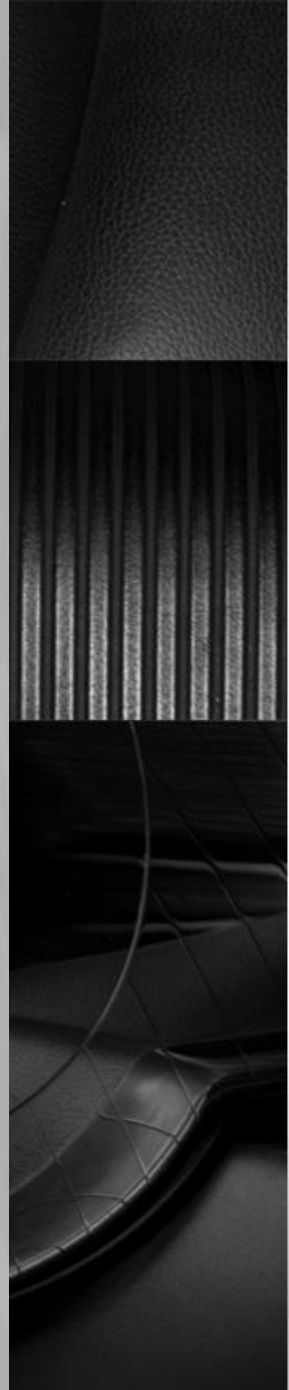


# Технические характеристики выключателей



# Основные ГОСТы на ЭАВН

- ГОСТ 17703-72 «Аппараты электрические коммутационные. Термины и определения»
- ГОСТ Р 52565-2006 - Выключатели переменного тока на напряжения от 3 до 750 кВ. Общие технические условия.
- ГОСТ 14693-90 – Устройства комплектные распределительные негерметизированные в металлической оболочке на напряжение до 10 кВ. Общие технические условия
- ГОСТ Р 52726 - 2007 Разъединители и заземлители переменного тока на напряжение свыше 1 кВ и приводы к ним Общие технические условия
- ГОСТ ГОСТ 14794-79 Реакторы токоограничивающие бетонные. Технические условия.
- ГОСТ Р МЭК 60044 Измерительные трансформаторы

# Основные ГОСТы, используемые совместно с ГОСТами на оборудование

- ГОСТ 15150-69 Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов
- ГОСТ 15543.1-89 (2002) Изделия электротехнические. Общие требования в части стойкости к климатическим внешним воздействующим факторам
- ГОСТ 1516.3-96 Электрооборудование переменного тока на напряжения от 1 до 750 кВ. Требования к электрической прочности изоляции.
- ГОСТ 9920-89 Электроустановки переменного тока на напряжение от 3 до 750 кВ. Длина пути утечки внешней изоляции.
- ГОСТ 8024-90 Аппараты и электротехнические устройства переменного тока на напряжение свыше 1000 В. Нормы нагрева при продолжительном режиме работы и методы испытаний

# Основные параметры выключателей

- К основным номинальным параметрам выключателей в соответствии с рекомендациями Международной электротехнической комиссии (МЭК) относятся:
  - номинальное напряжение  **$U_{ном}$** ;
  - наибольшее рабочее напряжение  **$U_{н.р}$** ;
  - номинальный уровень изоляции в киловольтах;
  - номинальная частота ;
  - номинальный ток  **$I_{ном}$** ;
  - номинальный ток отключения  **$I_{о.ном}$** ;
  - номинальный ток включения  **$I_{в.ном}$** ;
  - номинальное переходное восстанавливающееся напряжение (ПВН) при КЗ на выводах выключателя;
  - номинальные параметры при неудаленных КЗ;
  - номинальная длительность КЗ;
  - номинальная последовательность операций (номинальные циклы);
  - нормированные показатели надежности и др.

# 1. Номинальное напряжение

$U_{\text{ном}}$  — [кВ<sub>действ</sub>] ГОСТ 1516.3-93

—Номинальное междуфазное (линейное) напряжение, действующее значение, кВ, в которой аппарат должен работать.

$U_{\text{н раб}} = (1,2-1,05) U_{\text{ном}}$  - Наибольшее рабочее напряжение (номинальное напряжение по МЭК), действующее значение, кВ

## Классы номинальных напряжений

$U_{\text{ном}}$	3	6	10	15	20	35	110	150	220	330	500	750
$U_{\text{н раб}}$	3,6	7,2	12,0	17,5	24,0	40,5	126	172	252	363	525	787

## Испытательные напряжения аппаратов

U <sub>ном</sub> , кВ		Испытательные напряжения, кВ			
		50 Гц, 1 мин		Импульс 1,2/ 50 мкс	
ГОСТ	МЭК	ГОСТ	МЭК	ГОСТ	МЭК
6	7,2	20/32*	20	60	60
10	12	28/42	28	75	75
20	24	50/65	50	125	125
35	35	80/95	80	190	

Примечание: а/б (20/32)– проверка изоляции на отсутствие ЧР/ без проверки изоляции на отсутствие ЧР

(В соответствии с ГОСТ 1516.3-96)


## 2. Номинальный ток

- $I_{\text{ном}}$  — [А] действующий ток номинальный
- Для АВН, которые в процессе эксплуатации обтекаются током нагрузки, важным параметром является номинальный ток.
- Согласно ГОСТ Р 52565-2006 устанавливаются следующие номинальные токи:
  - 200, 400, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000, 2500, 3150, 4000, 5000, 6300, 8000, 10000, 12500, 16000, 20000, 25000, 31 500 А.
- $I_{\text{ном}}$  — действующее значение длительно протекающего тока, который вызывает нагрев элементов ТВС, не превышающий допустимый по ГОСТ.

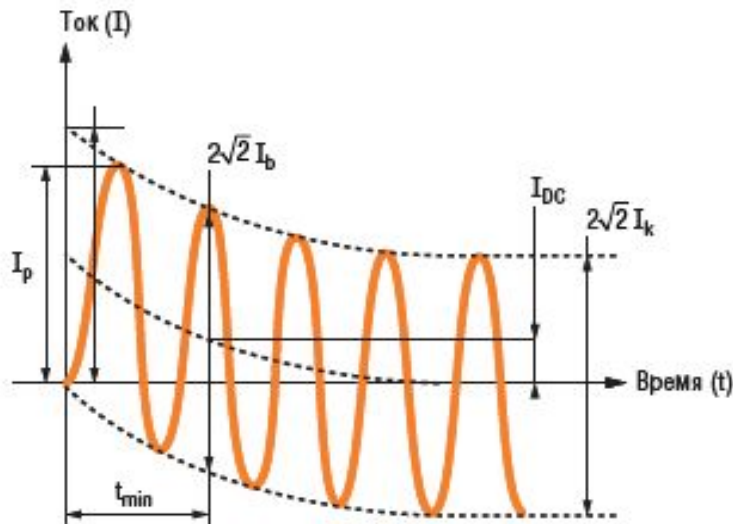
### 3. Номинальный ток отключения

- $I_{o,ном}$  — номинальный ток отключения
- Коммутационная отключающая способность выключателя характеризуется номинальным током отключения  $I_{o,ном}$ , который может отключить выключатель при наибольшем рабочем напряжении и нормированных условиях восстановления напряжения.
- Ток отключения характеризуется действующим значением его периодической составляющей  $I_{o,п}$ , отнесенной к моменту возникновения дуги (момент размыкания дугогасительных контактов) и называемой номинальным током отключения  $I_{o,ном}$
- Установлен следующий номинальный ряд:
- 2,5; 3,2; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 35,5; 40; 45; 50; 56; 63; 71; 80; 90; 100; 112; 125; 140; 160; 180; 200; 224; 250 кА



- 
- Номинальный ток отключения— это действующее значение периодической составляющей тока КЗ в момент расхождения контактов выключателя (МРК), который должен отключаться аппаратом при следующих условиях:
    - 1) при нормированном содержании апериодической составляющей;
    - 2) при циклах операций, предусмотренных ГОСТ;
    - 3) при напряжении сети  $U=U_{н, раб}$ ,
    - 4) при условиях восстановления напряжения согласно ГОСТ
  - *$I$ —это наибольший ток КЗ, который выключатель способен отключить в заданных условиях в цепи с возвращающимся напряжением промышленной частоты, соответствующим наибольшему рабочему напряжению выключателя и с заданным переходным восстанавливающимся напряжением, равным номинальному.*

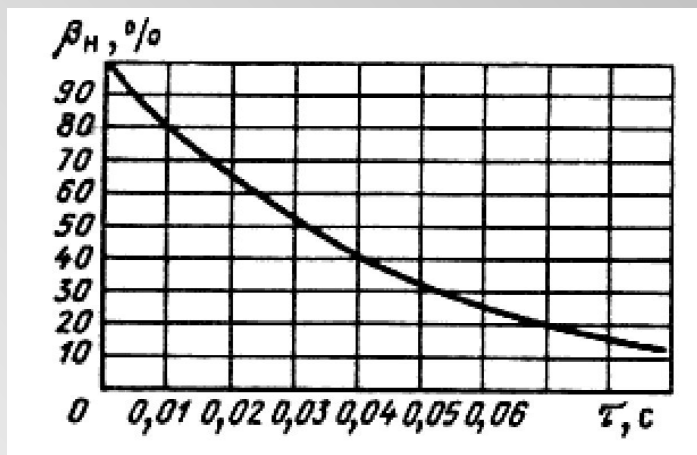
# Максимальное значение тока короткого замыкания



**Рис. С5:** Графическое представление величин короткого замыкания согласно МЭК 60909

- $I''_k$ : среднее квадратическое значение начального тока симметричного короткого замыкания
- $I_b$ : среднее квадратическое значение тока симметричного короткого замыкания, отключаемого выключателем, когда размыкается первый полюс при  $t_{min}$  (при минимальном запаздывании)
- $I_k$ : среднее квадратическое значение установившегося тока симметричного короткого замыкания
- $I_p$ : максимальное мгновенное значение (амплитуда тока при первом максимуме – ударный ток короткого замыкания)
- $I_{DC}$ : величина апериодической составляющей тока

# Апериодическая составляющая



$\beta_n$  – нормированное значение апериодической составляющей

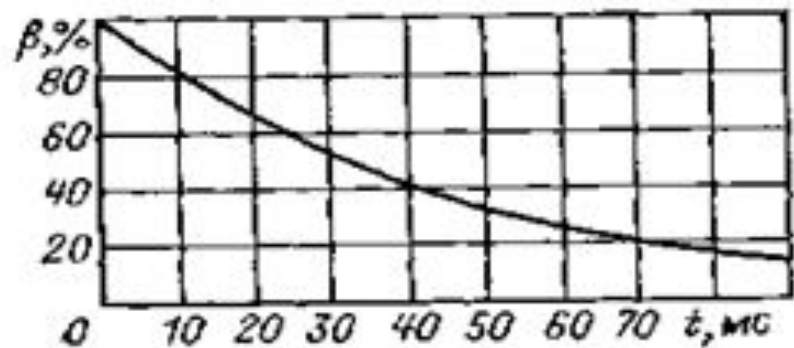
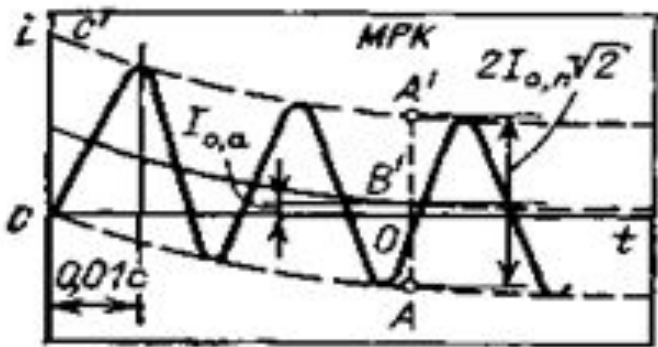
$\tau$  – время (момент отключения выключателя или момент размыкания контактов МРК)

$$\tau = t_{3, \min} + t_{\text{с.в}} = 0,01 + t_{\text{с.в}}$$

, где  $t_{3, \min}$  – минимальное время срабатывания релейной защиты (0,01 с),  $t_{\text{с.в}}$  – собственное время выключателя

$$\beta_n = \frac{i_{\text{а, ном}}}{\sqrt{2} I_{\text{отк, ном}}} 100.$$

# Определение значения тока динамической стойкости(ударного тока)



Т.к.  $i = I_{0, \text{НОМ}} \sqrt{2} * (1 + \beta/100)$ , то, считая  $\beta = 0,8$ ,

можно определить  $i_{\text{уд}} = 1,8\sqrt{2} I_{0, \text{НОМ}} = 2,55 I_{0, \text{НОМ}}$ , или ток динамической стойкости.

# Режимы работы выключателя

- Дистанционное оперативное включение и отключение
- Ручное неоперативное включение и отключение
- Автоматическое повторное включение в циклах:  
О-0,3с-ВО; О-0,3с-ВО-180с-ВО; О-0,3с-ВО-15с-ВО
- Отключение и включение номинальных токов
- Автоматическое отключение и включение токов короткого замыкания

# Электрическая дуга и процессы в ней.

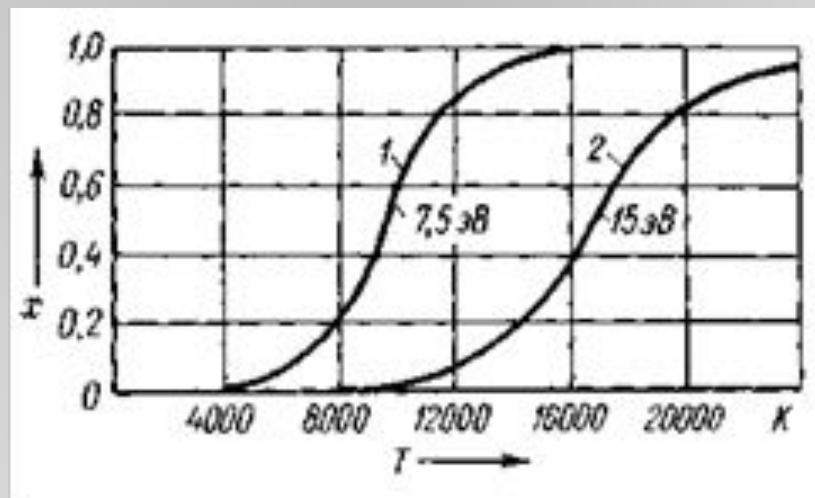
## Ионизация и деионизация.

Основными видами **ионизации** дугового промежутка являются:

- Объемная: ударная, термическая, фотоионизация.
- Поверхностная: автоэлектронная, термоэлектронная, фотоэлектронная, вторичная ионная

## Деионизация

- Рекомбинация
- Диффузия



Зависимость степени ионизации от

температуры



# Виды дуг

## **По условиям гашения:**

- Короткие дуги, гашение которых обуславливается процессами на электродах
- Длинные (плазменные), гашение которых обуславливается процессами в канале дуги.

## **По характеру внешних воздействий:**

- Стабилизированные, горящие в трубе
- Открытые, свободно горящие в воздухе
- Обдуваемые, подвергаемые воздействию продольного или поперечного потока газа
- Щелевые, горящие в щели, образованной стенками из теплостойкого изоляционного материала

# По форме:

- диффузная дуга (рассеянная)- обычно дуга с небольшим током  $<1000\text{A}$  горит в рассеянном виде
- канальная (сжатая) при больших токах. Переход зависит от электродов и скорости изменения тока.





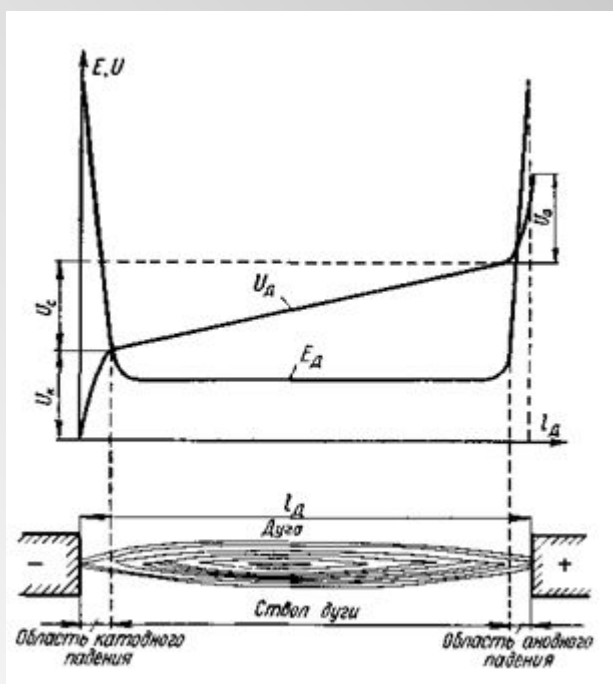
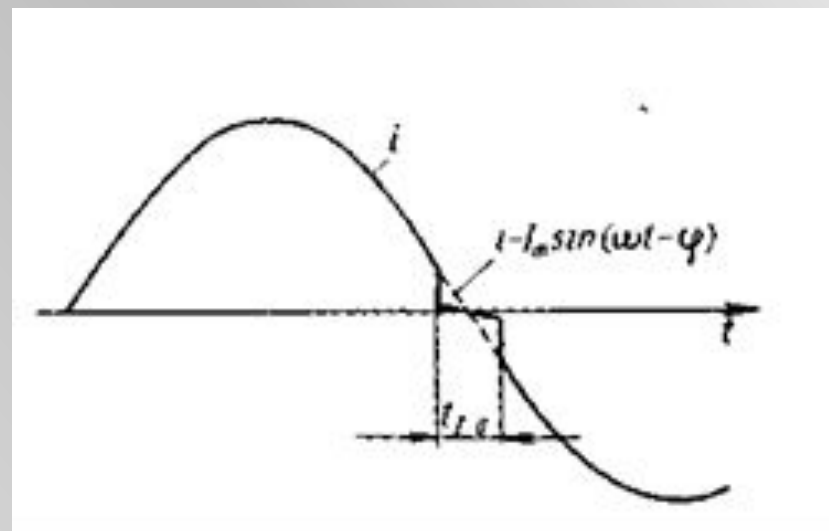
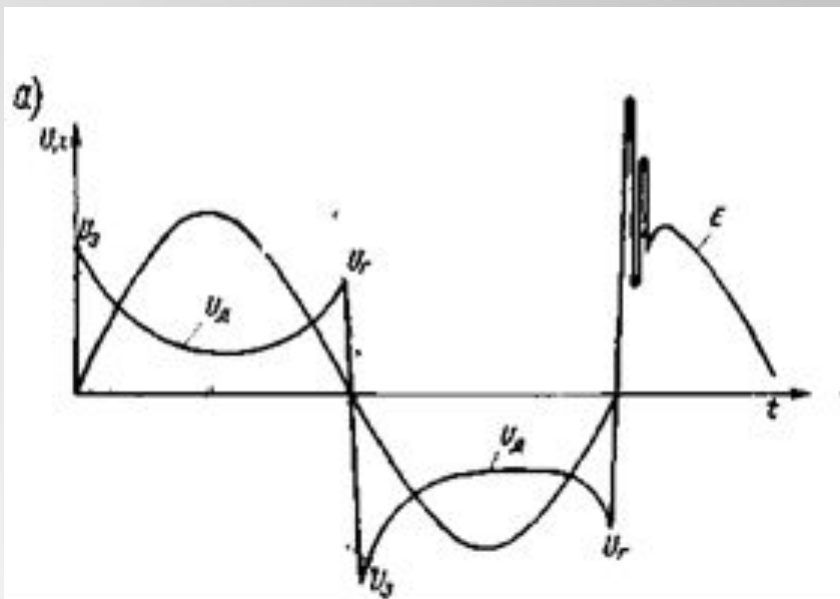
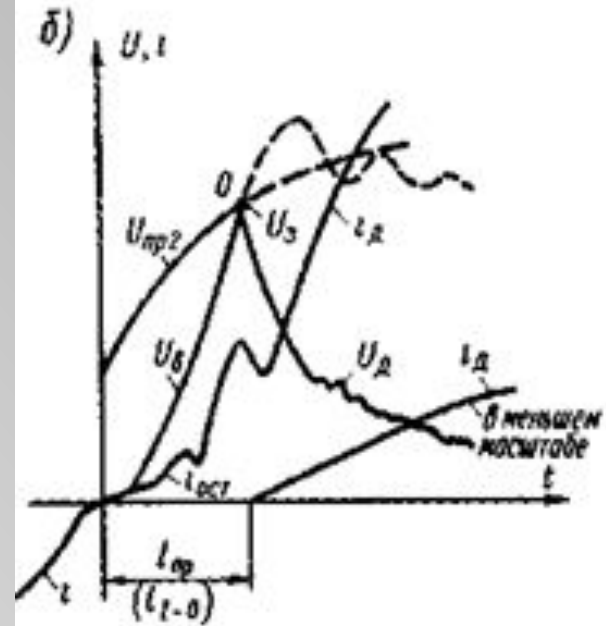
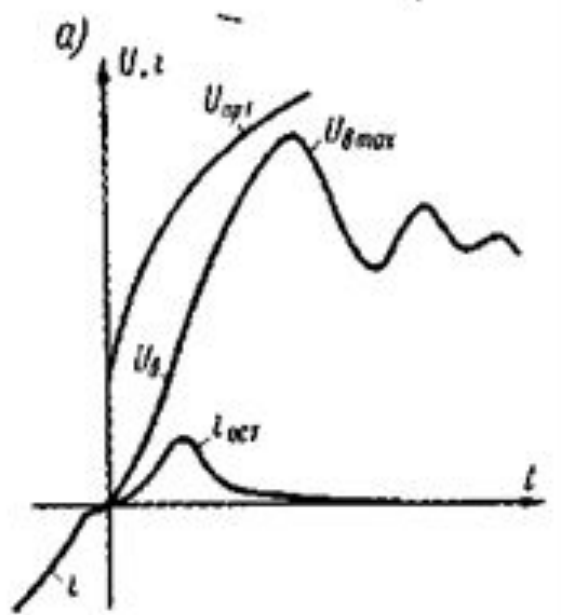
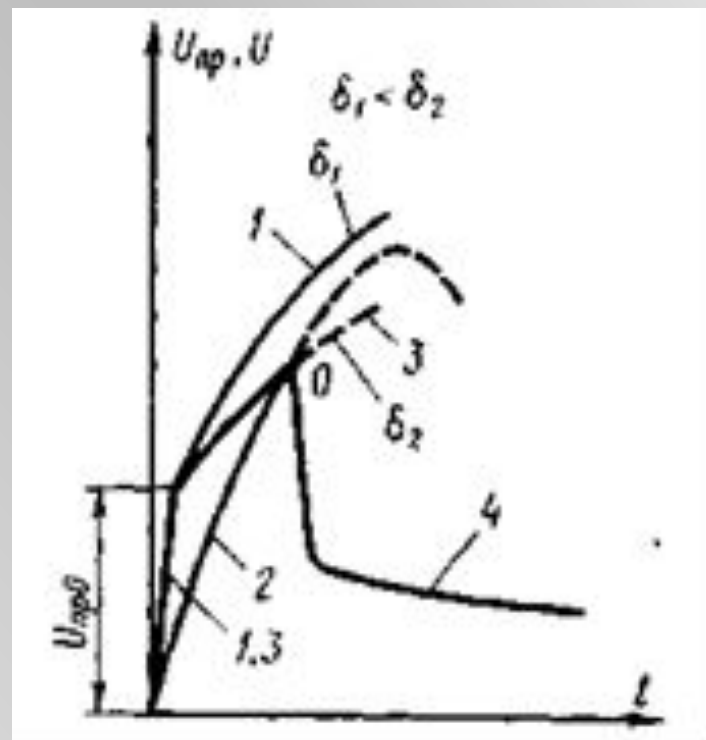
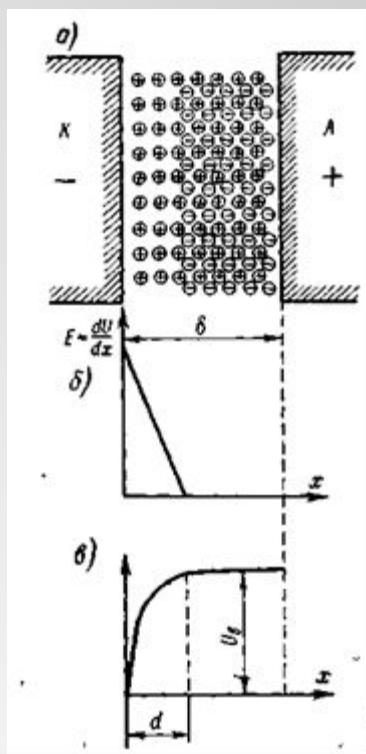
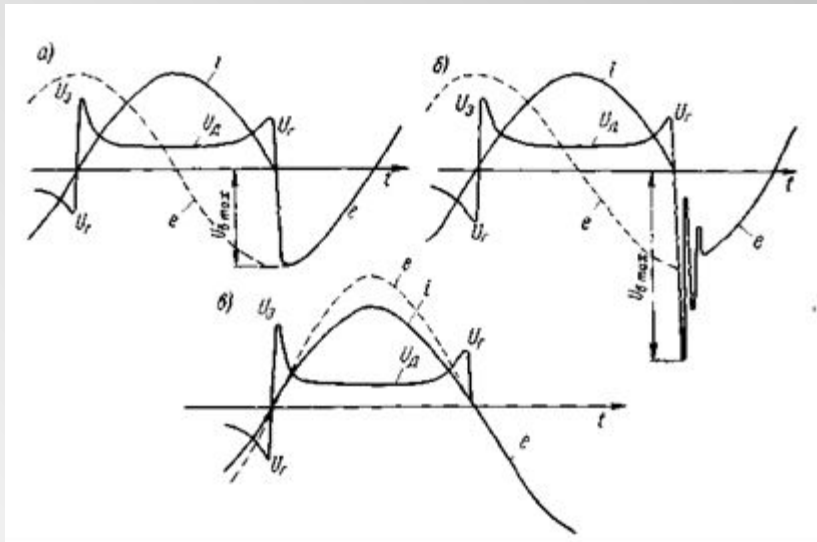


Рис 5-3 Вольт-амперные характеристики дуги постоянного тока









$$f_{U_0} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

