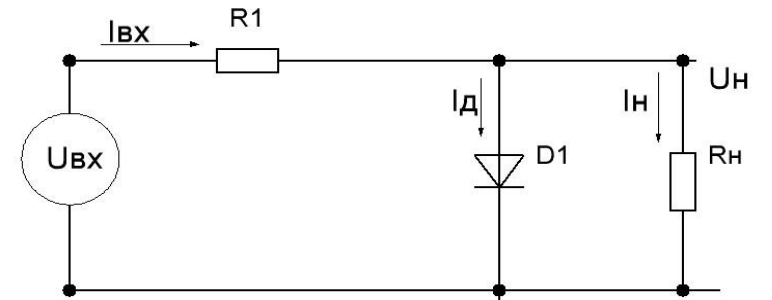
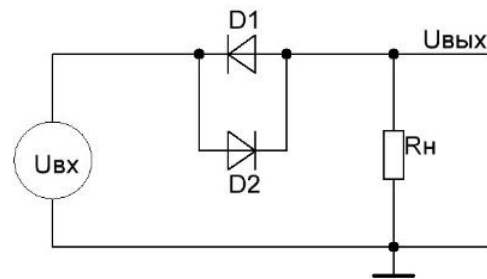
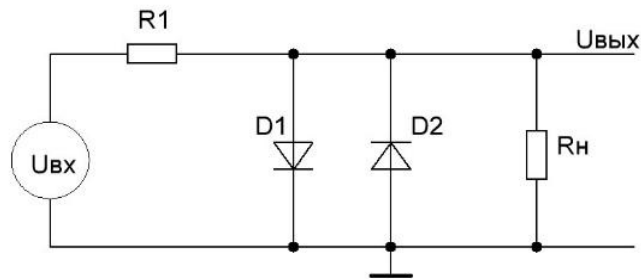
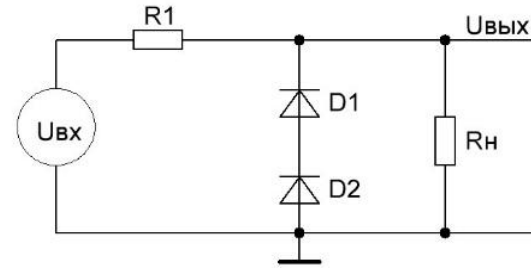
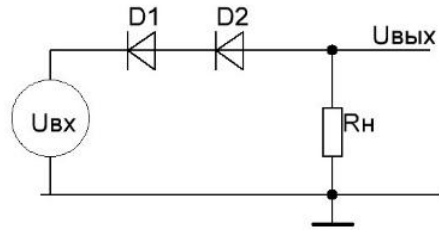
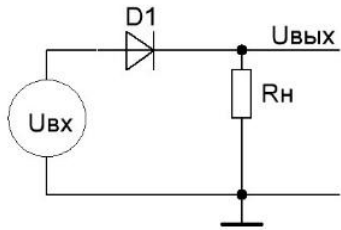
$$U_d = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} \sqrt{2} U_2 \sin \theta d\theta = \frac{2\sqrt{2} U_2}{\pi} = 0,9 U_2$$

$$I_d = U_d / R_d \quad U_{\text{обр. макс.}} = \sqrt{2} U_2 \quad I_2 = \frac{\sqrt{2} U_2 \sin \theta}{R_d} \quad I_1 = \frac{I_2}{k_{\text{тр}}}$$

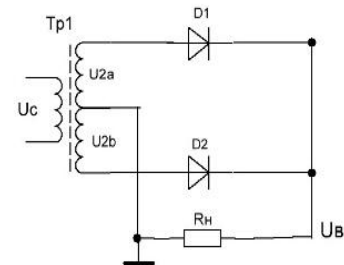
$$I_a = I_d / 2 \quad q = \frac{U_{\sim m1}}{U_d} = \frac{2}{m^2 - 1} = 0,66$$

$$P_2 = 2U_{2a} * I_2 = 1,74 P_d \quad P_1 = U_1 * I_1 = 1,23 P_d \quad P_{\text{расч.}} = \frac{P_1 + P_2}{2} = 1,48 P_d$$

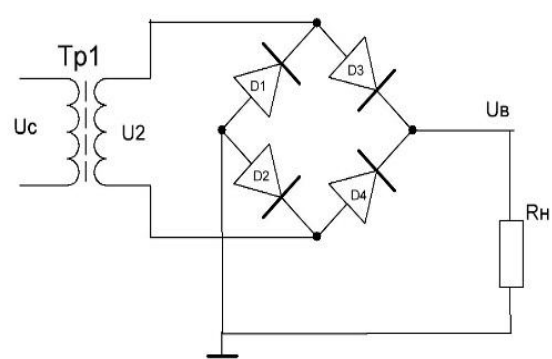
Схемы с диодами

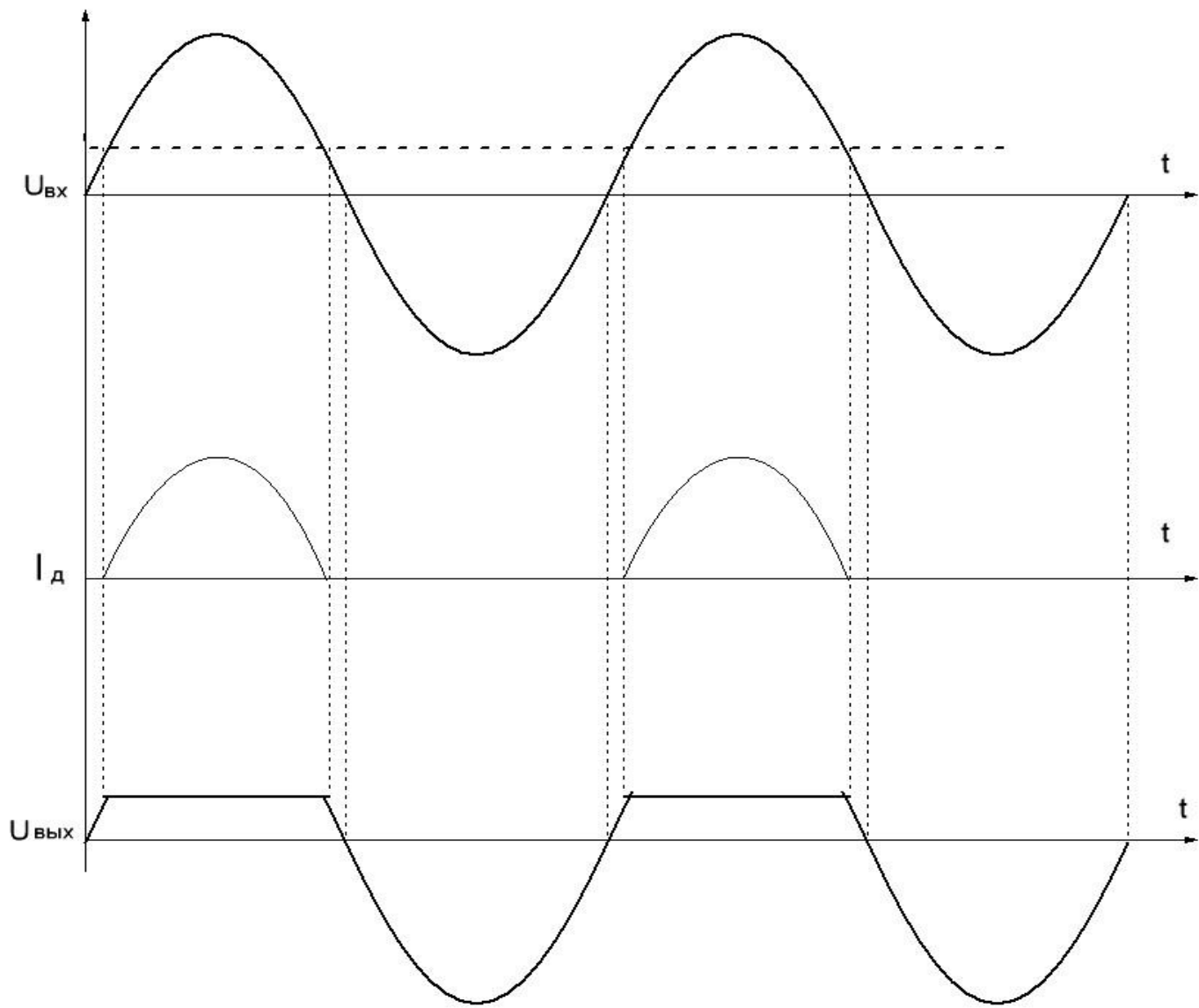
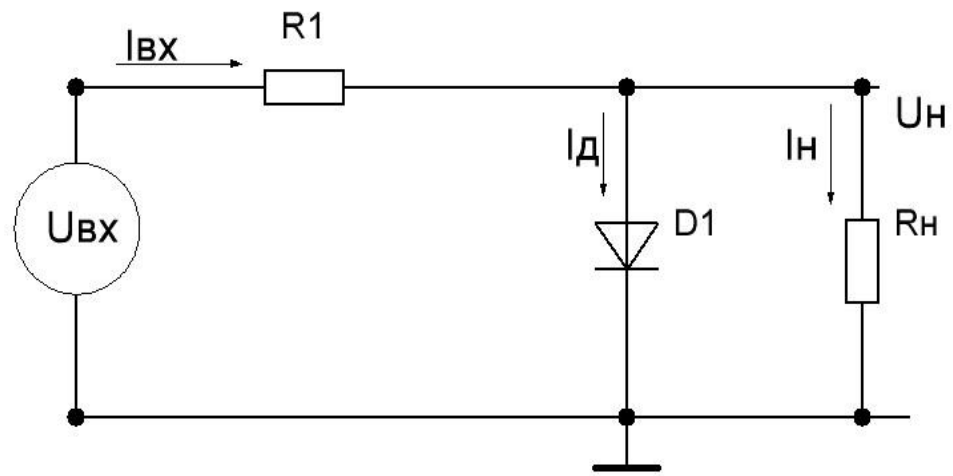


Выпрямитель со средней точкой



Мостовой выпрямитель

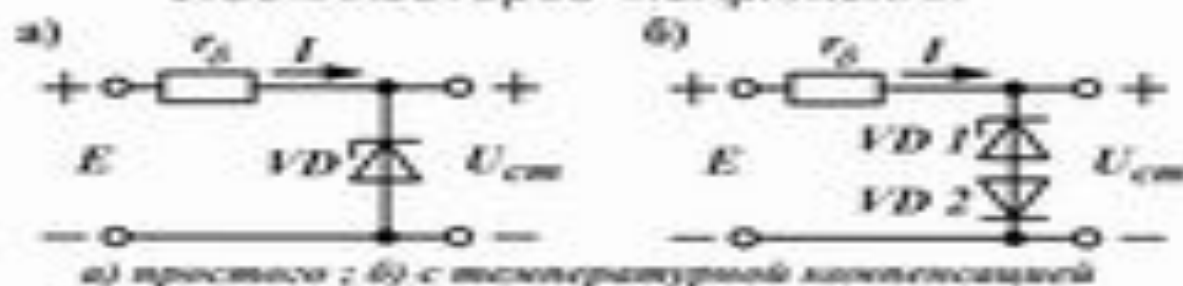




Разновидности диодов (1)

Диоды		
→	Выпрямительные диоды	
→	Стабилитроны	
→	Стабисторы	
→	Диоды Шоттки	
→	Варикапы	
→	Импульсные диоды	
→	СВЧ диоды	
→	Туннельные диоды	
→	Обращенные диоды	
→	Фотодиоды	
→	Светоизлучающие диоды	
→	Магнитодиоды	

Схемы параметрических стабилизаторов напряжения



Вольтамперная характеристика (ВАХ) стабилитрона и выбор параметров стабилизатора напряжения



Уравнение линии нагрузки

$$U = E - I r_d \quad (1)$$

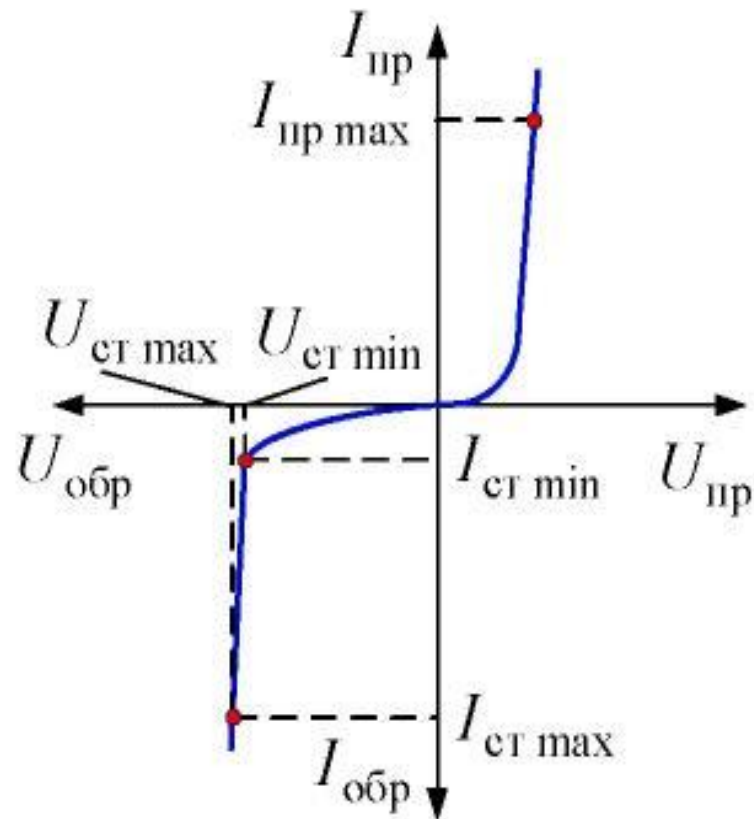
при $I = 0$; $U = E$

при $U = 0$; $I = \frac{E}{r_d}$

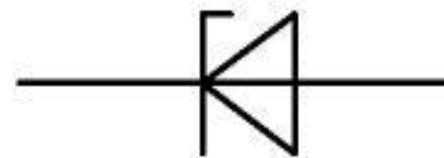
Стабилитроны



а



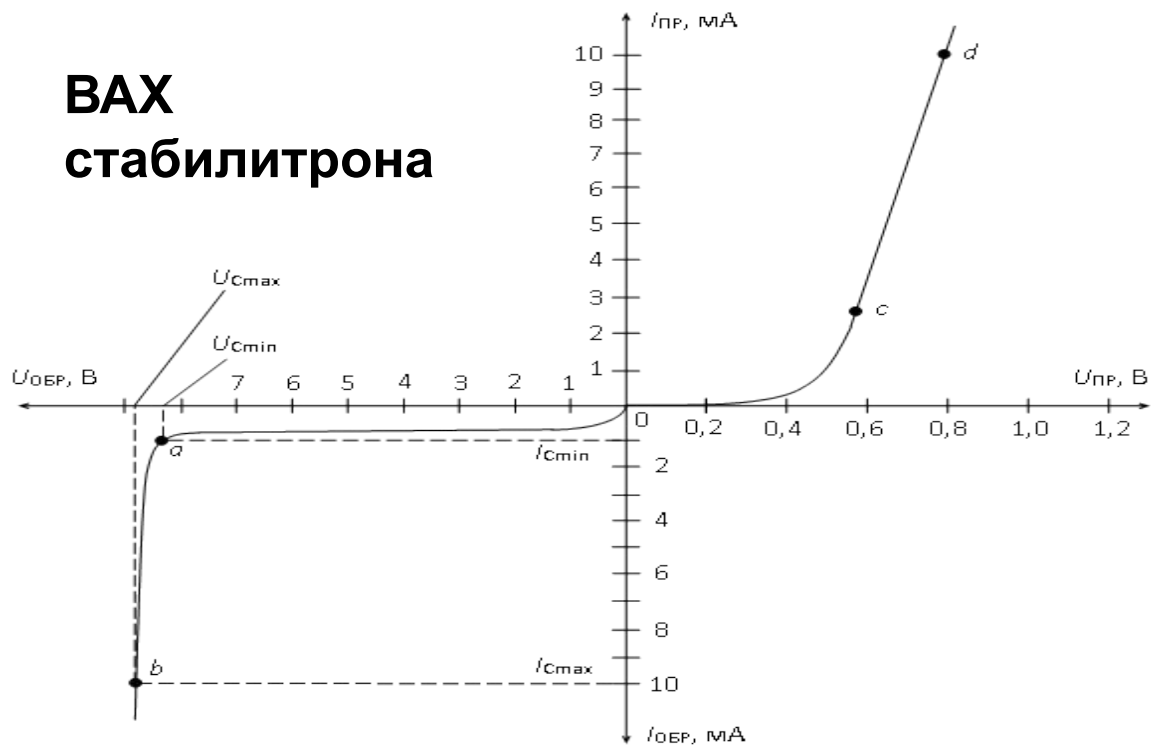
б



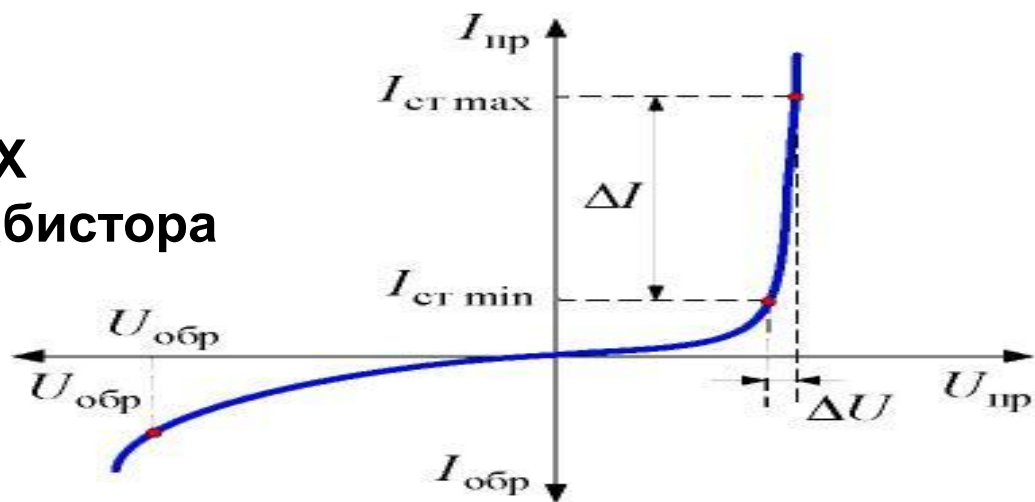
в

Стабилитроны: а) внешний вид; б) типовая ВАХ; в) условное изображение.

ВАХ стабилитрона



ВАХ стабистора

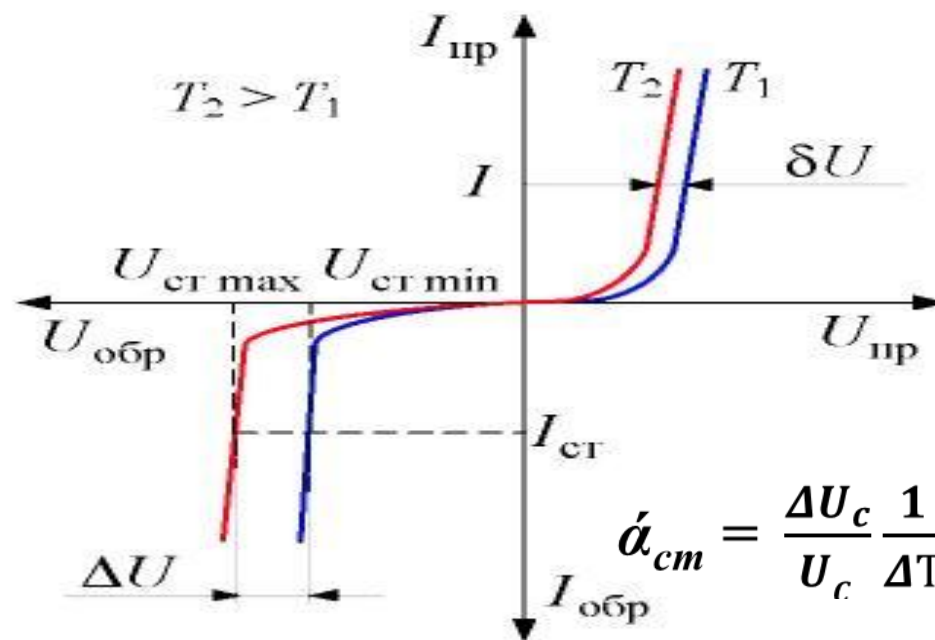


$$U_C ; I_{C \min} ; I_{C \max} ; U_{пр}$$

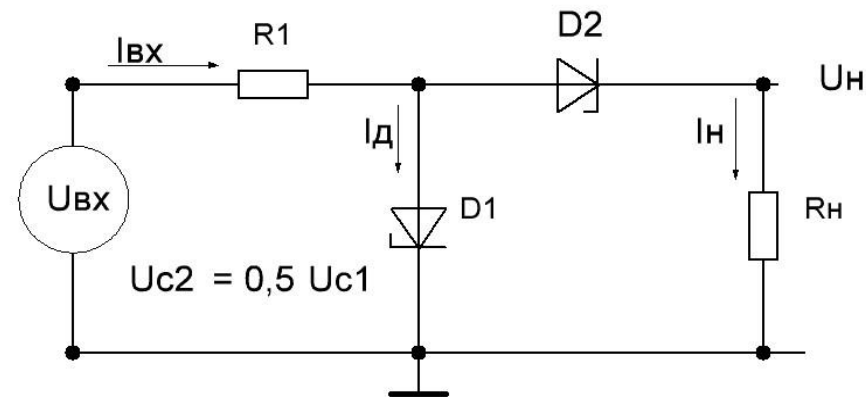
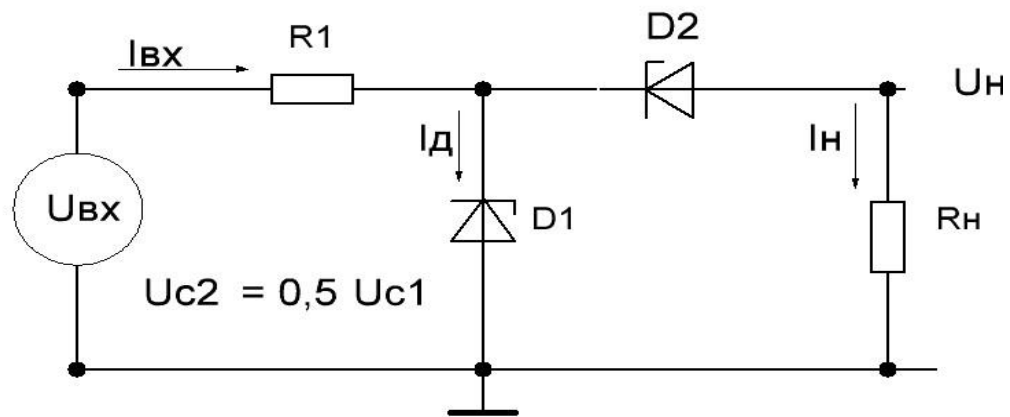
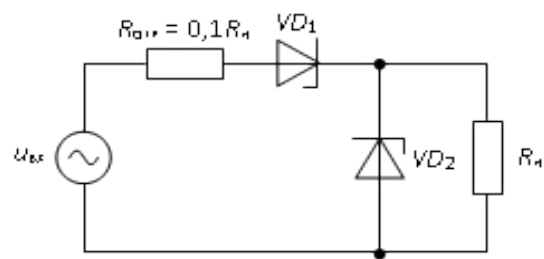
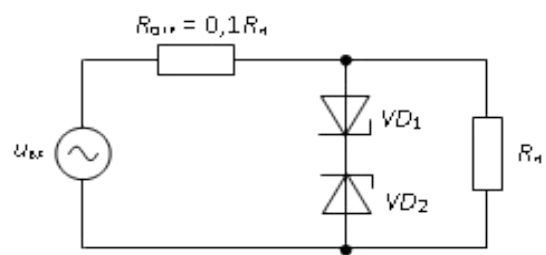
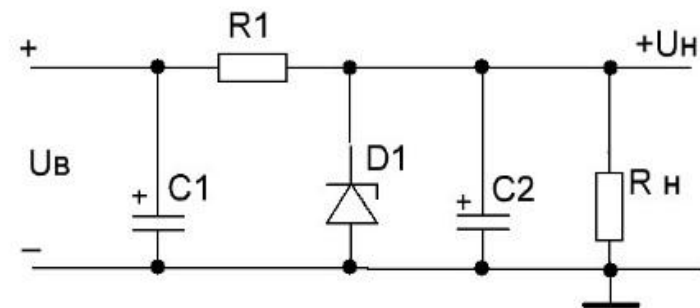
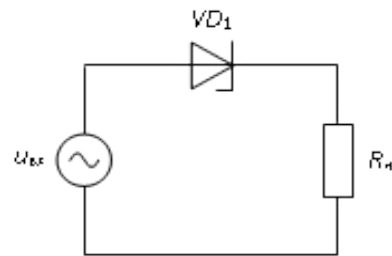
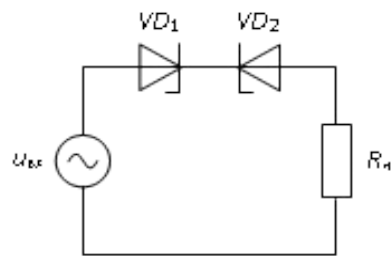
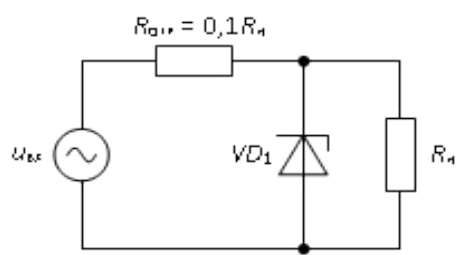
$$K_C = \frac{U_c}{\Delta U_c} \quad r_c = \frac{\Delta U_c}{\Delta I_c} \quad r_{пр} = \frac{\Delta U_{пр}}{\Delta I_{пр}}$$

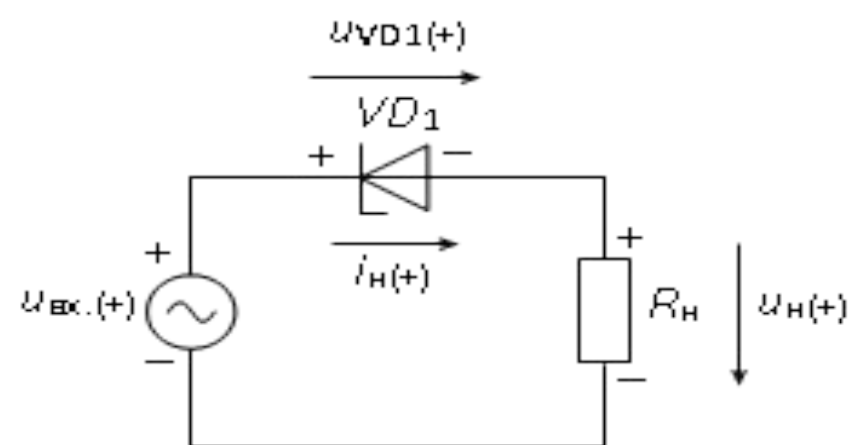
$$\Delta U_C = U_{C \max} - U_{C \min};$$

$$\Delta I_C = I_{C \max} - I_{C \min}$$

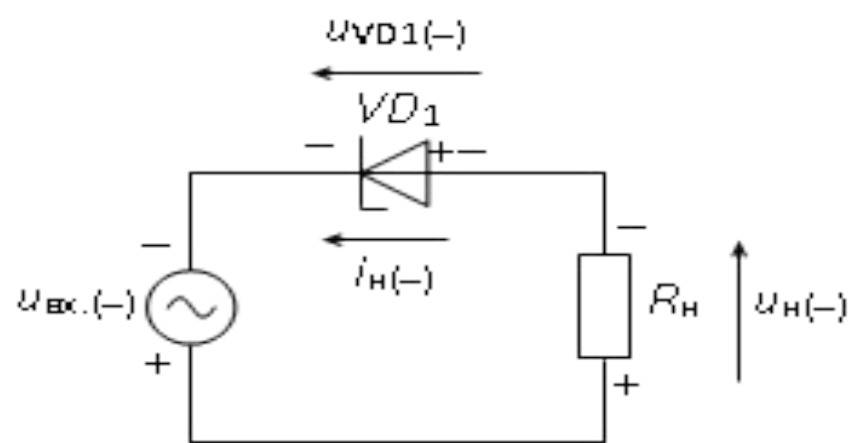


$$\alpha_{cm} = \frac{\Delta U_c}{U_c} \frac{1}{\Delta T} * 100\%$$

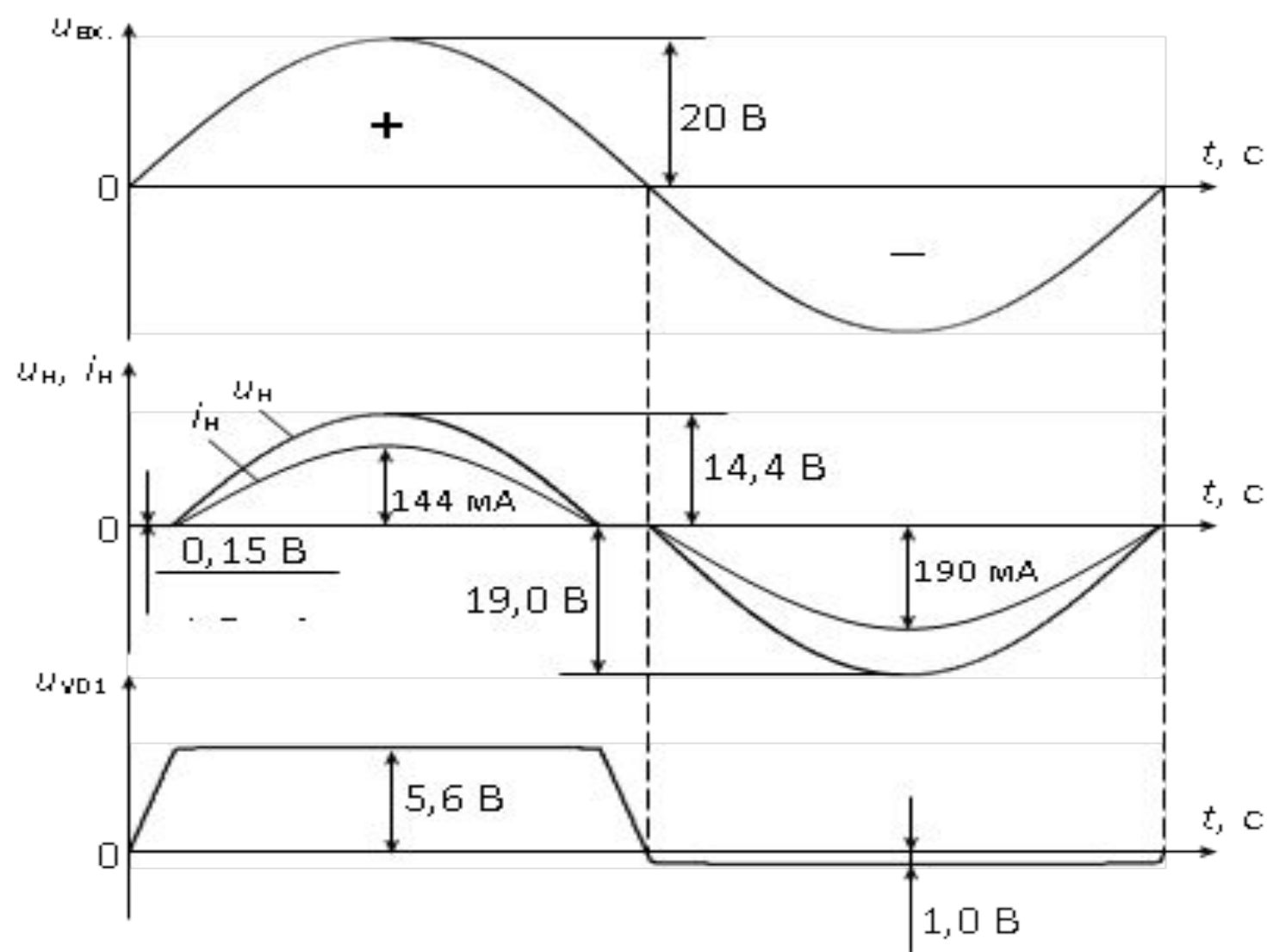




a)

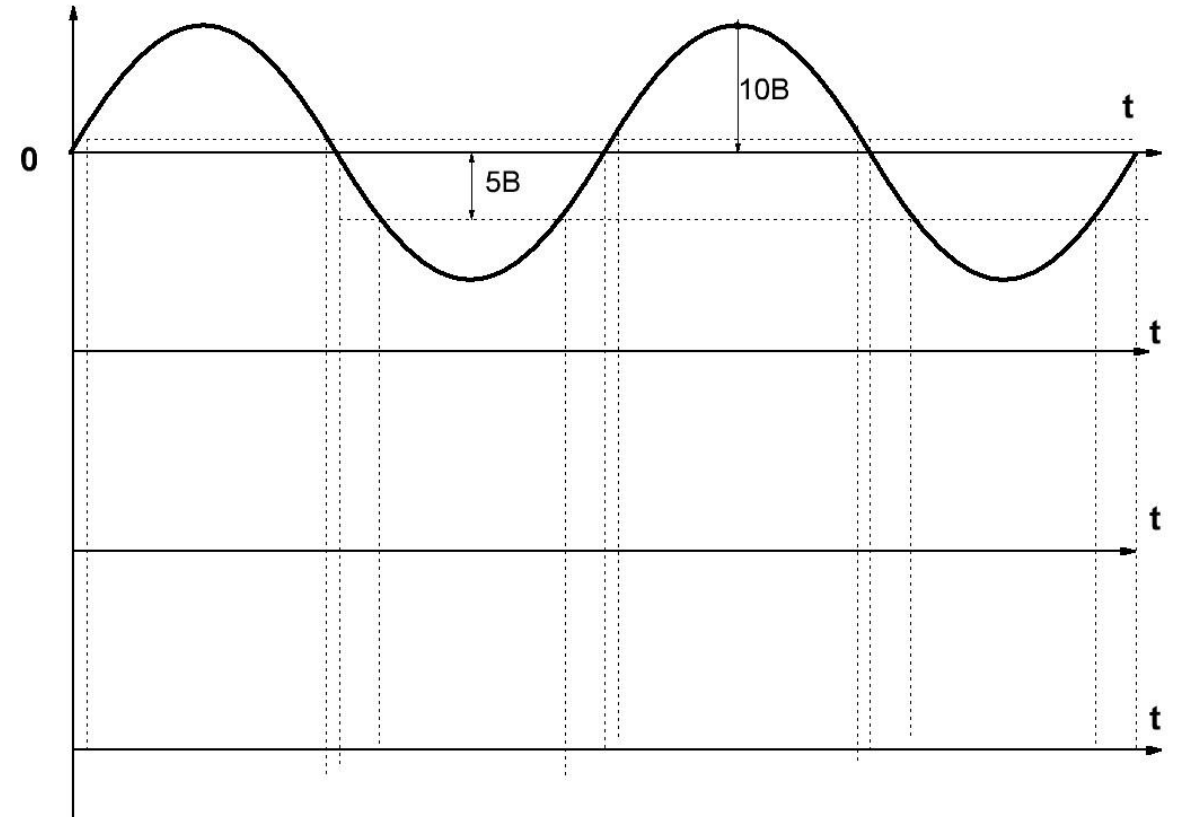
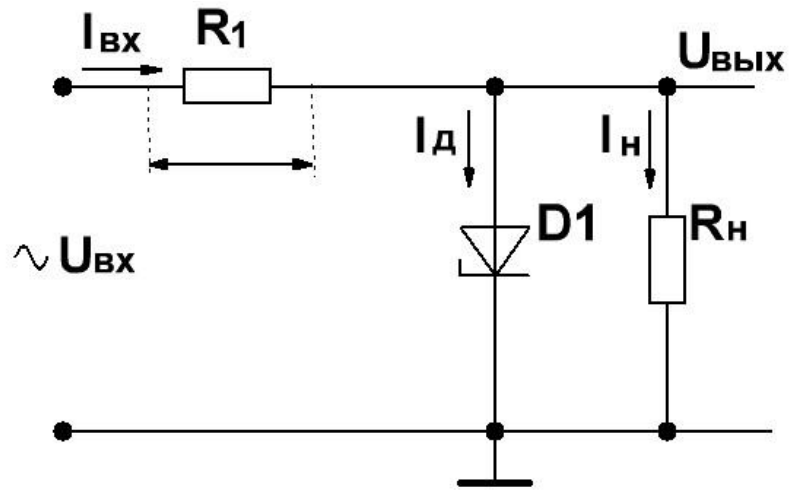
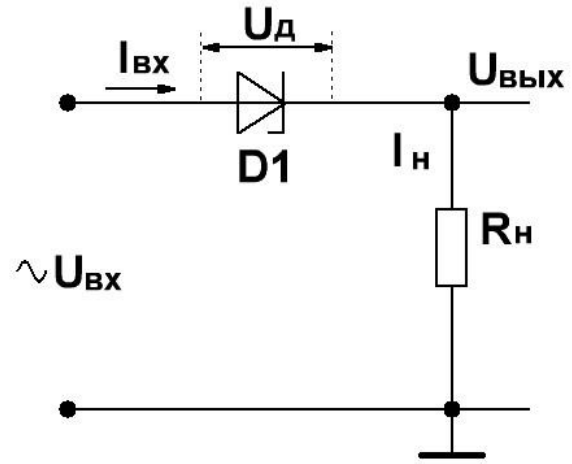


б)

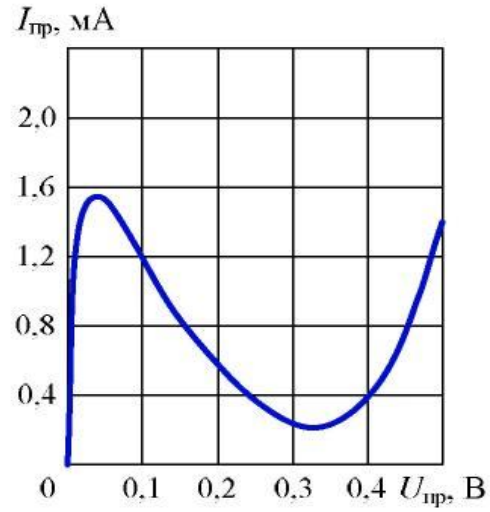


е)

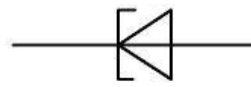
Схемы включения стабилитронов и особенности их работы



Тунельный и обращённый диод

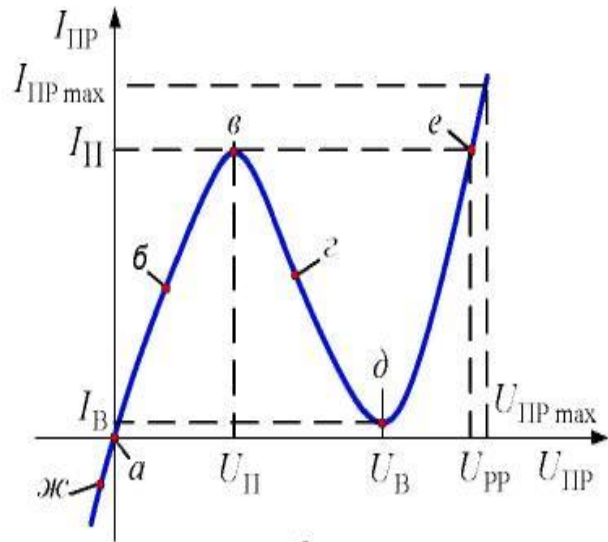


б

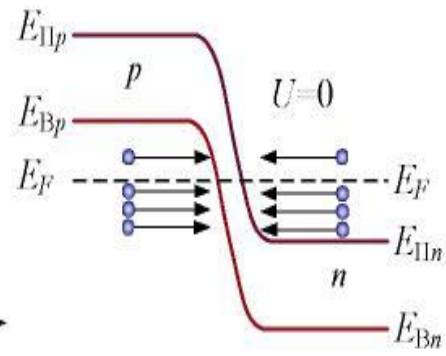


в

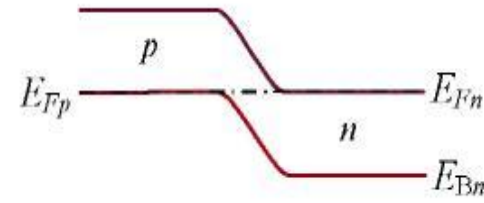
а



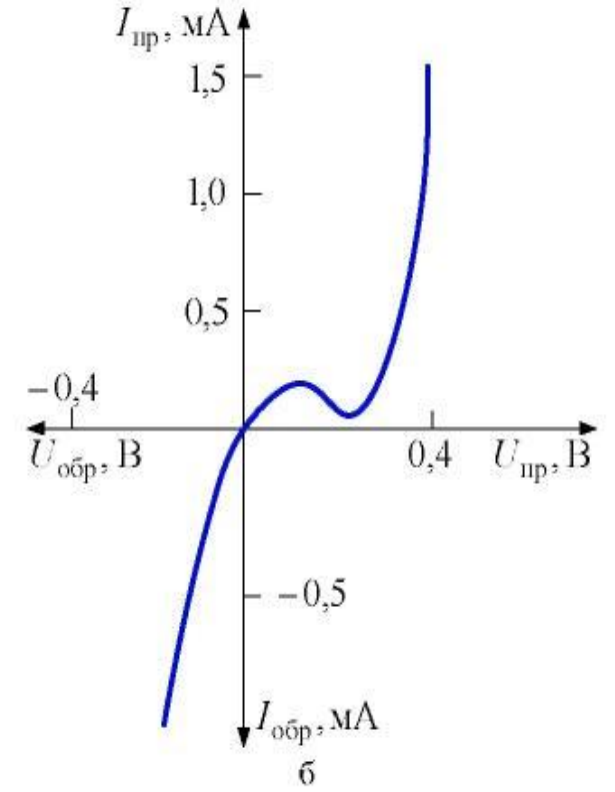
а



б

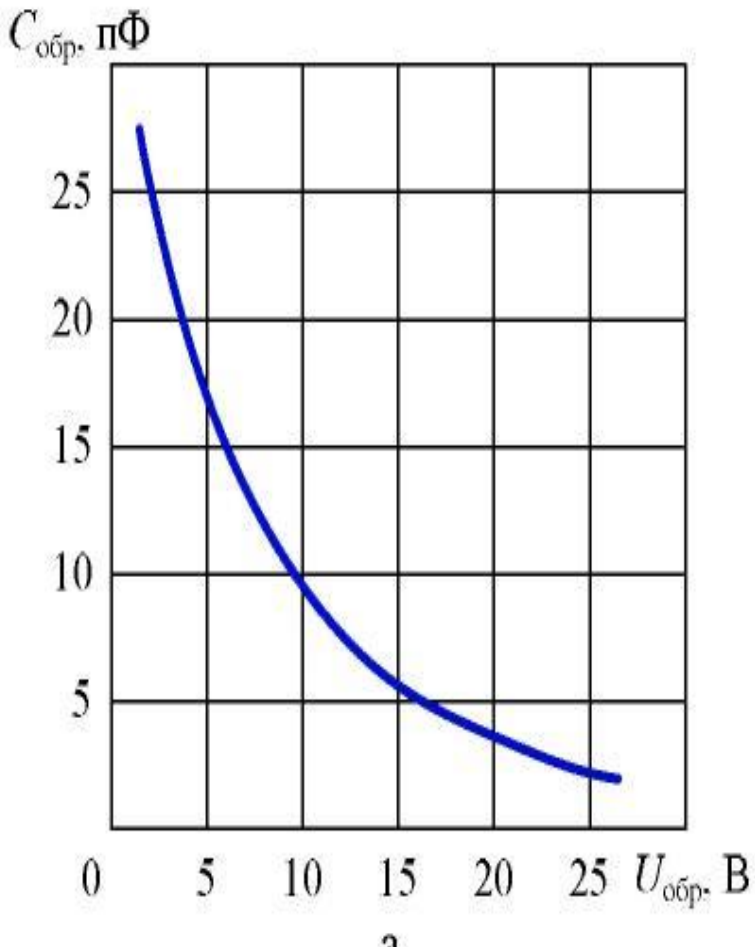


а



б

ВАРИКАП



- **Основные параметры варикапов**
- C_n - номинальная ёмкость
- $Q = X_c / r_{пот}$ - добротность
- $K_C = C_{max} / C_{min}$ - коэффициент перекрытия
- $\alpha_T = \Delta C / C * \Delta T$ - температурный коэффициент

