

# Источники электропитания

ЗИ - 309



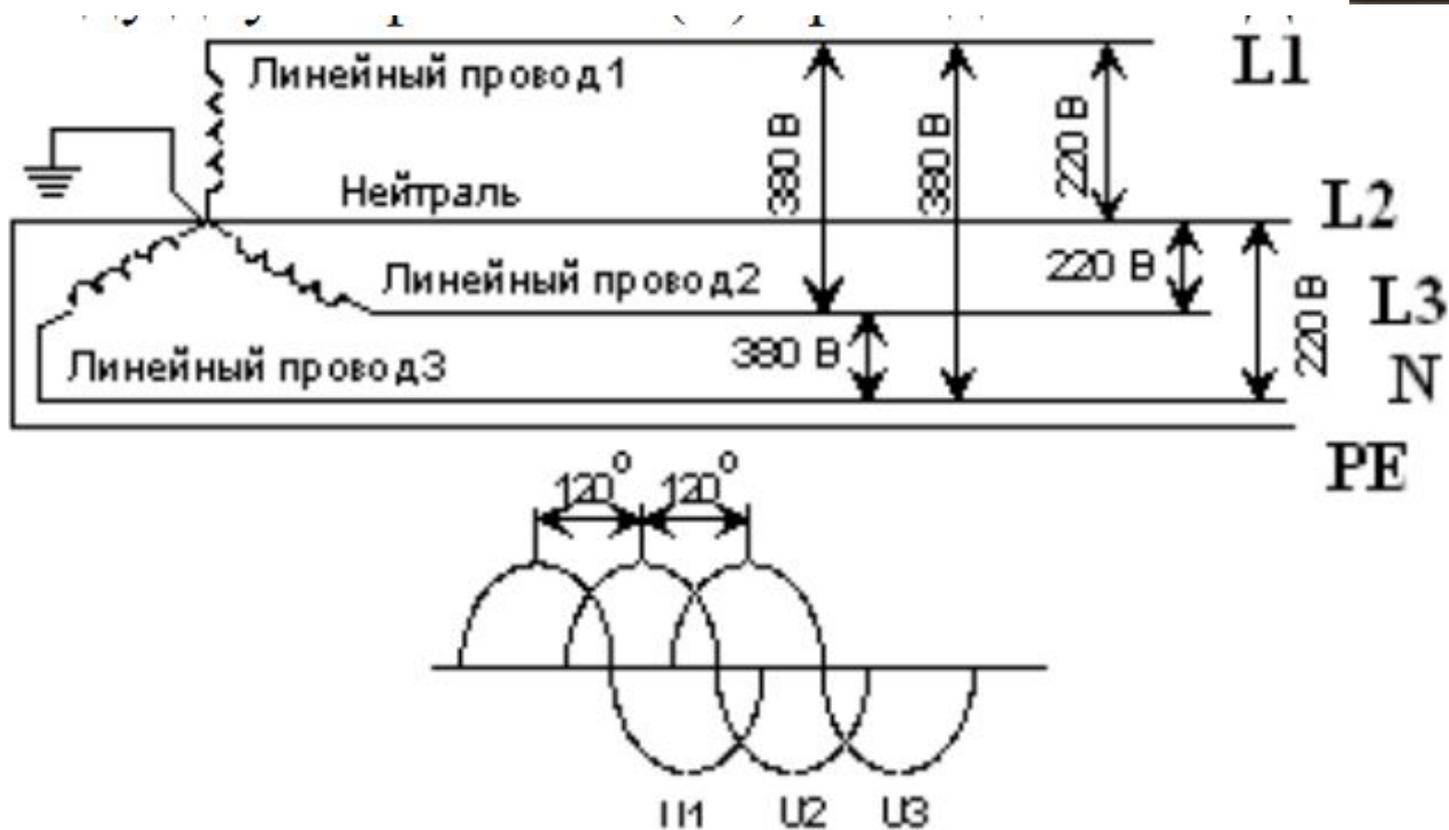
Для получения итоговой оценки  
требуется:

- Посещение лекций
- Защита **всех** лабораторных работ
- Защита курсовой работы +  
коллоквиум по теории
- Сдача экзамена

# Организация электропитания Основные понятия электрической сети



# М.О. Доливо-Добровольский



# ГОСТ 13109-87



**Не менее 95 % времени каждых**

**суток:**

- Напряжение 209-231 В

- Частота 49.8-50.2 Гц
- Коэффициент несинусоидальности  $\leq 5$

**Остальные 5 % времени**

**суток:**

- Напряжение 198-242 В

- Частота 49.6-50.4 Гц
- Коэффициент несинусоидальности  $\leq 10$   
%

# ГОСТ Р 50628-93 по устойчивости к электромагнитным помехам.

Вид внешней помехи	Группа	
	I	II
<b>Электростатические разряды:</b>		
- контактные	2-4 кВ	4-6 кВ
- воздушные	2-4 кВ	4-8 кВ
<b>Наносекундные импульсные помехи:</b>		
- в цепях питания	0.5 кВ	1 кВ
- в цепях ввода-вывода	0.5 кВ	0.5 кВ
<b>Динамические изменения напряжения питания:</b>		
- провалы напряжения	154 В на 200 мс	154 В на 500 мс
- прерывания напряжения	0 В на 20 мс	0 В на 100 мс
- выбросы напряжения	264 В на 200 мс	264 В на 500 мс
<b>Микросекундные импульсы большой энергии</b>	500 В	1000 В
<b>Радиочастотные электромагнитные поля</b>	1 В/м	3 В/м

# Сбои электропитания

1. **Провалы напряжения** - кратковременные понижения напряжения, связанные с резким увеличением нагрузки в сети **87 %**
2. **Высоковольтные импульсы** - кратковременное (на наносекунды или единицы микросекунд) сильное увеличение напряжения **7,4%**
3. **Полное отключение напряжения** **4.7 %**
4. **Слишком большое напряжение** **0.7 %**

**Вид сбоя  
электропитания**

**Причина возникновения**

**Возможные следствия**

**Пониженное  
напряжение,  
провалы  
напряжения**

Перегруженная сеть, неустойчивая работа системы регулирования напряжения сети, подключение потребителей, мощность которых сравнима с мощностью участка электрической сети

Перегрузки блоков питания электронных приборов и уменьшение их ресурса. Отключение оборудования при недостаточном для его работы напряжении. Выход из строя электродвигателей. Потери данных в компьютерах.

**Повышенное  
напряжение**

Недогруженная сеть, недостаточно эффективная работы системы регулирования, отключение мощных потребителей

Выход из строя оборудования. Аварийное отключение оборудования с потерей данных в компьютерах.

**Высоковольтные  
импульсы**

Атмосферное электричество, включение и отключение мощных потребителей, запуск в эксплуатацию части энергосистемы после аварии.

Выход из строя чувствительного оборудования.

**Электрический шум**

Включение и отключение мощных потребителей. Взаимное влияние работающих неподалеку электроприборов.

Сбои при выполнении программ и передаче данных. Нестабильное изображение на экранах мониторов и в видеосистемах.

**Полное отключение  
напряжения**

Срабатывание предохранителей при перегрузках, непрофессиональные действия персонала, аварии на линиях электропередач.

Потери данных. На очень старых компьютерах - выход из строя жестких дисков.

Гармонические  
искажения  
напряжения

Значительную долю нагрузки сети составляют нелинейные потребители, оснащенные импульсными блоками питания (компьютеры, коммуникационное оборудование). Неправильно спроектирована электрическая сеть, работающая с нелинейными нагрузками, перегружен нейтральный провод.

Помехи при работе чувствительного оборудования (радио и телевизионные системы, измерительные комплексы и т.д.)

Нестабильная  
частота

Сильная перегрузка энергосистемы в целом.  
Потеря управления системой.

Перегрев трансформаторов. Для компьютеров само по себе изменение частоты не страшно. Нестабильная частота является лучшим индикатором неправильной работы энергосистемы или ее существенной части.

# Перегрузки

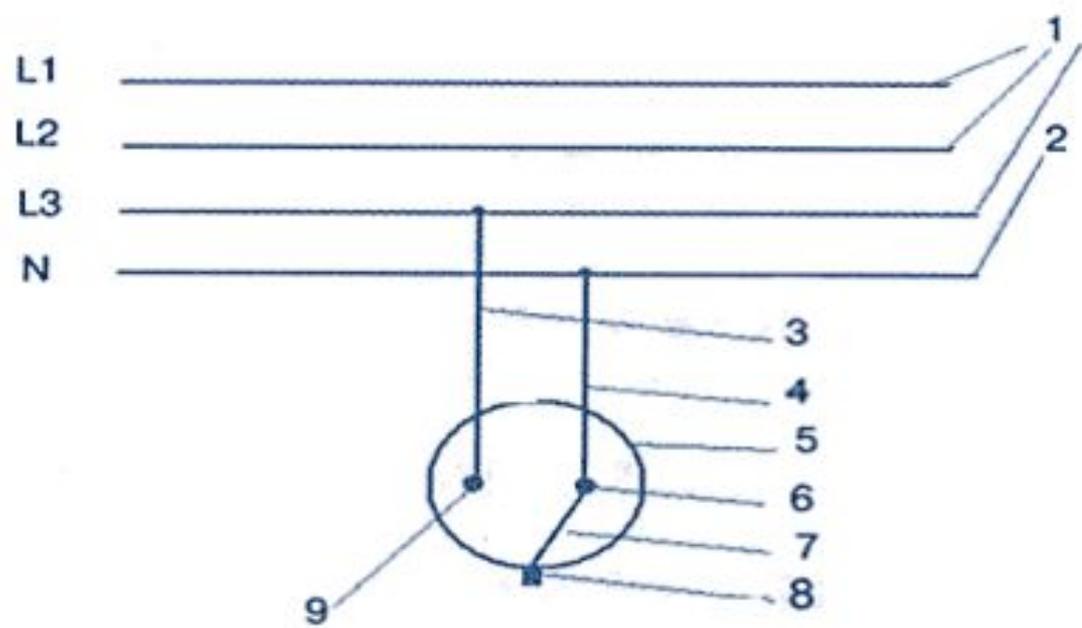
- Ситуации, когда ток в сети выше номинального или предельно допустимого для участка электрической сети

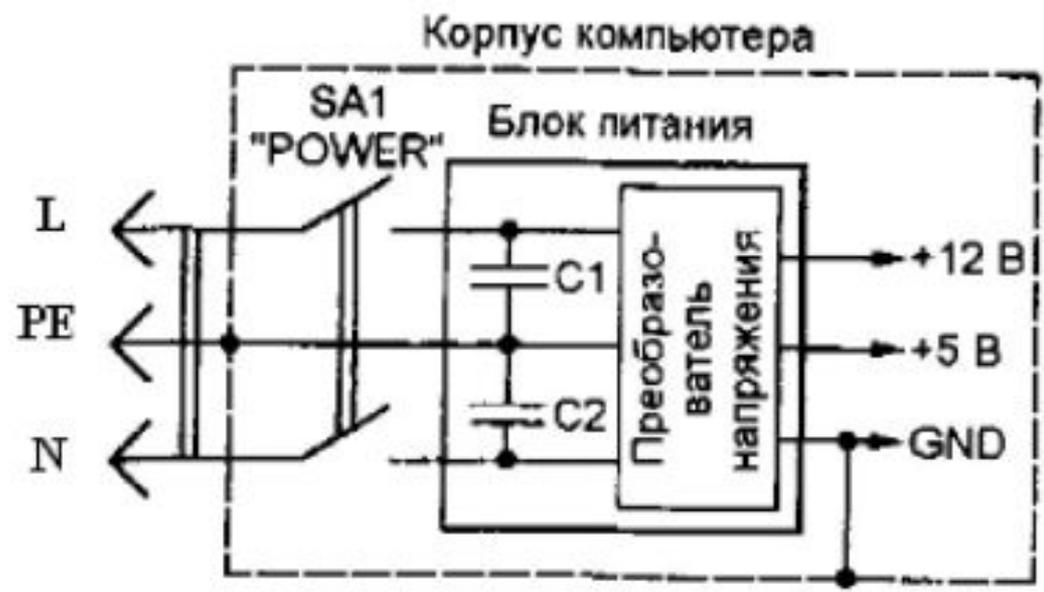
# Схема включения средств вычислительной техники в электрическую цепь

Должна обеспечивать функции:

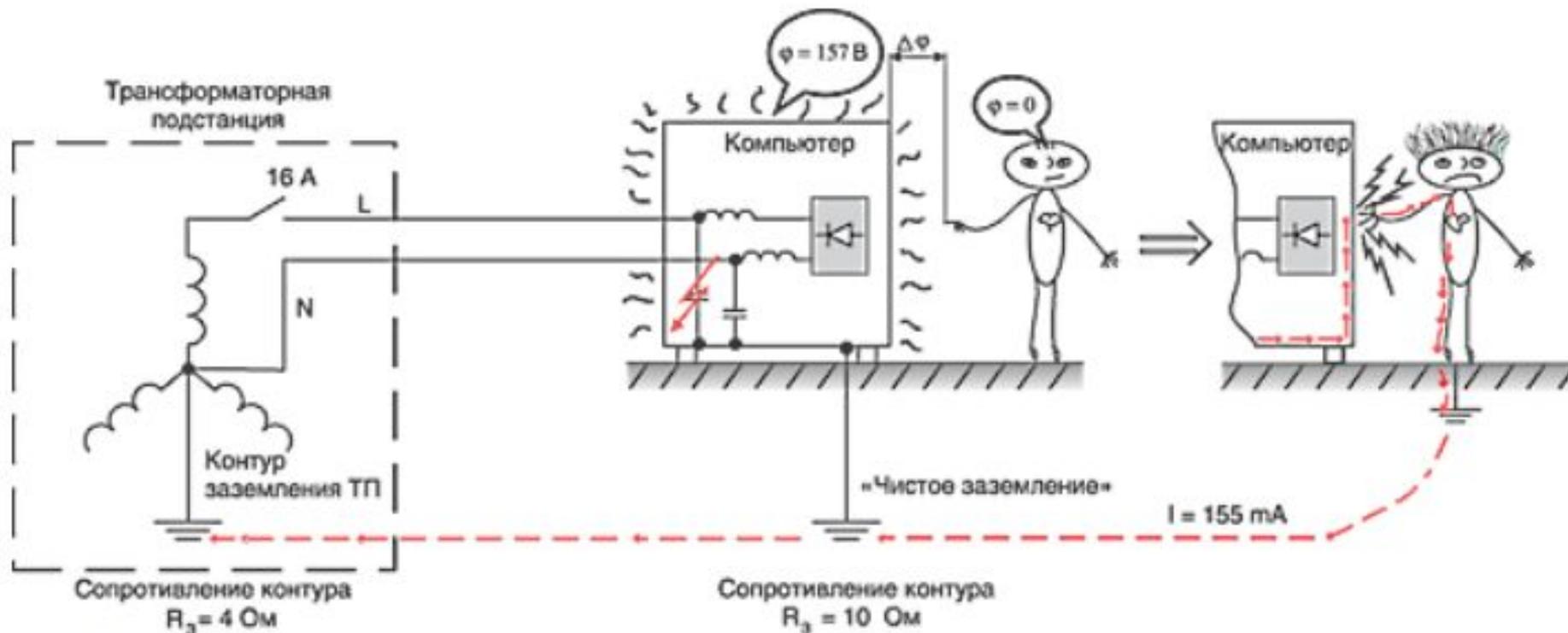
1. Безусловной защиты персонала, работающего с СВТ, от поражения электрическим током;
2. Безусловной защиты персонала, работающего с СВТ, от вредного воздействия ЭМП;
3. Защиту СВТ и других потребителей от взаимных помех.
4. Обеспечить электрическое питание СВТ.







# Возможные причины поражения электрическим током при применении выделенного контура заземления на СВТ



# Безопасная система заземления





**Аббревиатура букв расшифровывается так:**

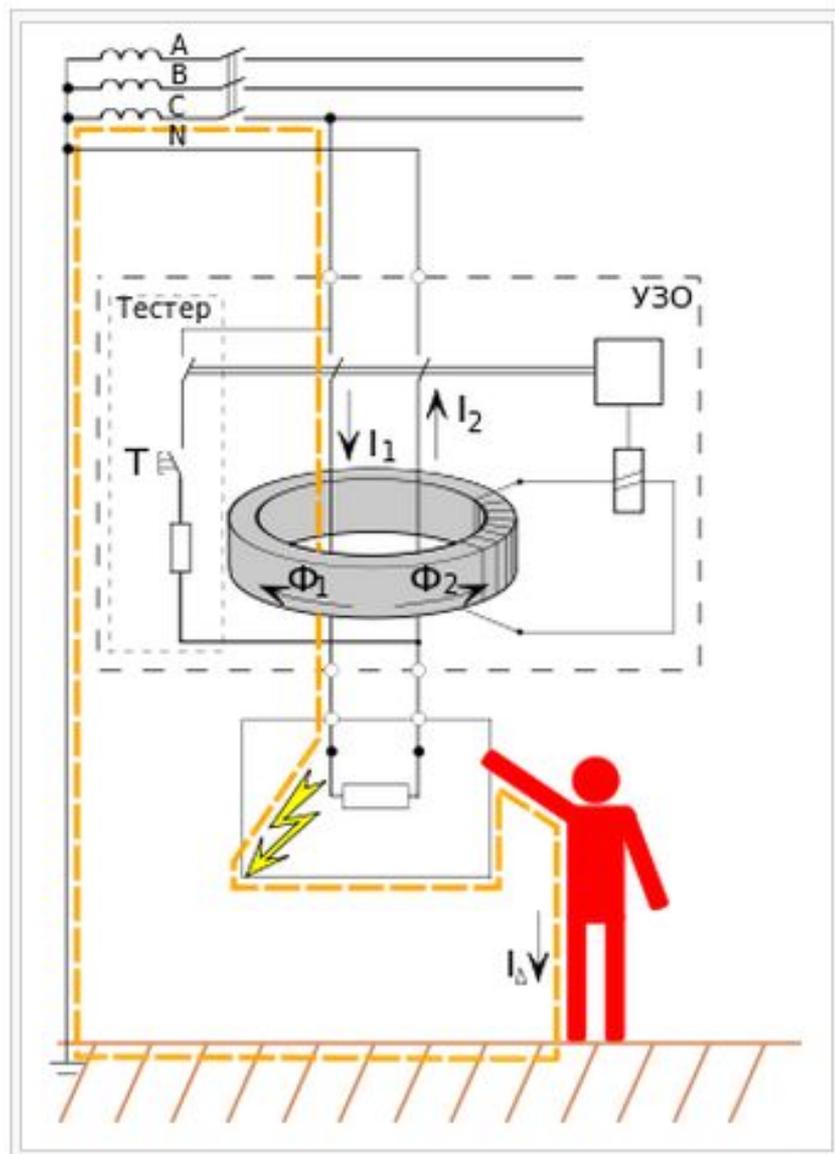
- T (terre — земля) — заземлено;
- N (neuter — нейтраль) — присоединено к нейтралю источника (занулено);
- I (isole) — изолировано.

**В ГОСТ введены обозначения нулевых проводников:**

- N — нулевой рабочий проводник;
- PE — нулевой защитный проводник;
- PEN — совмещенный нулевой рабочий и защитный проводник заземления.

# Устройство защитного отключения





# Электрический ток

$$i = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{dq}{dt}.$$

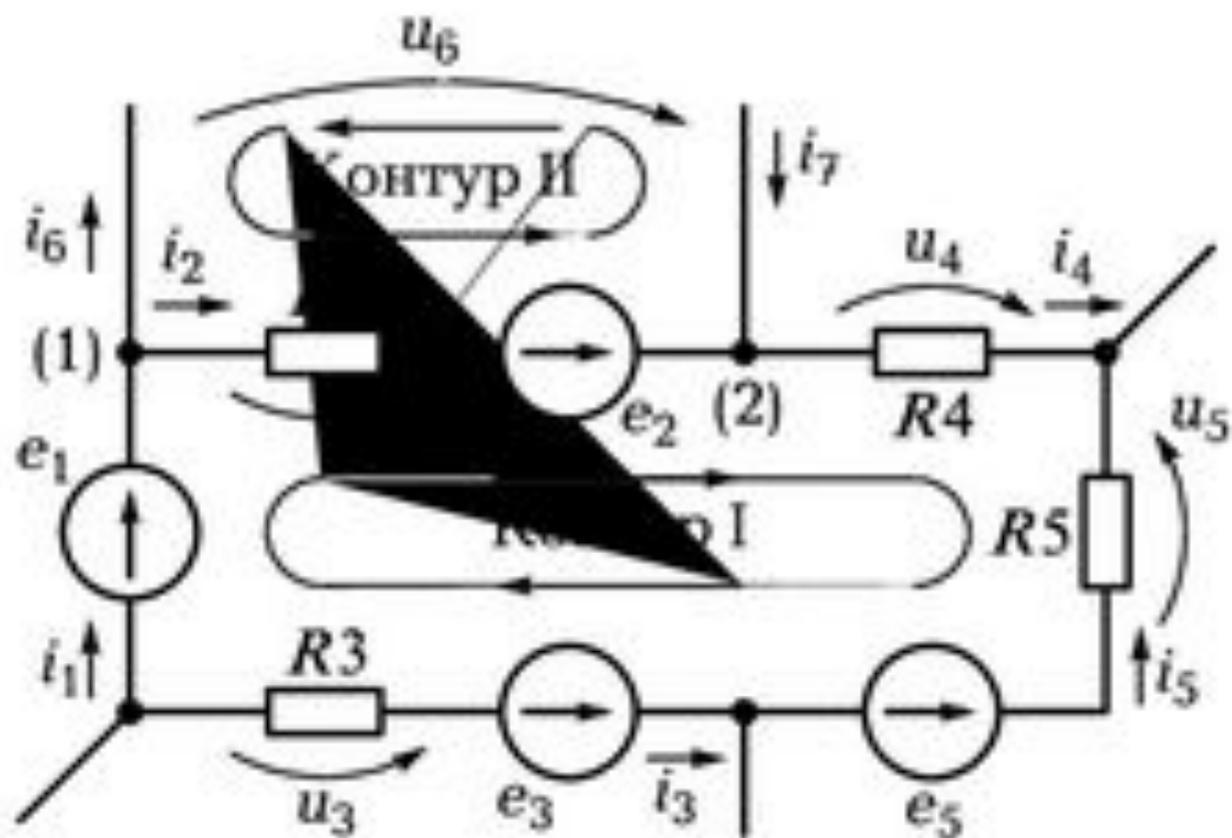
# Напряжение

$$u_{12} = \varphi_1 - \varphi_2 = \lim_{\Delta q \rightarrow 0} \frac{\Delta w}{\Delta q} = \frac{dw}{dq}.$$

# Правила Кирхгофа

$$\sum_{j=1}^n I_j = 0.$$

$$\sum_{k=1}^n e_k = \sum_{k=1}^n u_k.$$



узел (1):  $i_1 - i_2 - i_6 = 0$ ;

узел (2):  $i_2 + i_7 - i_4 = 0$ ;

контур I:  $u_2 + u_4 - u_5 - u_3 = e_1 + e_2 - e_5 - e_3$ ;

контур II:  $u_2 - u_6 = e_2$ .

# Элементы электрической цепи

$$u = iR, \text{ или } i = \frac{u}{R},$$

$$G = \frac{1}{R} = \frac{i}{u}.$$

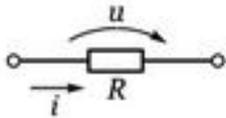


Рис. 1.4. Резистивный элемент

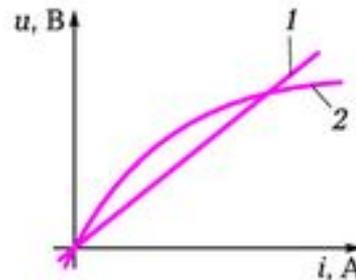


Рис. 1.5. ВАХ резистора:  
1 — линейного; 2 — нелинейного

# Ёмкостной элемент

$$u_C = \frac{1}{C} \int i_C dt; i_C = \frac{dq}{dt} = C \frac{du_C}{dt}.$$

$$C = \frac{q}{u_C}.$$

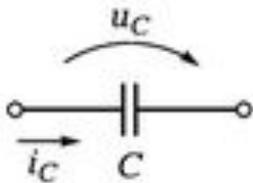


Рис. 1.6. Ёмкостной элемент

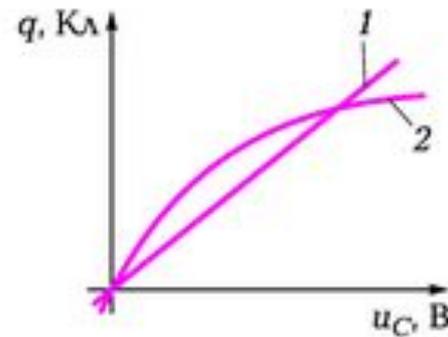
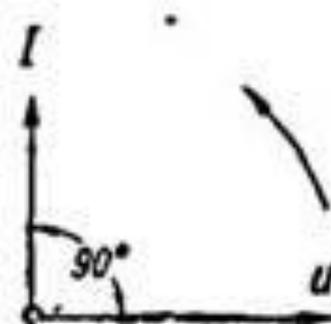
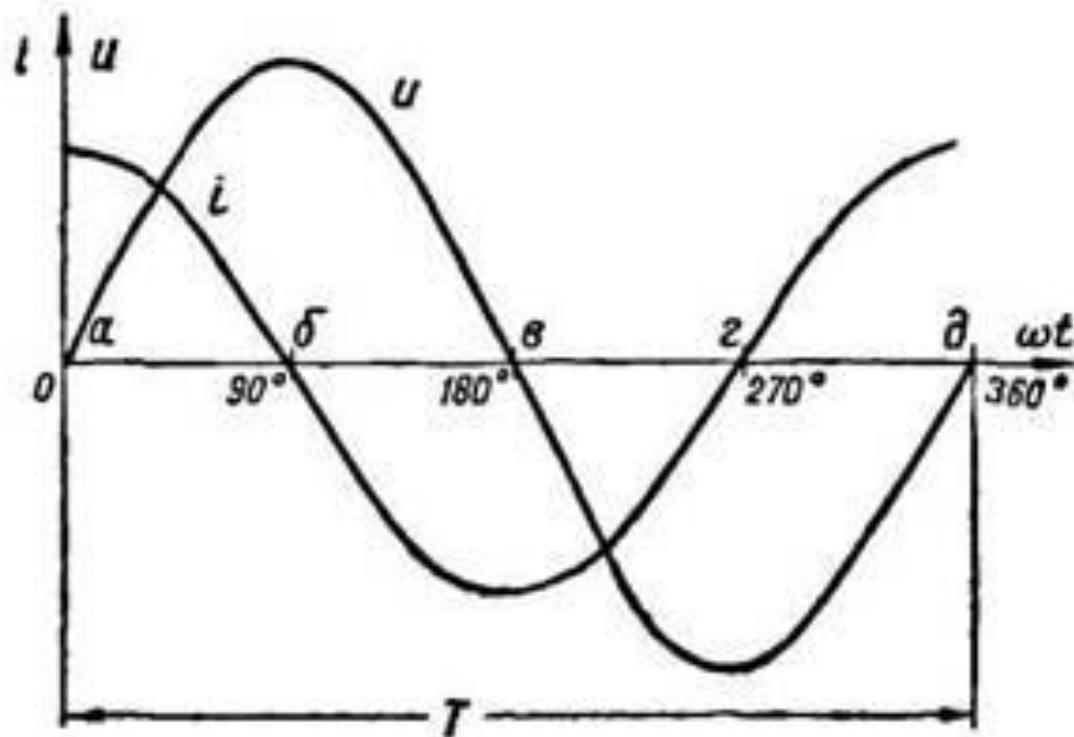


Рис. 1.7. Характеристика ёмкостного элемента:

1 — линейного; 2 — нелинейного

$$I_c = C \frac{dU(t)}{dt}$$



Фиг. 149. Графики и векторная диаграмма для цепи переменного тока, содержащей емкость

# ИНДУКТИВНЫЙ ЭЛЕМЕНТ

$$u_L = L \frac{di_L}{dt}; \quad i_L = \frac{1}{L} \int u_L dt.$$

$$\Psi = \sum_{k=1}^n \Phi_k,$$

$$L = \frac{\Psi}{i_L}$$

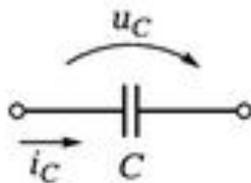


Рис. 1.6. Емкостной элемент

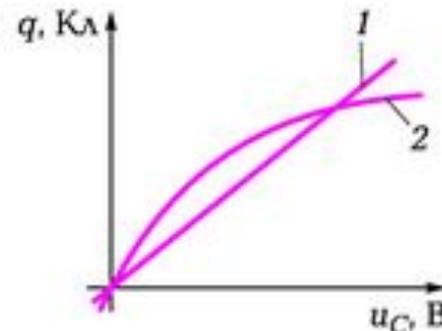
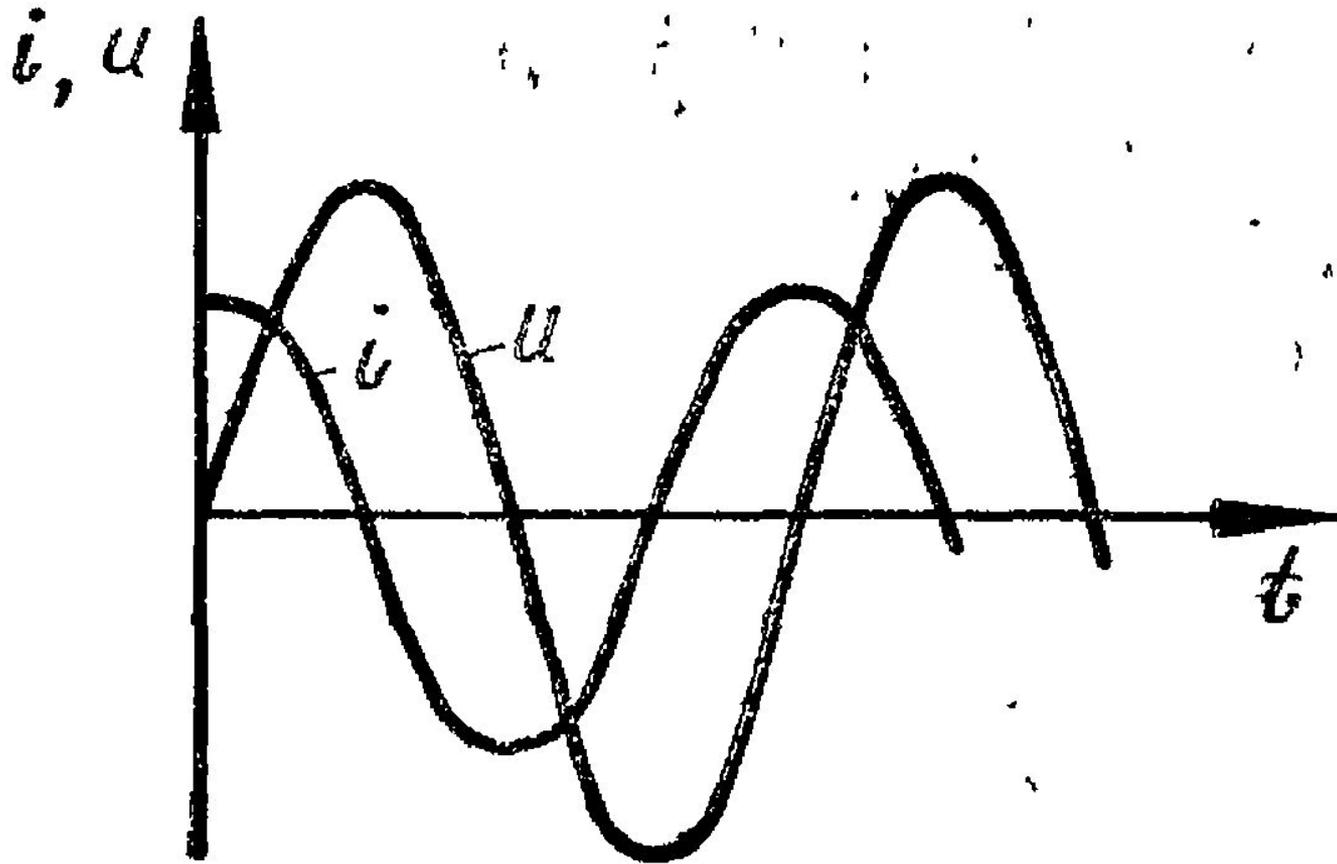


Рис. 1.7. Характеристика емкостного элемента:

1 — линейного; 2 — нелинейного

$$U_L = L \frac{dI(t)}{dt}$$



$$\begin{aligned}u_L(t) &= L \frac{di_L(t)}{dt} = L \frac{d(I\sqrt{2}\sin(\omega t))}{dt} = L\omega I\sqrt{2}\sin(\omega t + 90^\circ) = \\ &= U\sqrt{2}\sin(\omega t + 90^\circ).\end{aligned}$$

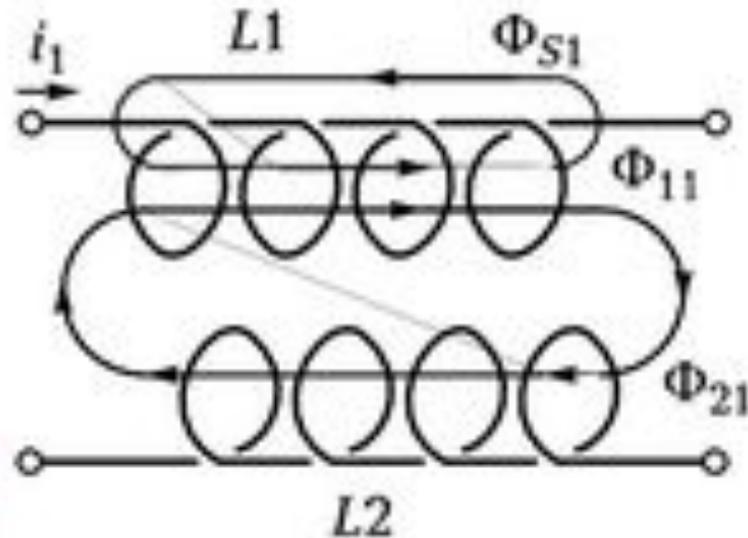
# Сопротивление реактивных элементов

$$X_C = \frac{1}{\omega C}, \quad X_L = \omega L$$

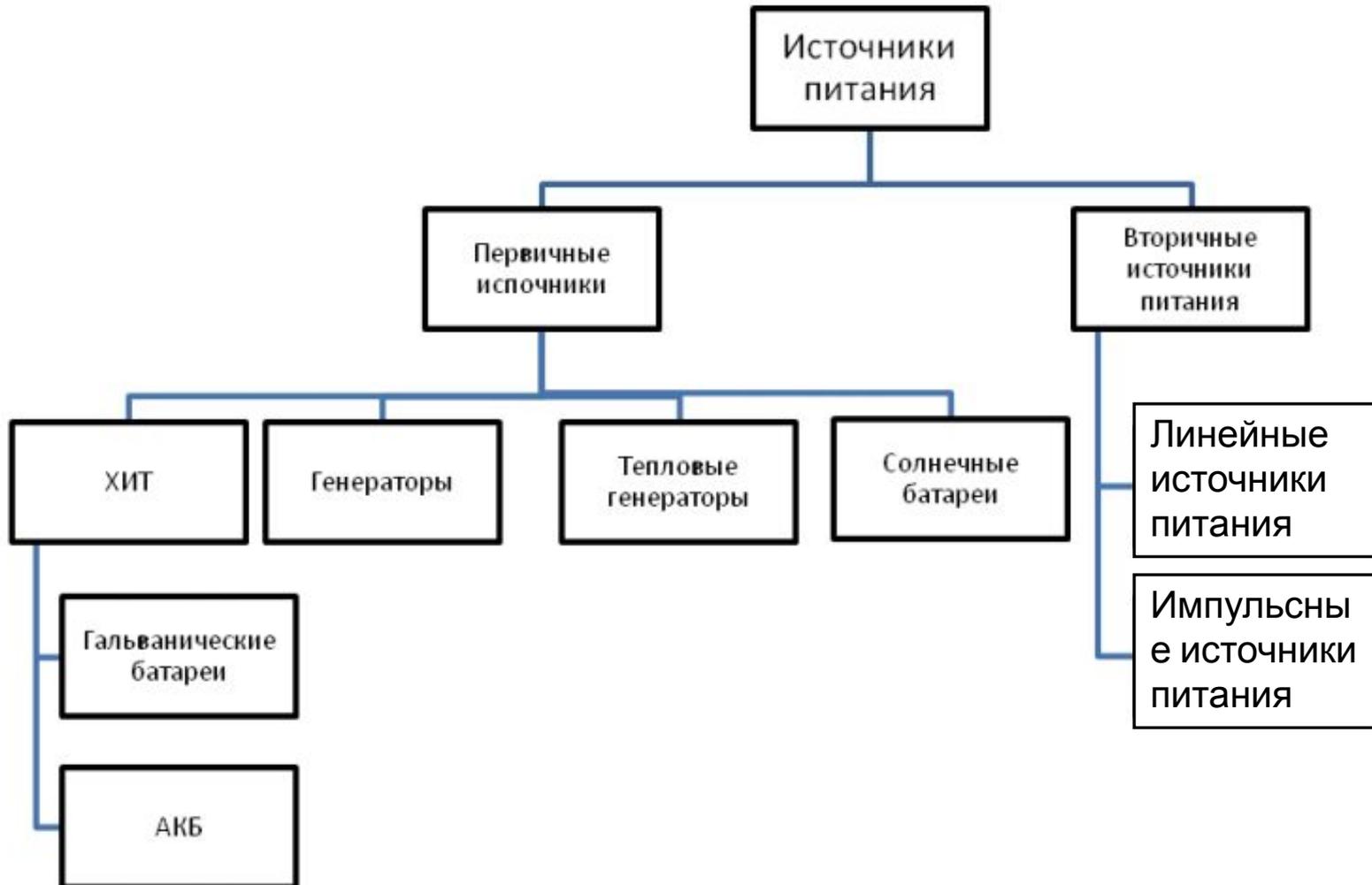
$$R_{\text{общ}} = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

# Взаимоиндуктивный элемент

$$\Phi_{11} = \Phi_{21} + \Phi_{S1}$$



# Классификация источников питания



# Структурные схемы вторичных источников электропитания



Рис. 3.2. Структурная схема ВИП с регулированием со стороны постоянного напряжения



Рис. 3.3. Структурная схема ВИП с регулированием со стороны переменного напряжения

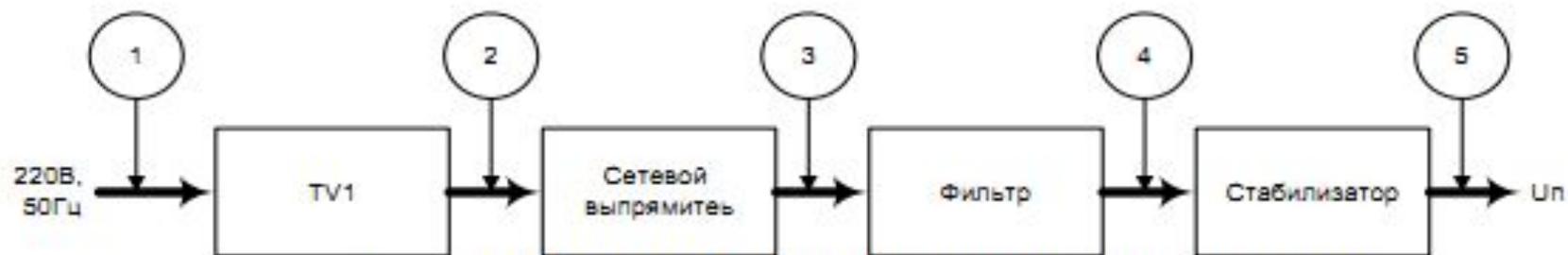
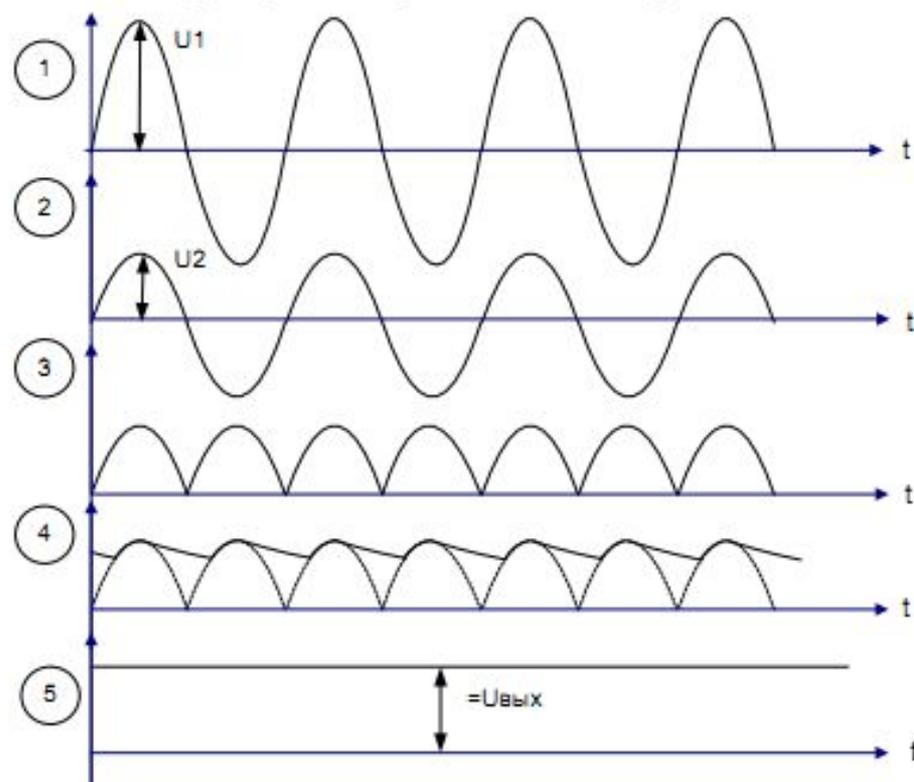


Рисунок 9 - Структурная схема ВИП без преобразования частоты



# Импульсные источники вторичного электропитания (с преобразованием частоты)



*a*



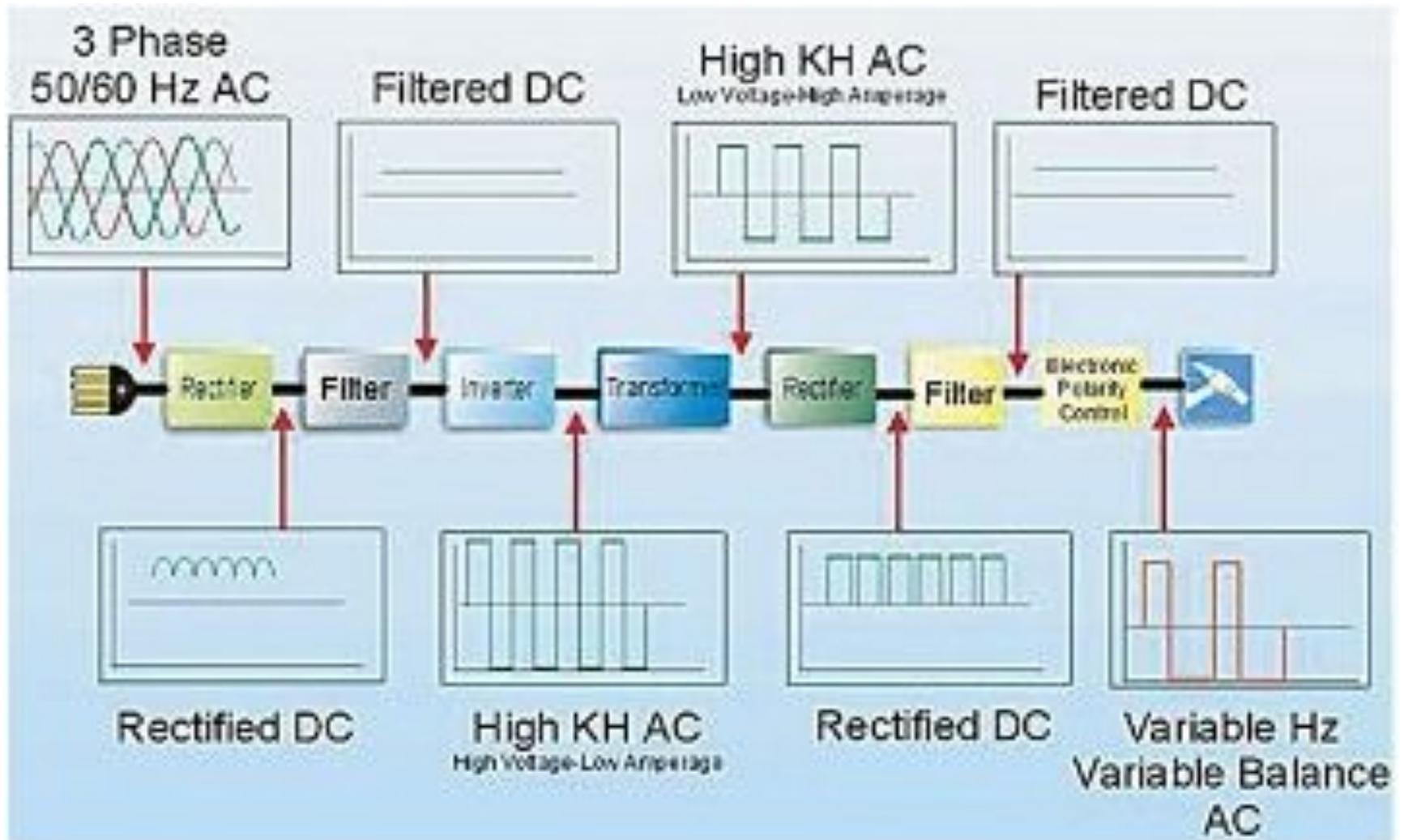
# Импульсные источники вторичного электропитания (с преобразованием частоты)



Рисунок 11 - Структурная схема ВИП с преобразованием частоты

**Используя структурную схему ВИП с преобразованием частоты (рисунок 11) представить осциллограммы напряжений в контрольных точках схемы**

# Сварочный источник питания



## Сравнение импульсных и линейных ИП

Параметр (Возможность)	Линейный ИП	Импульсный ИП
КПД	40 – 55%	60 – 80%
Средняя удельная мощность	30 Вт/дм <sup>3</sup>	130 – 150Вт/дм <sup>3</sup>
Нестабильность по входному напряжению	0,02 – 0,05%	0,05 – 1%
Нестабильность по току нагрузки	0,02 – 0,1%	0,1 – 1%
Пульсации выходного напряжения	0,5 – 2 мВ	25 – 100 мВ
Время восстановления	50 мкс	300 мкс
Время удержания	2 мс	30 – 35 мс
Возможность инвертирования (изменения полярности) входного напряжения	нет	есть
Возможность увеличения входного напряжения в DC-DC преобразователях	нет	есть

# Сварочный источник питания



# Элементная база ИП

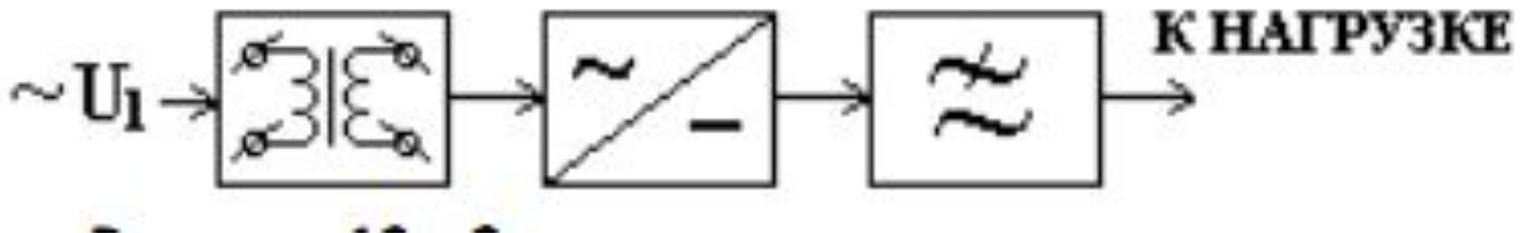
- 1) электровакуумные приборы (диоды, триоды и многосеточные лампы);
- 2) полупроводниковые диоды, стабилитроны и стабисторы, тиристоры, транзисторы;
- 3) трансформаторы и дроссели (низкочастотные и высокочастотные);
- 4) конденсаторы (в основном оксидные, имеющие большую удельную емкость);
- 5) линейные интегральные микросхемы (операционные усилители, усилители низкой частоты);

# Элементная база ИП

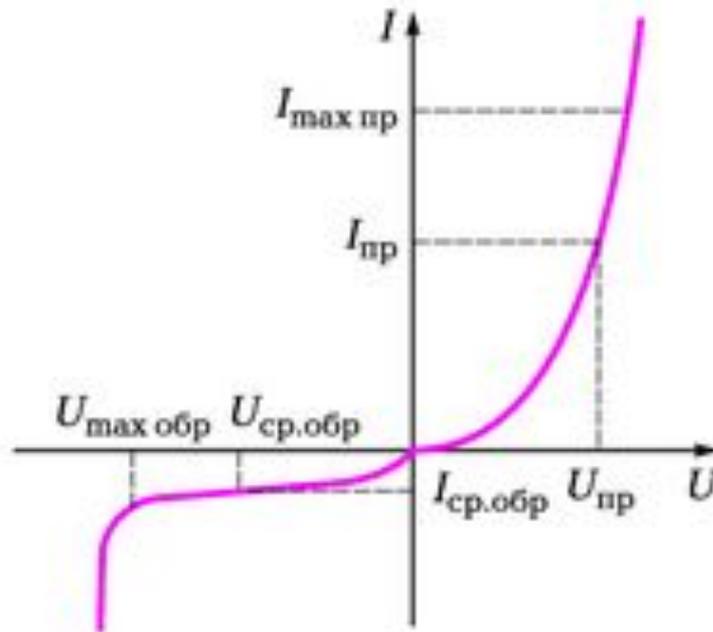
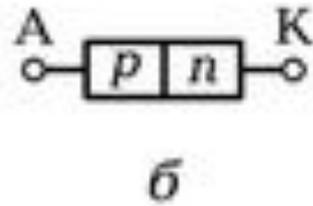
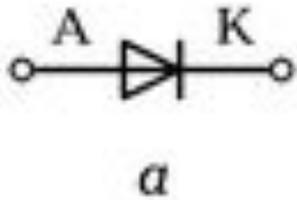
- 6) интегральные стабилизаторы напряжения и тока (линейные и ИМ-пульсные);
- 7) интегральные микросхемы, входящие в состав импульсных ИП
- (АС-DC и DC-DC конвертеры, однотактные и двухтактные ШИМ – контроллеры, корректоры коэффициента мощности, специализированные схемы управления импульсными источниками вторичного электропитания);
- 8) элементы (устройства) индикации (лампы накаливания и светодиоды, аналоговые и цифровые индикаторы);
- 9) предохранители (плавкие, биметаллические, электронные).

# Выпрямители

Структурная схема в общем виде

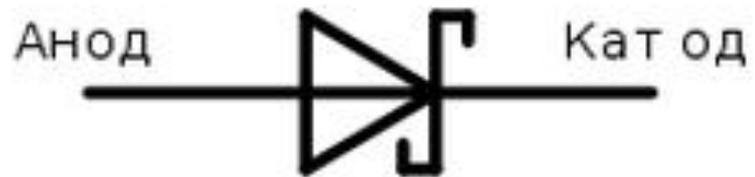


# Диод - основной элемент блока выпрямления



. ВАХ выпрямительного диода

# Диод Шоттки



# Функциональные схемы однофазных выпрямителей

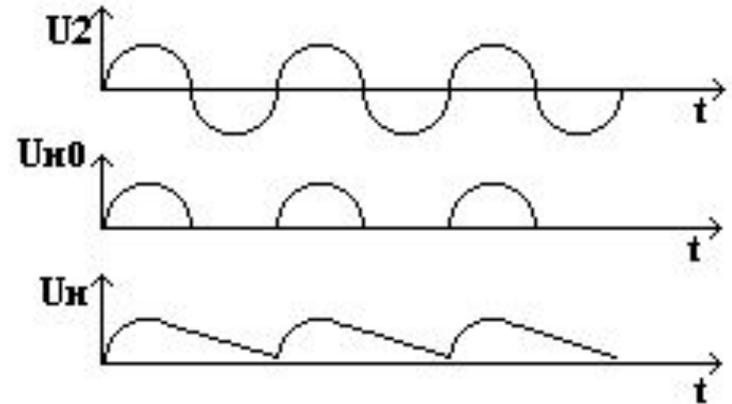
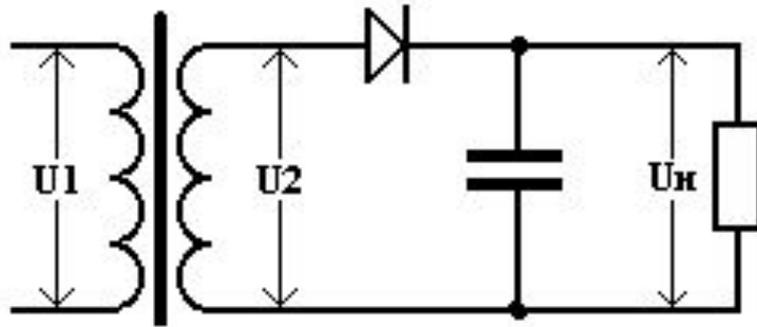
Для выпрямления однофазного переменного напряжения широко применяют три типа выпрямителей:

- однополупериодный*
- двухполупериодный с общей точкой*
- двухполупериодный с мостовой схемой*

$$U_d = U_0 + \sum_{K=1}^{\infty} U_{mK} e^{-jmK}$$

$$U_d = U_0 + U_{1m} \cos \omega \cdot t + U_{2m} \cos 2\omega \cdot t + \dots + U_{nm} \cos n \omega \cdot t$$

# Схема однополупериодного выпрямителя



$U_2$  - Напряжение на вторичной обмотке трансформатора

$U_n$  - Напряжение на нагрузке.

$U_{n0}$  - Напряжение на нагрузке

# Основные параметры однополупериодного выпрямителя

$$U_{\text{ср}} = \frac{\sqrt{2}}{\pi} U_{\text{вх}} \approx 0,45 U_{\text{вх}}$$

$$I_{\text{ср}} = \frac{U_{\text{ср}}}{R_{\text{н}}}$$

$$\xi = \frac{\pi}{2} = 1,57$$

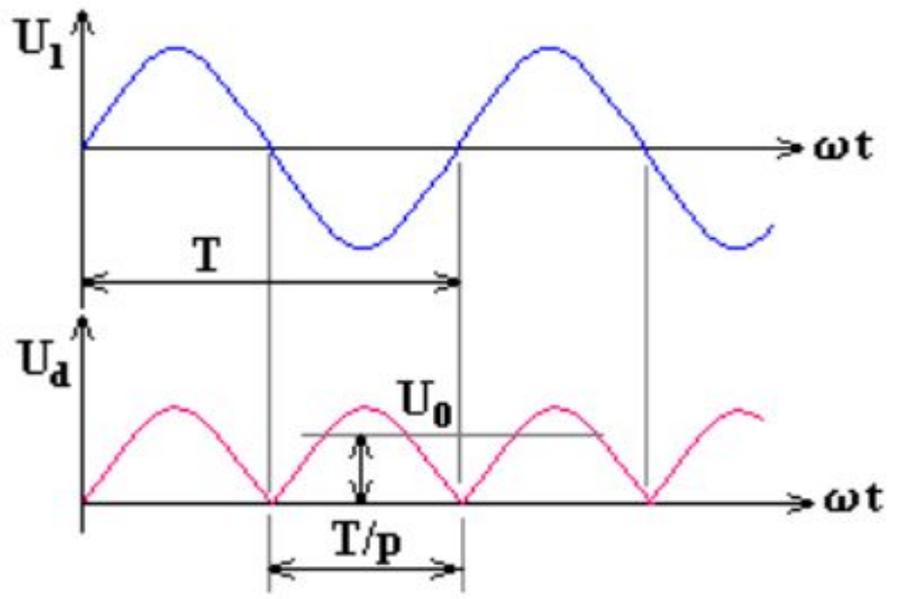
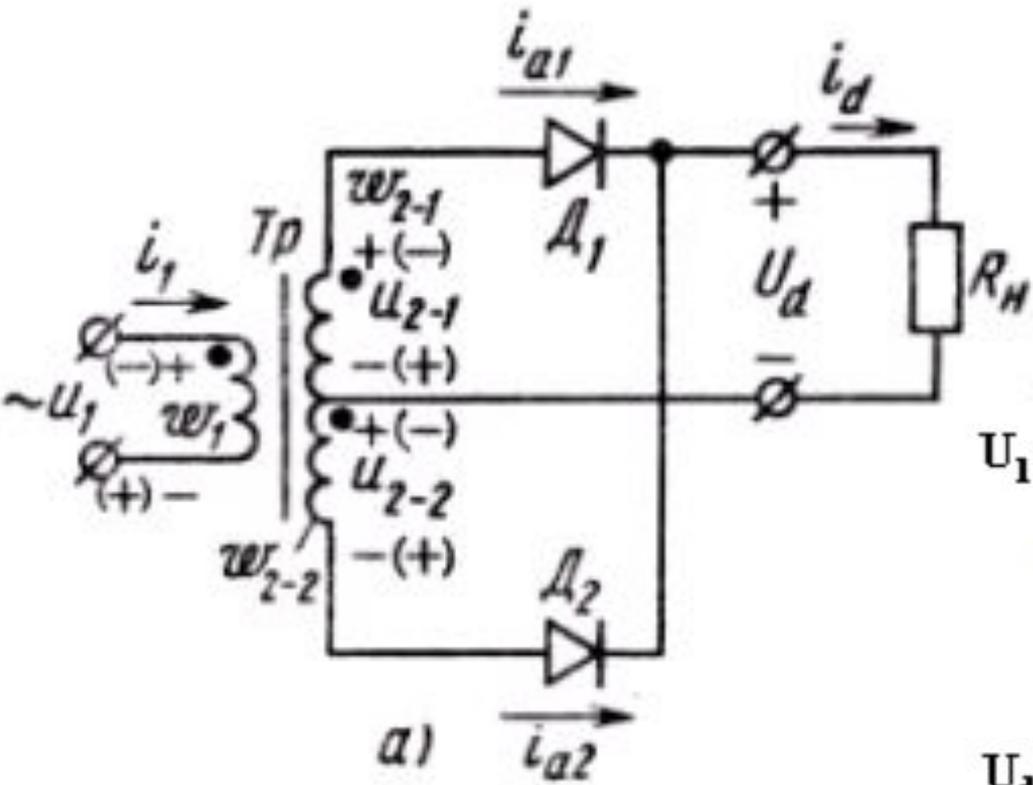
$$U_{\text{обр.макс}} = \sqrt{2} U_{\text{вх}} = \pi * U_{\text{ср}}$$

$$I_{\text{д.ср}} = I_{\text{ср}}$$

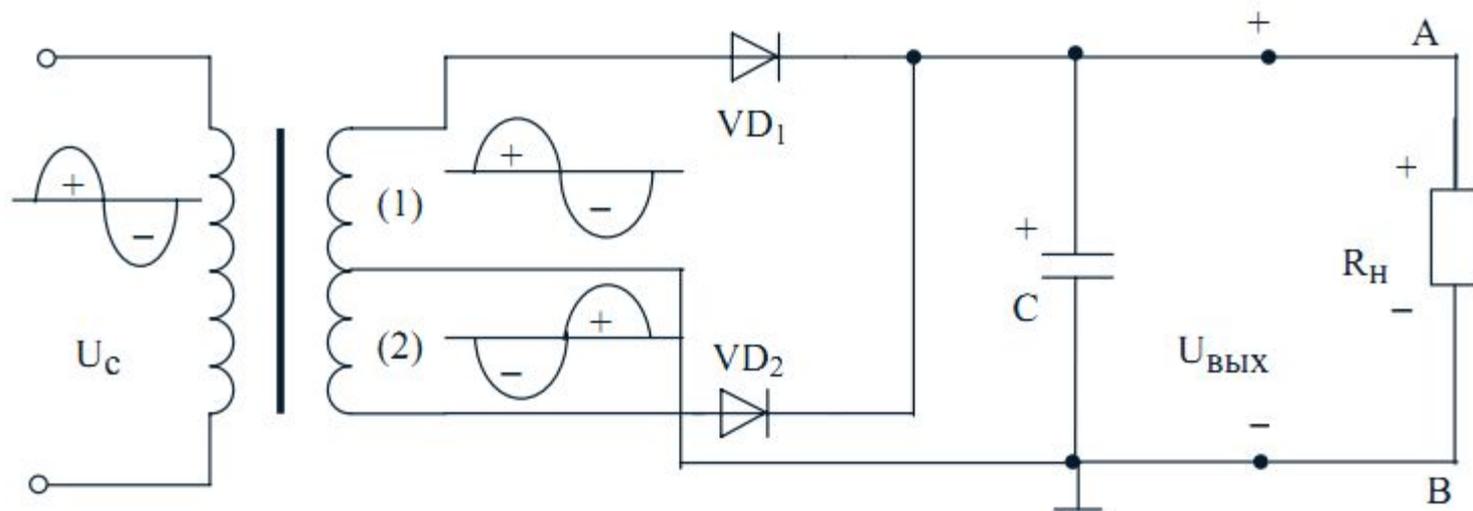
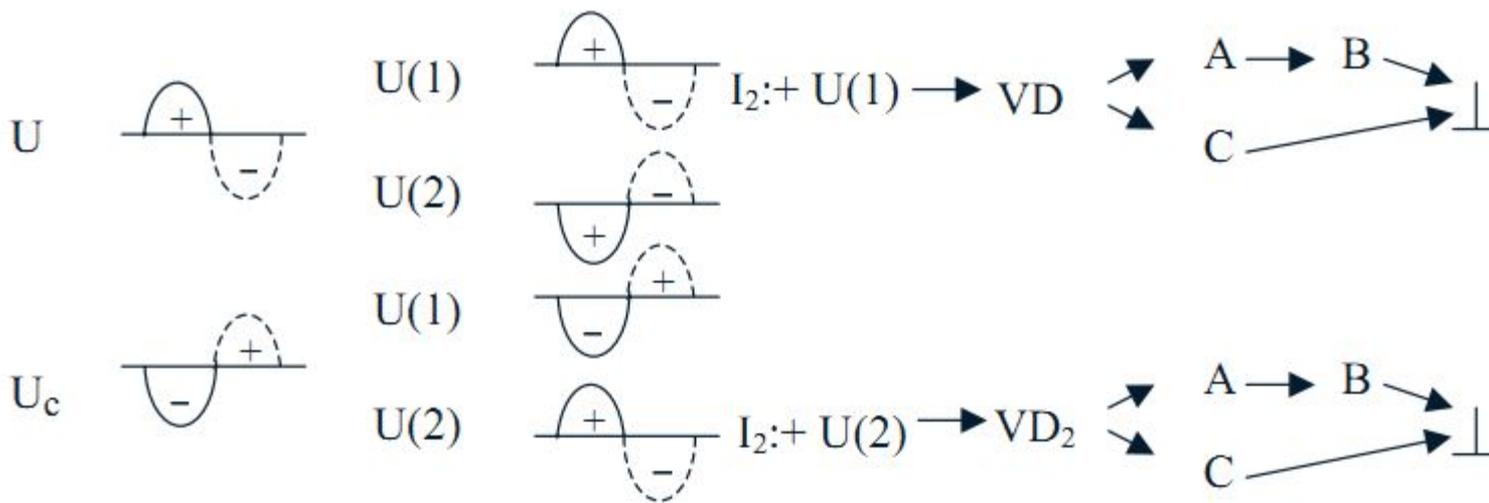
$$I_{\text{д.макс}} = \frac{\sqrt{2} U_{\text{вх}}}{R_{\text{н}}} = \pi * I_{\text{ср}}$$

# Двухполупериодный выпрямитель с выводом средней точки вторичной обмотки

атора



# Двухполупериодный выпрямитель с общей точкой



# Основные параметры двухполупериодного выпрямителя с нулевым выводом

$$U_{\text{ср}} = 2 * \frac{\sqrt{2}}{\pi} U_2 \approx 0,9U_2$$

где:  $U_2$  –действующие значение напряжения каждой половины вторичной обмотки;

$$I_{\text{ср}} = \frac{U_{\text{ср}}}{R_{\text{н}}}$$

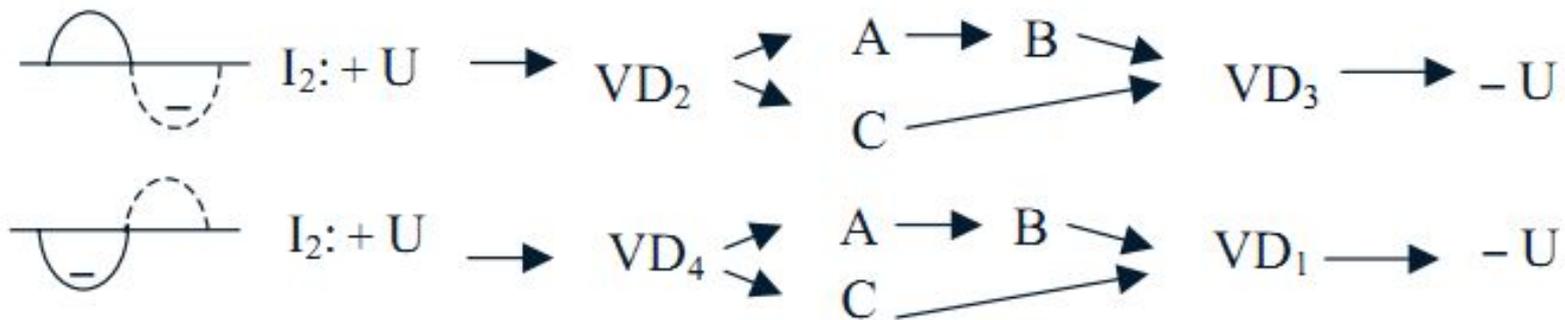
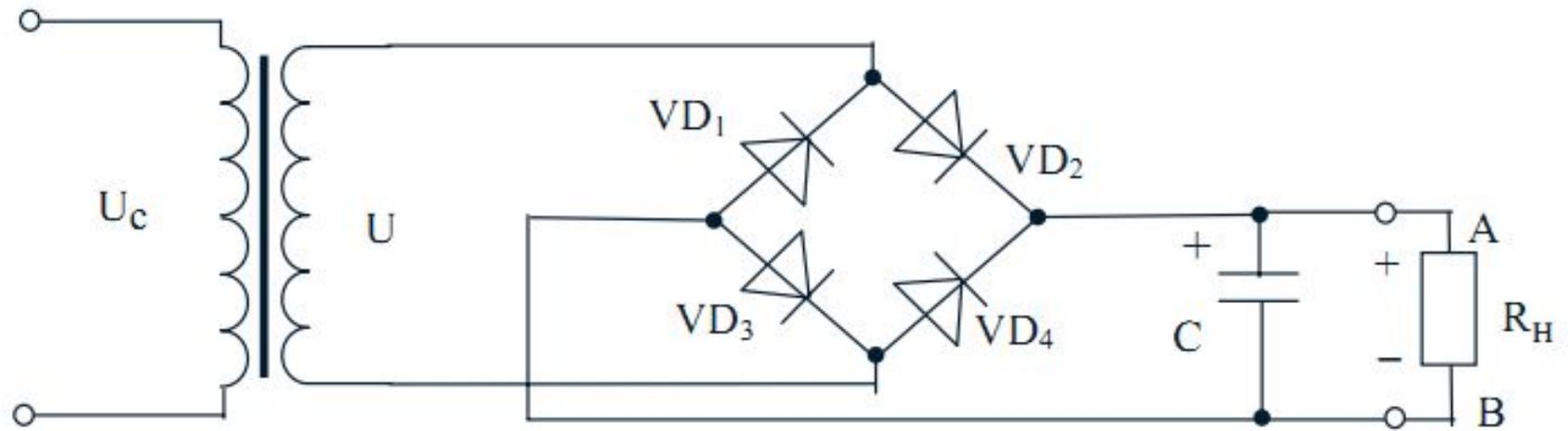
$$\xi = \frac{2}{3} \approx 0,67$$

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

$$I_{\text{д.ср}} = \frac{I_{\text{ср}}}{2}$$

$$I_{\text{д.макс}} = \frac{\sqrt{2}U_2}{R_{\text{н}}} = \frac{\pi}{2} * I_{\text{ср}}$$

# Двухполупериодный мостовой выпрямитель



# Основные параметры двухполупериодного мостового выпрямителя

$$U_{\text{ср}} = 2 * \frac{\sqrt{2}}{\pi} U_{\text{вх}} \approx 0,9 U_{\text{вх}}$$

$$I_{\text{ср}} = \frac{U_{\text{ср}}}{R_{\text{н}}}$$

$$\xi = \frac{2}{3} \approx 0,57$$

$$U_{\text{обр.макс}} = \sqrt{2} U_{\text{вх}} = \pi * U_{\text{ср}}$$

$$I_{\text{д.ср}} = \frac{I_{\text{ср}}}{2}$$

$$I_{\text{д.макс}} = \frac{\sqrt{2} U_{\text{вх}}}{R_{\text{н}}} = \frac{\pi}{2} * I_{\text{ср}}$$

# Выбор выпрямителя, основные расчетные соотношения

## 1. Выбор схемы выпрямителя

$$P_0 = \frac{U_0}{I_0}$$

где  $U_0$  и  $I_0$  — выпрямленное напряжение и ток, требуемые для питания нагрузки.

При нескольких нагрузках, питающихся от одного источника:

$$I_0 = I_{01} + I_{02} + \dots$$

$$\underline{\varepsilon}_{\text{выбранная}} \leq \underline{\varepsilon}$$

## 2. Выбор типа вентиля

$$A = \frac{\pi(R_i + r_{\text{тр}})}{10m} \cdot \frac{I_0}{U_0}$$

$P_0$ , Вт	1—10	10-100	100—1000
$\gamma_{\text{тр}}$ Ом,	$(0,1—0,07)R_H$	$(0,08—0,05) R_H$	$(0,06-0,04) R_H$

Сопротивление нагрузки  $R_H = U_0/I_0$  (Ом).

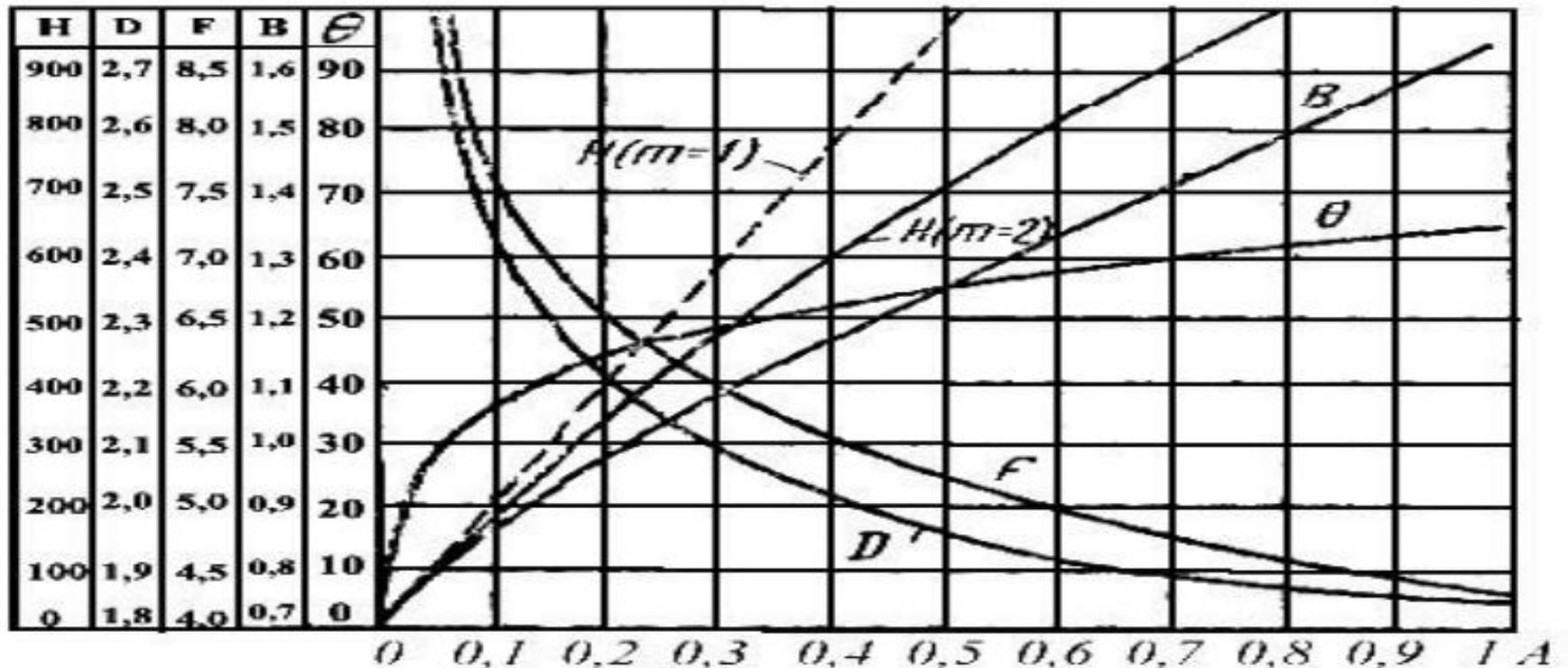
# Формулы для расчёта выпрямителя

Таблица 1. Формулы для расчёта выпрямителя

Схема выпрямителя	Реакция нагрузки	Режим вентиля			
		Число вентиляей	Обратное напряжение на вентиле $U_{обр}$	Среднее значение тока вентиля $I_0$	Максимальное значение тока вентиля $I_m$
Однополупериодная	Активная	1	$\pi U_0$	$I_0$	$\pi I_0$
	Емкостная	1	$2,82BU_0$	$I_0$	$F I_0$
Двухполупериодная с нулевой точкой	Активная	2	$\pi U_0$	$0,5 I_0$	$0,5 \pi I_0$
	Индуктивная	2	$\pi U_0$	$0,5 I_0$	$I_0$
	Емкостная	2	$2,82B U_0$	$0,5 I_0$	$0,5 F I_0$
Однофазная мостовая	Активная	4	$0,5\pi U_0$	$0,5 I_0$	$0,5 \pi I_0$
	Индуктивная	4	$0,5\pi U_0$	$0,5 I_0$	$I_0$
	Емкостная	4	$1,41B U_0$	$0,5 I_0$	$0,5 F I_0$
Схема удвоения	Емкостная	2	$1,41B U_0$	$I_0$	$F I_0$
Трёхфазная	Активная	3	$2,09 U_0$	$0,33 I_0$	$1,21 I_0$
	Индуктивная	3	$2,09 U_0$	$0,33 I_0$	$I_0$
Трёхфазная мостовая (схема Ларионова)	Активная	6	$1,045 U_0$	$0,33 I_0$	$1,045 I_0$
	Индуктивная	6	$1,045 U_0$	$0,33 I_0$	$I_0$

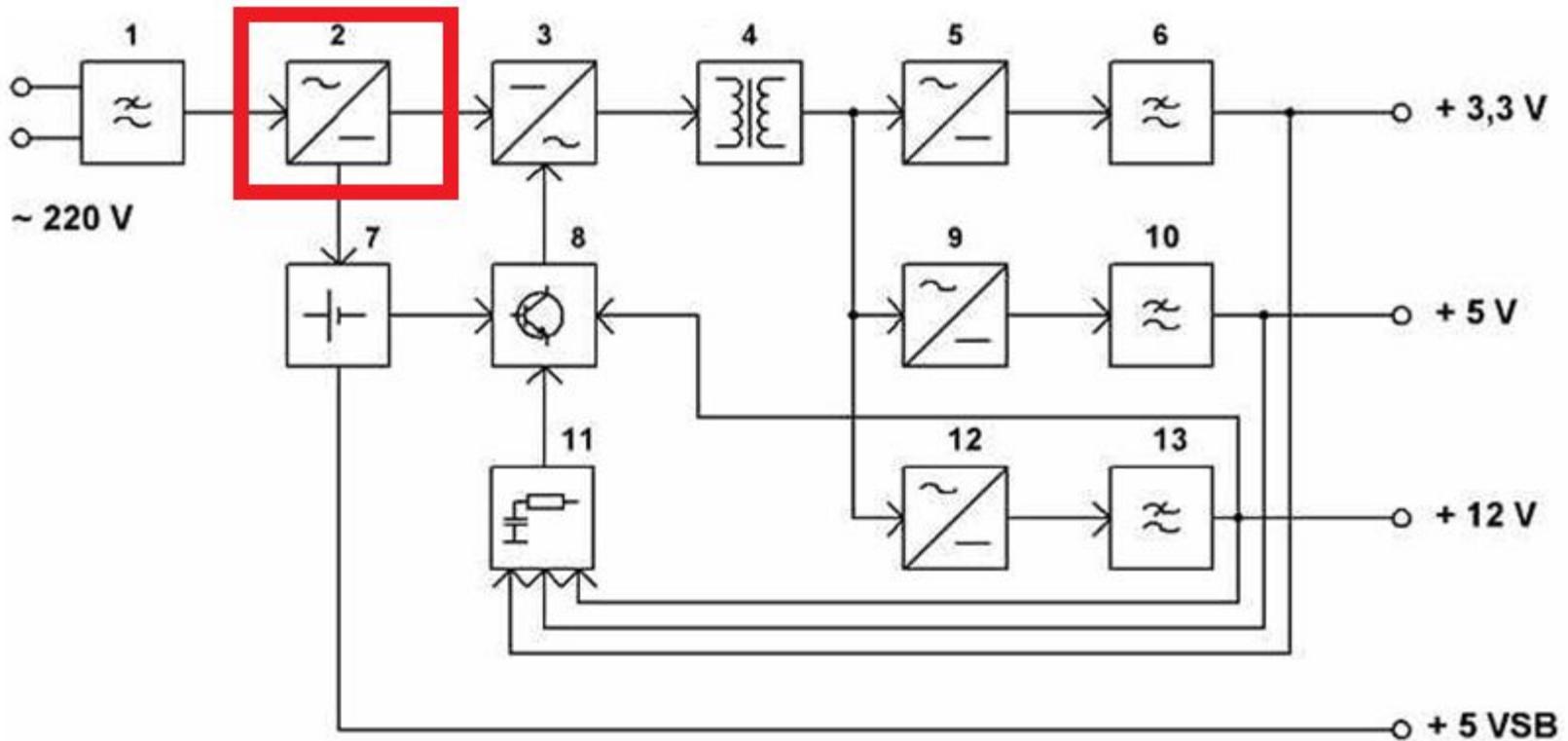
# Выбор схемы выпрямителя, основные расчетные соотношения

Метод Терентьева - метод номограмм.

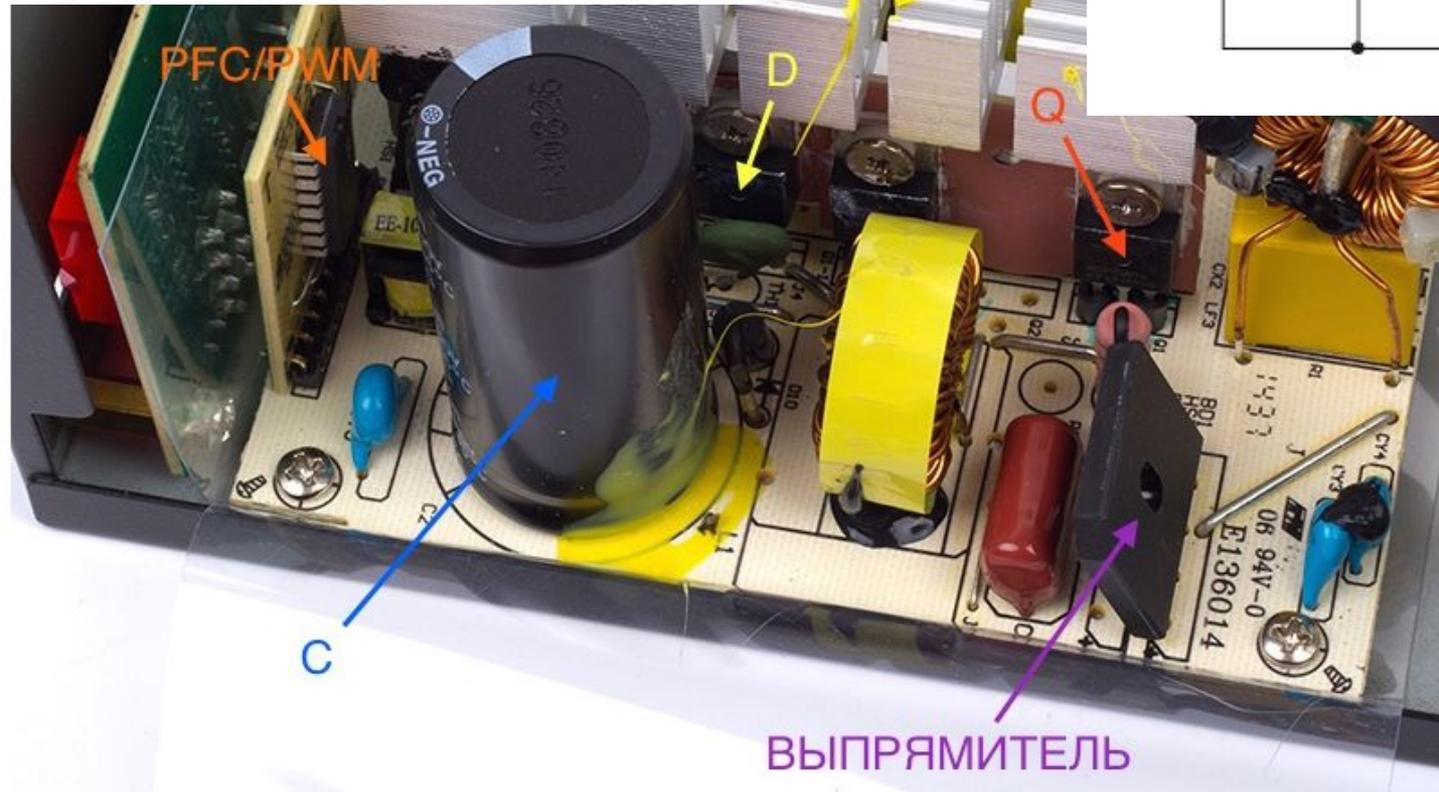
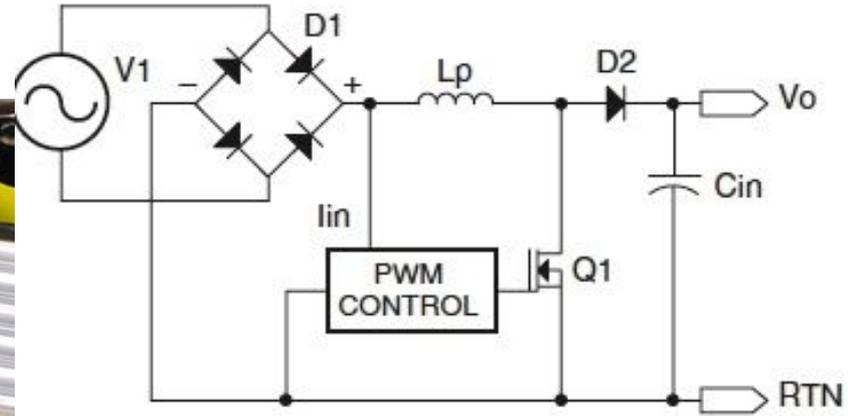
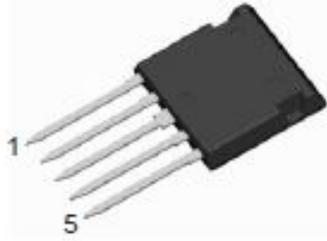
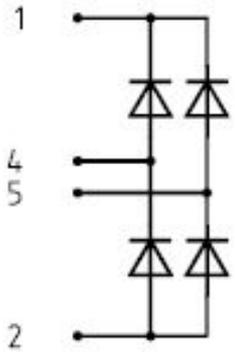




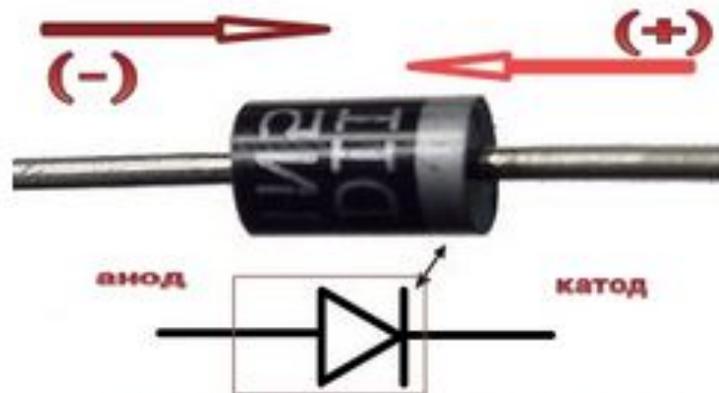
# Низкочастотный выпрямитель



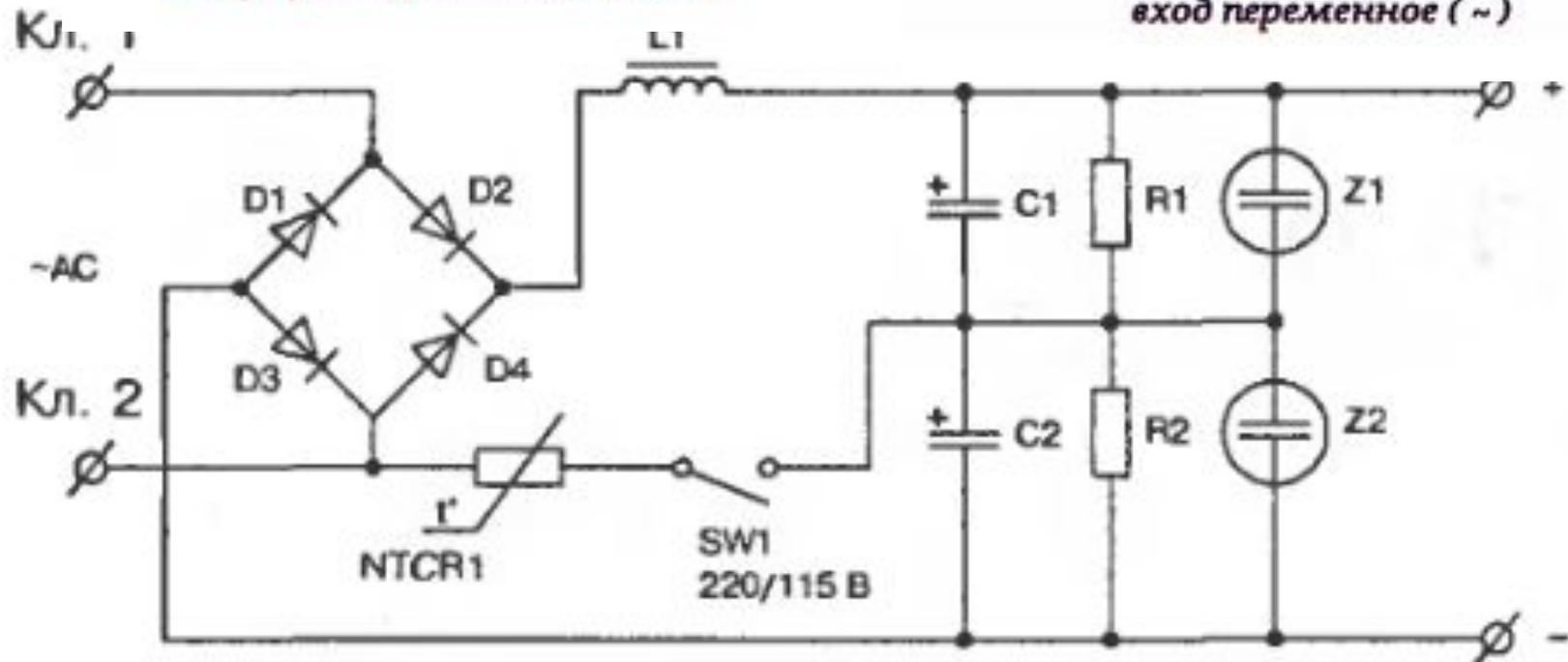
# Низкочастотный выпрямитель



# Низкочастотный выпрямитель



**полупроводниковый диод**



# Выходной выпрямитель

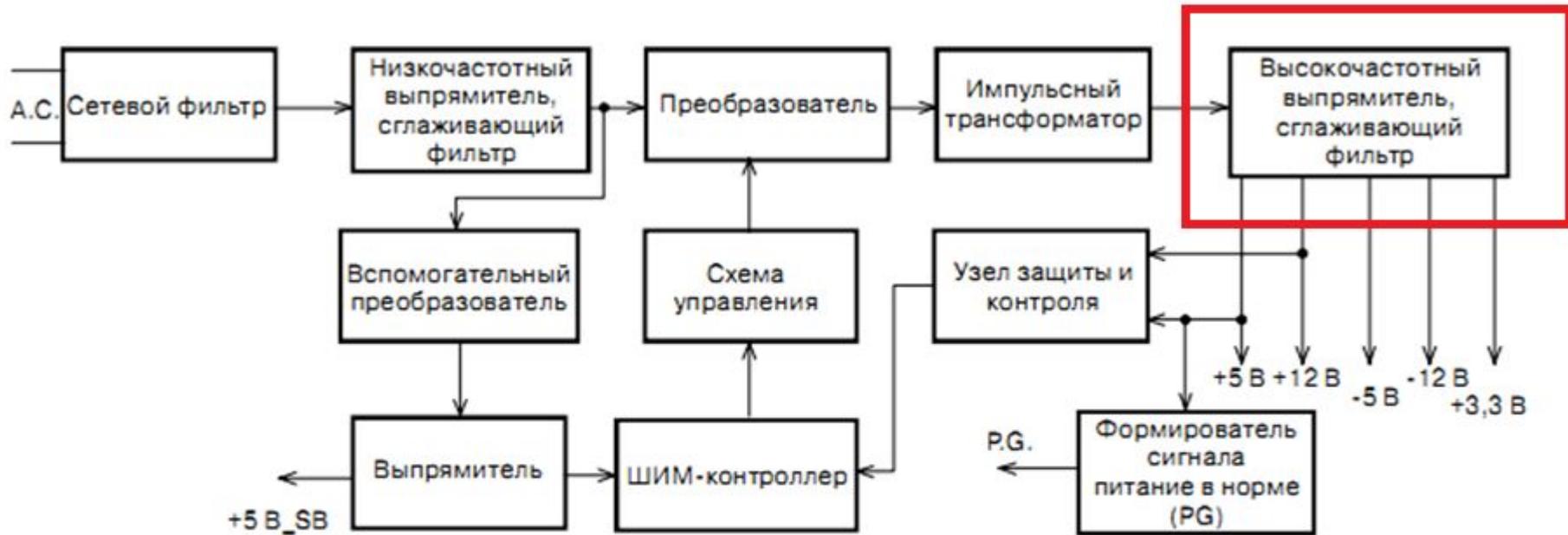
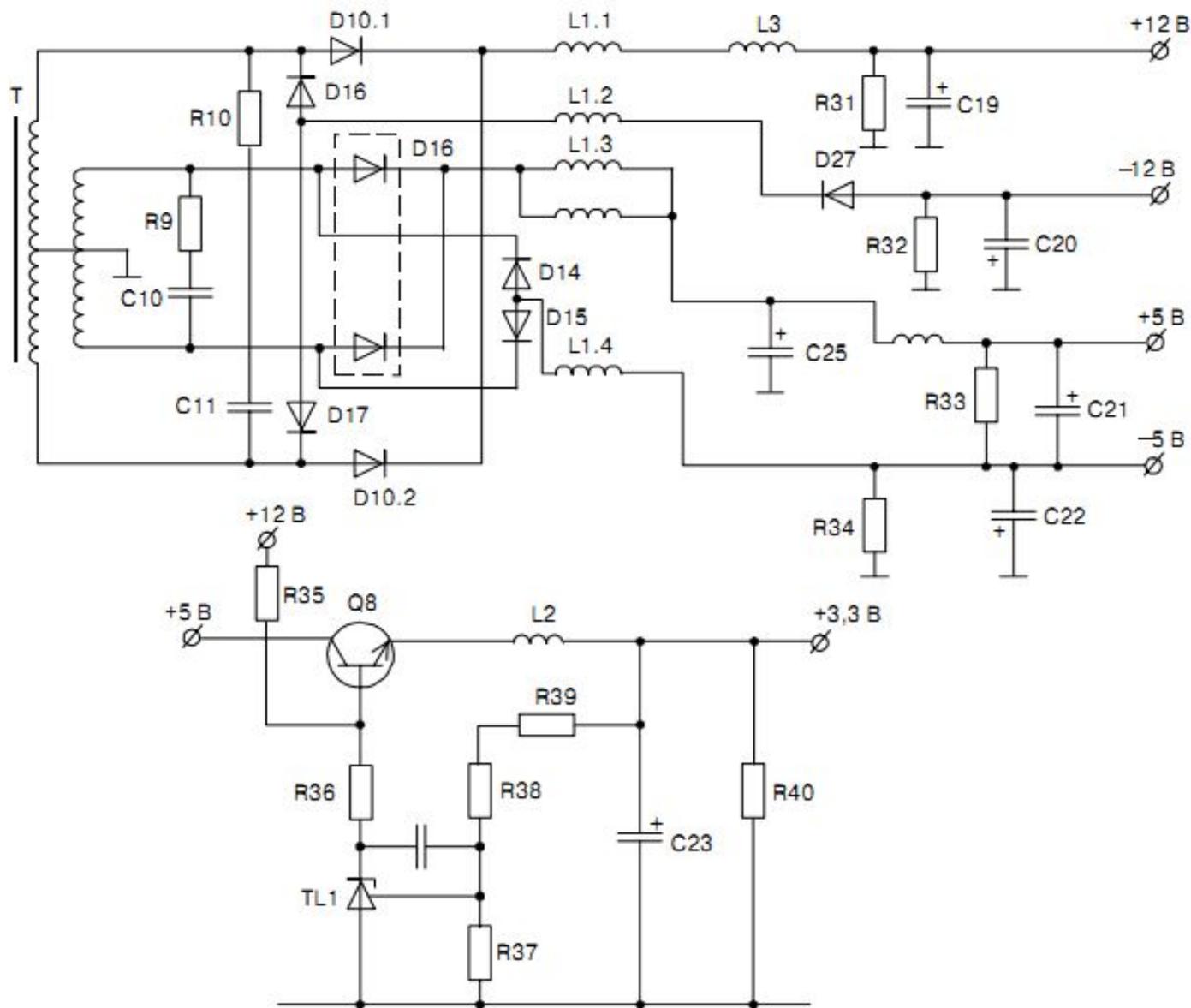


Рис. 1.3. Структурная схема источника питания формата ATX

# Выходной выпрямитель



# Сглаживающие фильтры

## Классификация

по типу элементов:

*-пассивные фильтры*

- С-фильтры
  - L-фильтры
  - RC-фильтры
  - LC – фильтры
- простейшие фильтры
- 
- A diagram consisting of two lines that originate from the right side of the text 'С-фильтры' and 'L-фильтры' and converge to a single point on the right side of the text 'простейшие фильтры'.

*-электронные (активные) фильтры - с использованием транзисторов*

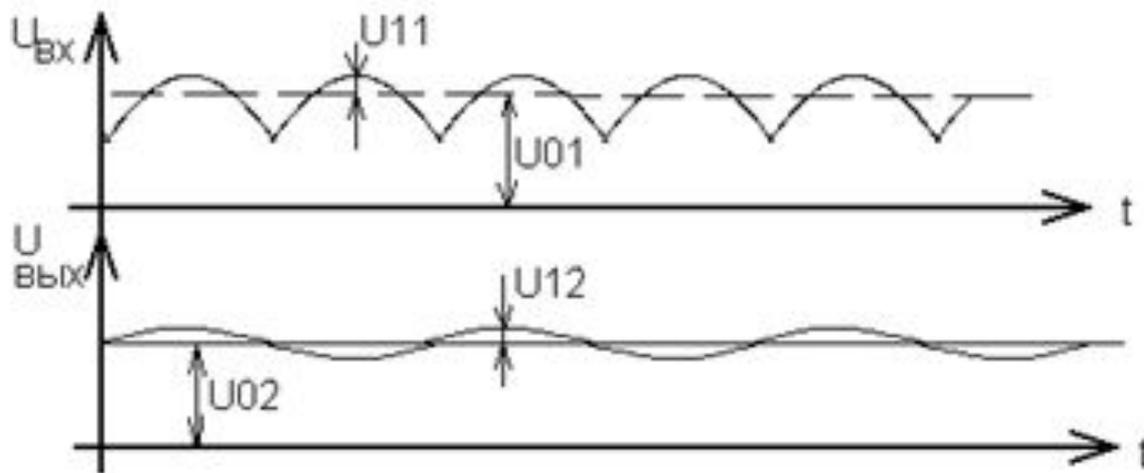
# Классификация фильтров (продолжение)

- По количеству фильтрующих элементов различают:
  - -однозвенные
  - -многозвенные

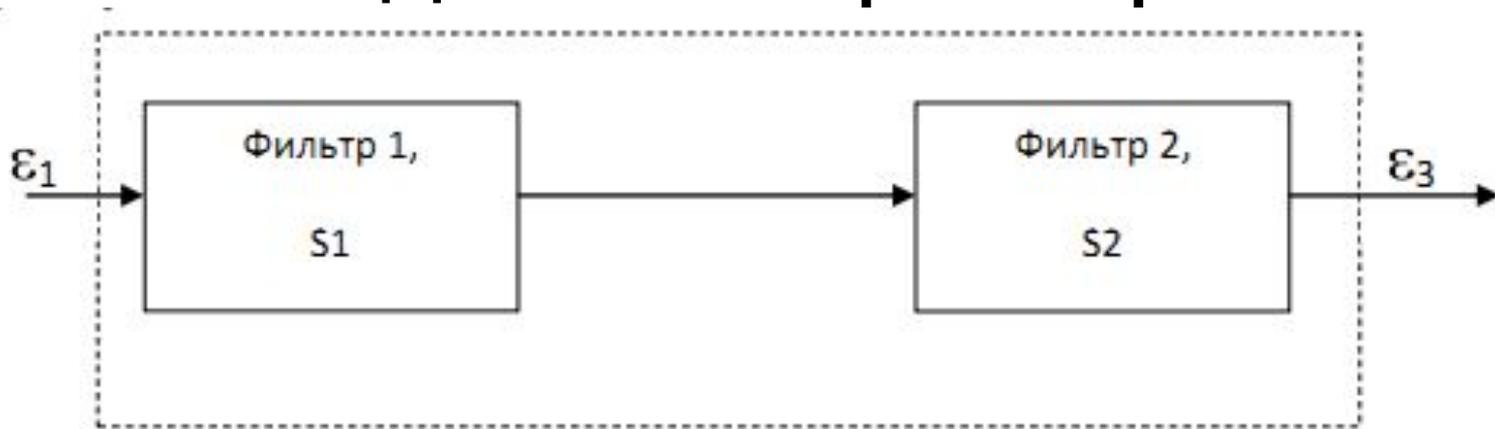
# Параметры сглаживающих фильтров

$$S = \frac{\xi_1}{\xi_2}$$

где:  $\xi_1$ -коэффициент пульсации на входе фильтра;  
 $\xi_2$ -коэффициент пульсации на выходе фильтра



# При последовательном соединении фильтров:



Общий коэффициент сглаживания

$$S_{\text{эсв}} = \frac{\xi_1}{\xi_3} \quad (1)$$

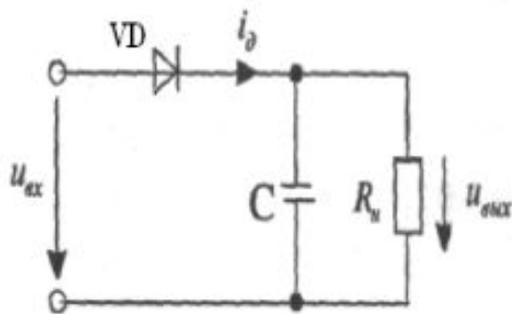
$$S_2 = \frac{\xi_2}{\xi_3} \quad \Rightarrow \quad \xi_3 = \frac{\xi_2}{S_2}$$

$$S_{\text{эсв}} = \frac{\xi_1}{\xi_2} * S_2 = S_1 * S_2$$

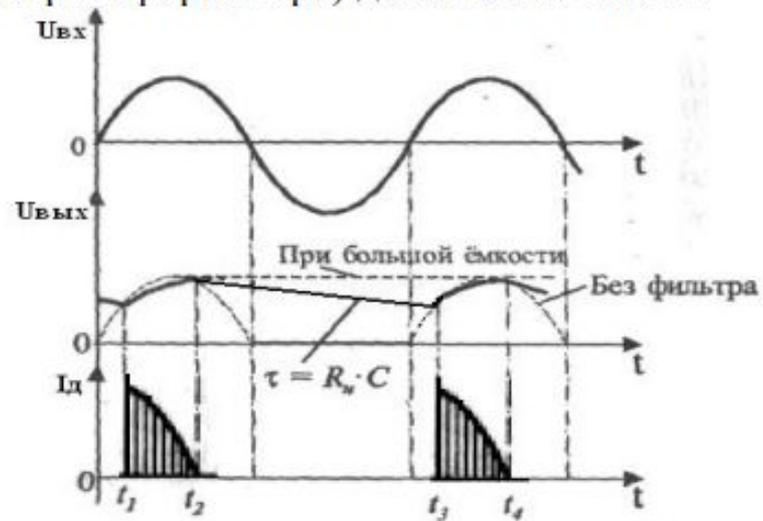
# Пассивные фильтры

## Емкостные фильтры

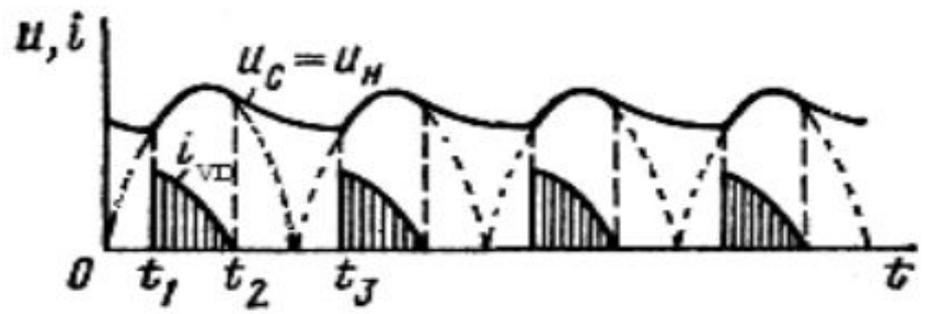
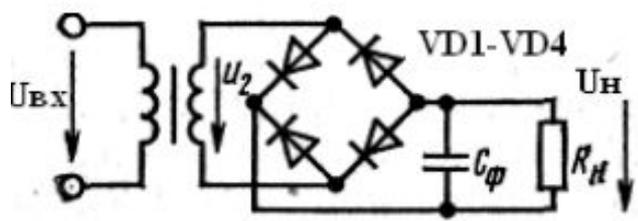
структурными элементами (например, обмотки трансформатора) должны быть выполнены



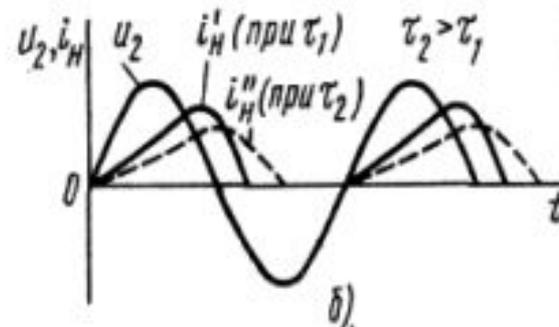
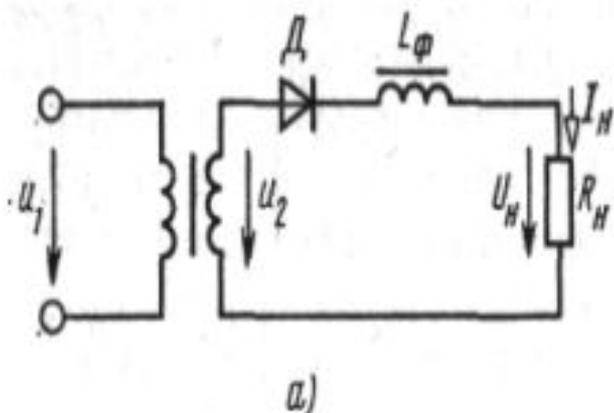
а)



б)



# Индуктивные фильтры



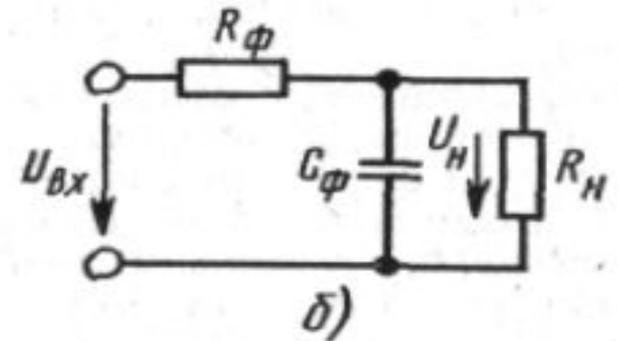
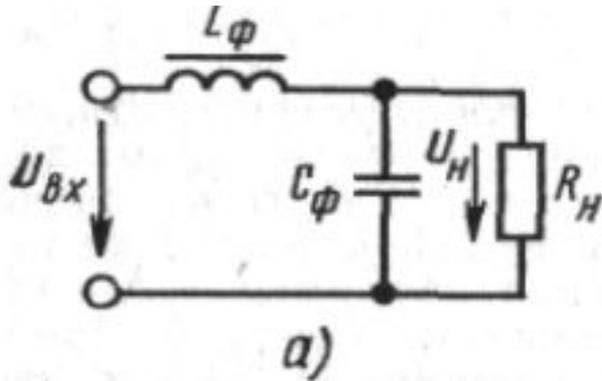
$$S = \frac{2\pi f_{\text{осн}} L_{\phi}}{R_{\text{н}}},$$

где:  $L_{\phi}$ -индуктивность фильтра

$f_{\text{осн}}$ - частота основной гармоники (частота пульсаций)

# Г-образные фильтры

- LC-типа
- RC-типа



$$S = (0,5 \div 0,9) \omega_0 c_H R_{\phi} C_{\phi}$$

# П-образные фильтры

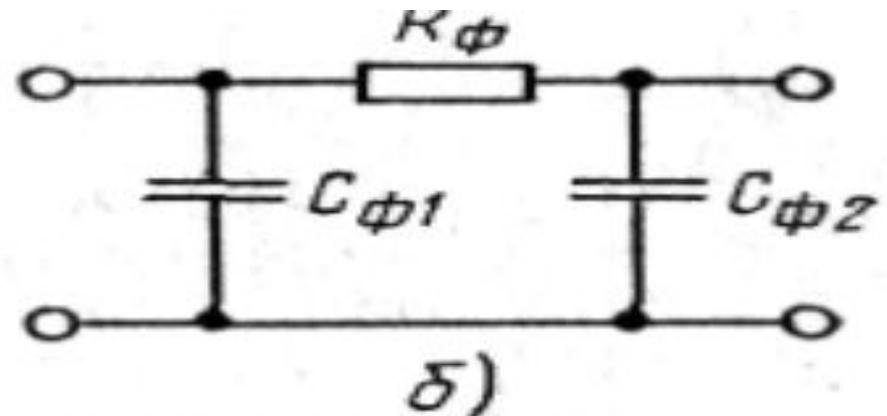
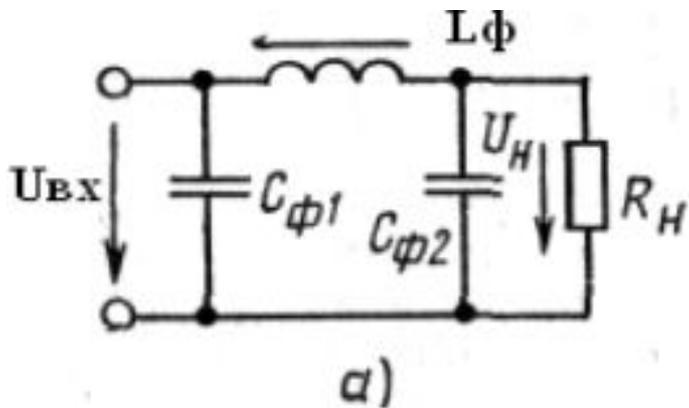


Рисунок 30 - Схемы П-образных LC-фильтра (а) и RC-фильтра (б)

# Транзисторные сглаживающие фильтры.

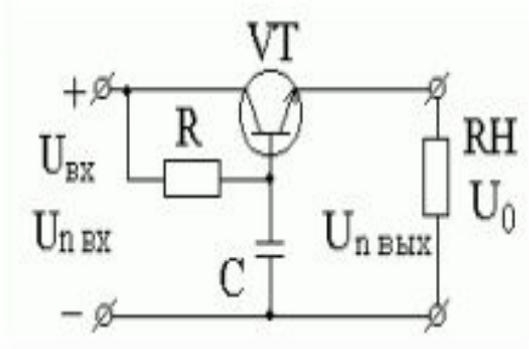


Рисунок 31 - Схема транзисторного фильтра ОК

$$R_{д} = \frac{\Delta U_{к}}{\Delta I_{к}}$$

Динамическое сопротивление

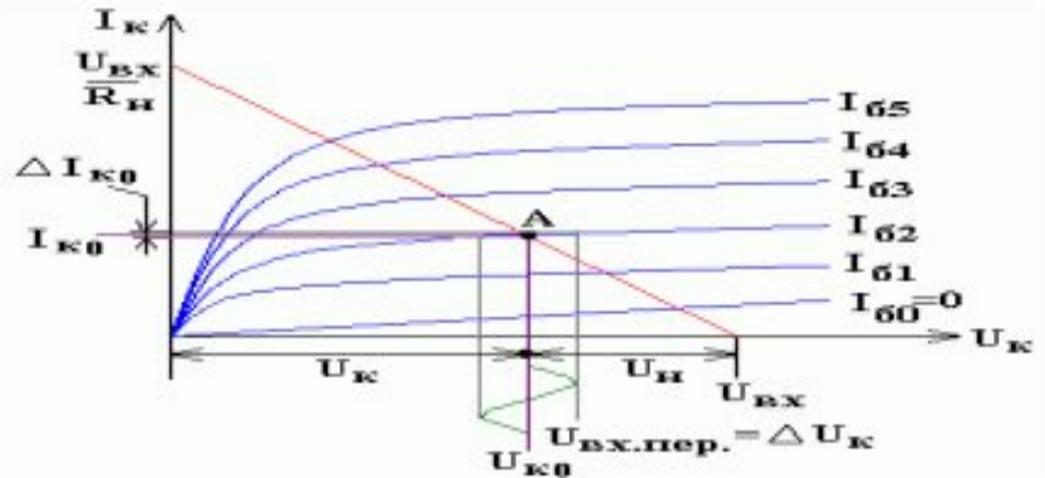


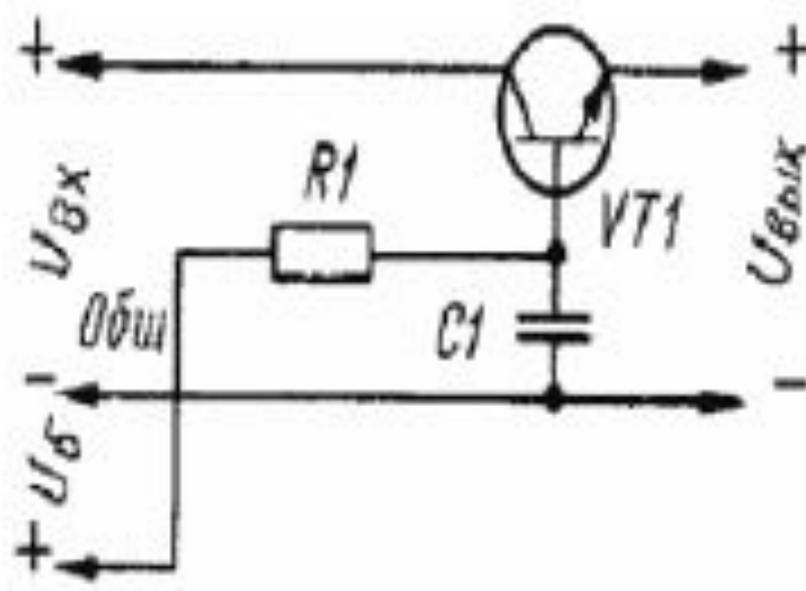
Рисунок 32 - График зависимости тока коллектора от напряжения на переходе коллектор-эмиттер при различных значения тока базы.

$$R_{с} = \frac{U_{к0}}{I_{к0}}$$

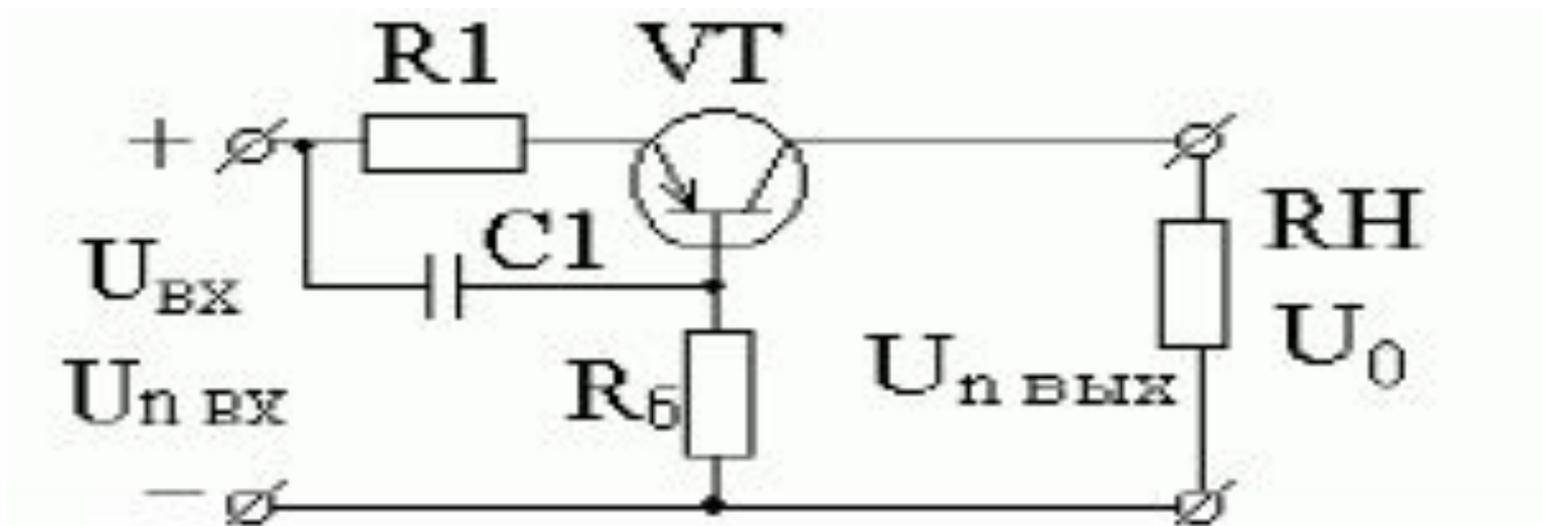
Статическое сопротивление

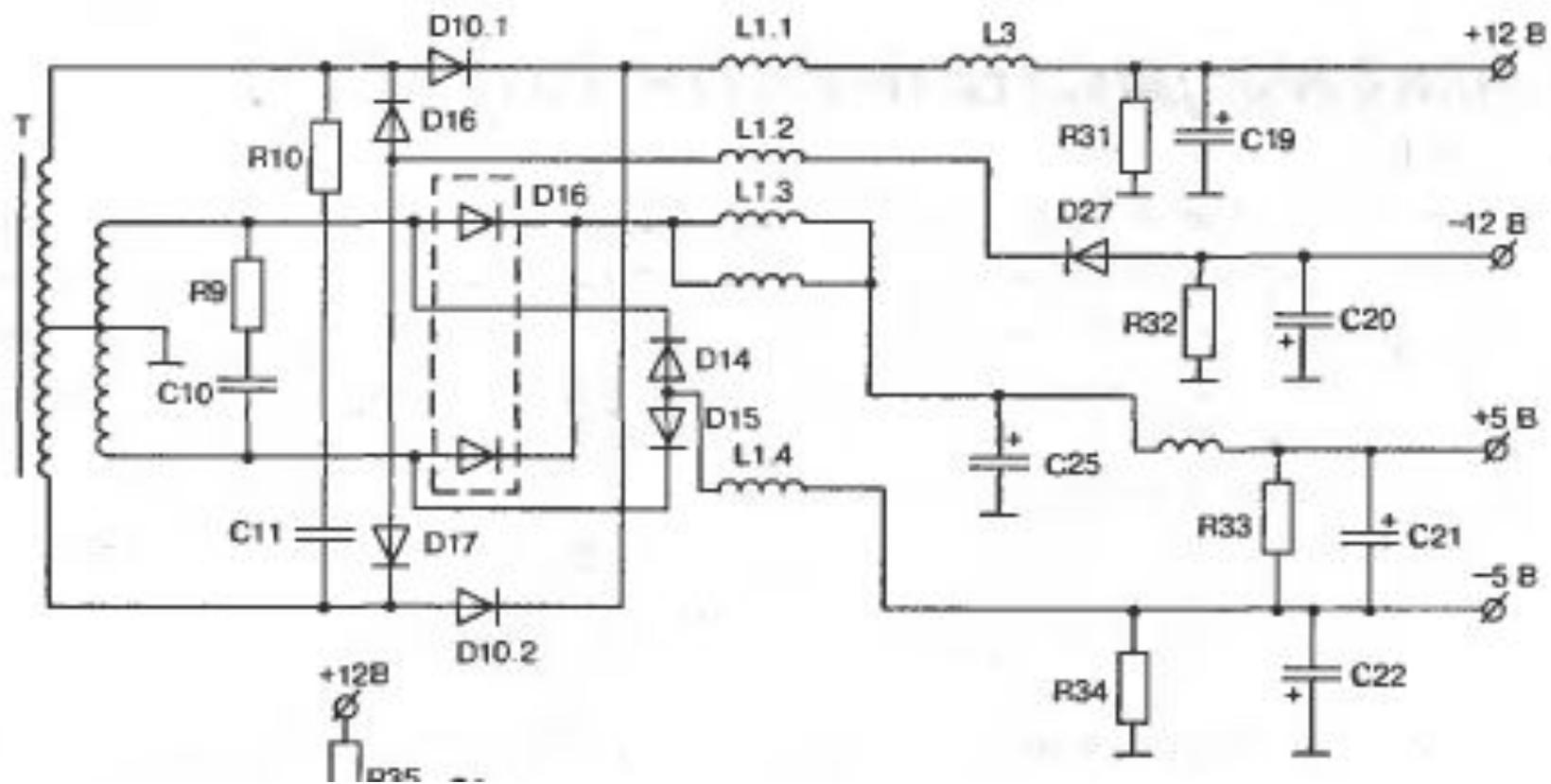
$$R_{д} \gg R_{с}$$

# Пути повышения эффективности транзисторных фильтров



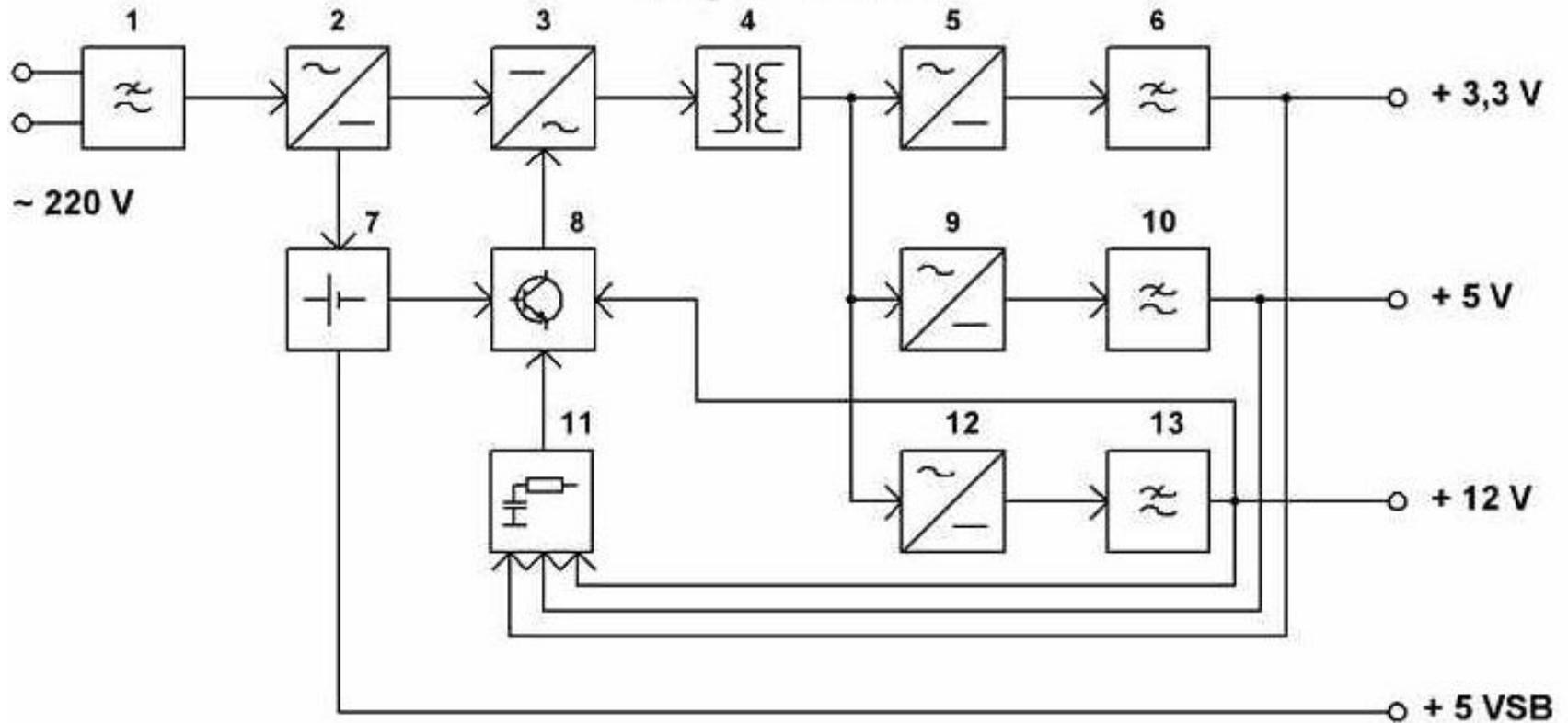
# Схема активного фильтра с общей базой





# Упрощенная структурная схема импульсного блока питания компьютера

<http://vsbot.ru>



- 1 - входной фильтр
- 2 - высоковольтный выпрямитель
- 3 - основной инвертор
- 4 - импульсный трансформатор
- 5 - выпрямитель канала +3,3 В
- 6 - фильтр канала +3,3 В
- 7 - источник дежурного напряжения +5 В

- 8 - схема управления
- 9 - выпрямитель канала +5 В
- 10 - фильтр канала +5 В
- 11 - цепи обратной связи
- 12 - выпрямитель канала +12 В
- 13 - фильтр канала +12 В

**! Импульсные источники вторичного электропитания являются источниками интенсивных электромагнитных помех (ЭМП)!**

**Электромагнитные помехи:**

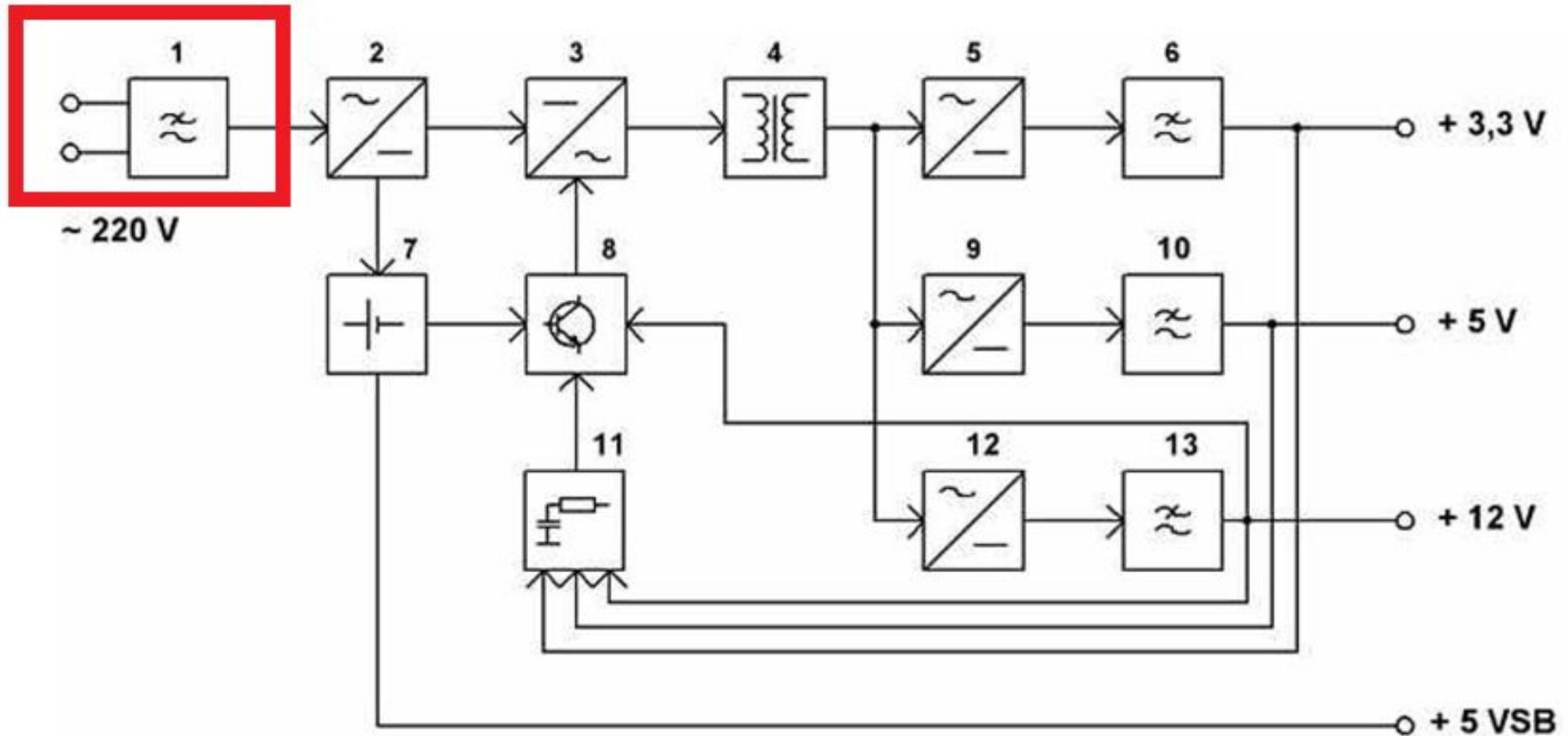
- 1. кондуктивные помехи**
- 2. излучаемые помехи**

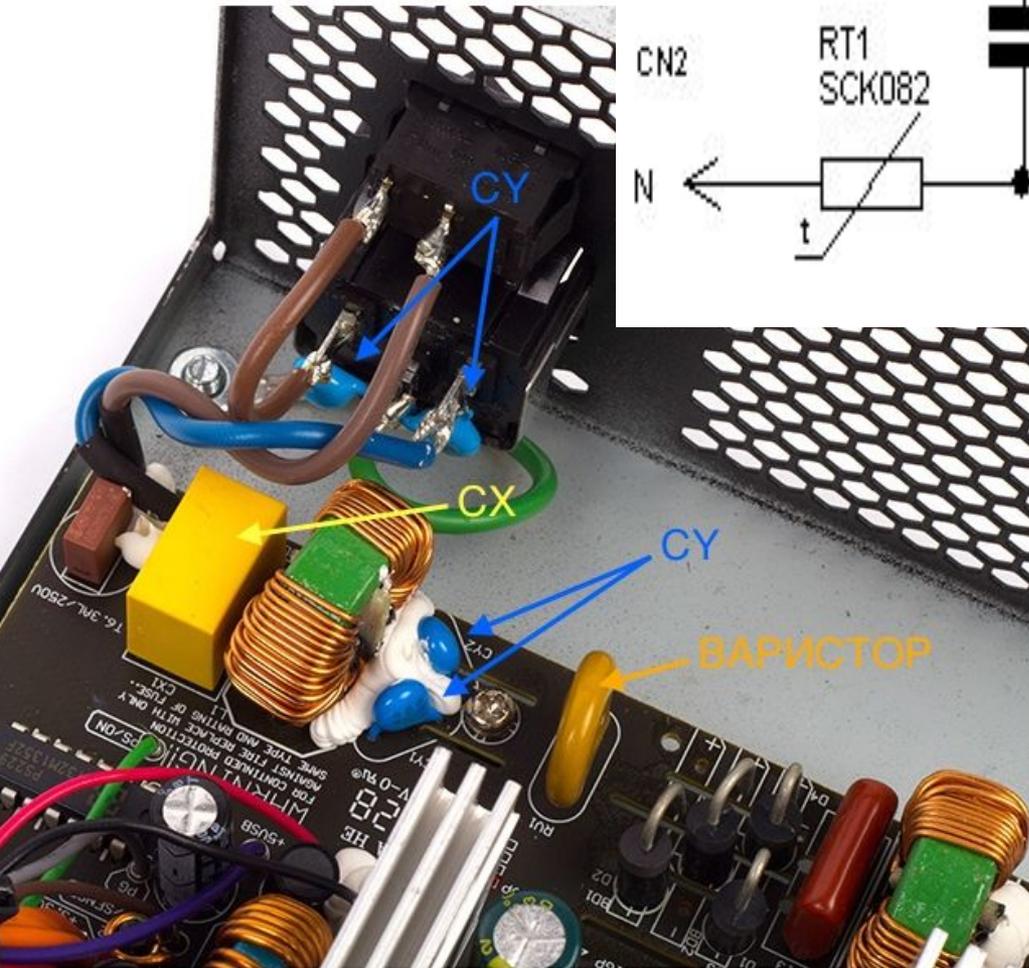
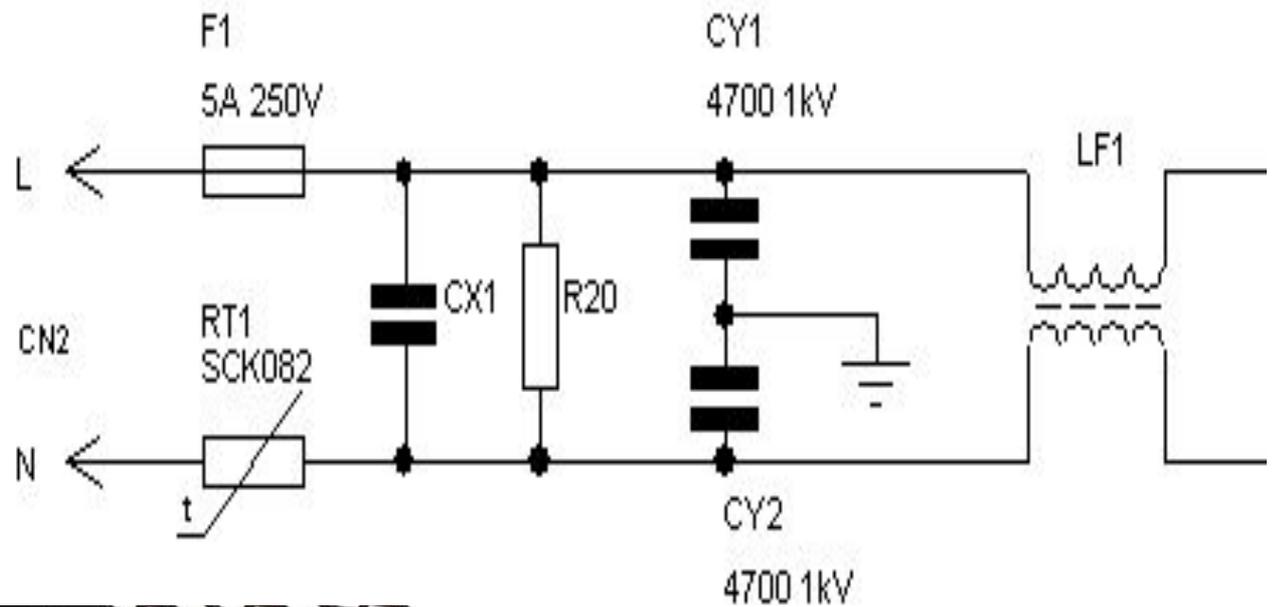
**Кондуктивные помехи:**

- синфазные (common-mode)**
- дифференциальные (differential-mode).**

# Функциональные элементы блока питания ПК

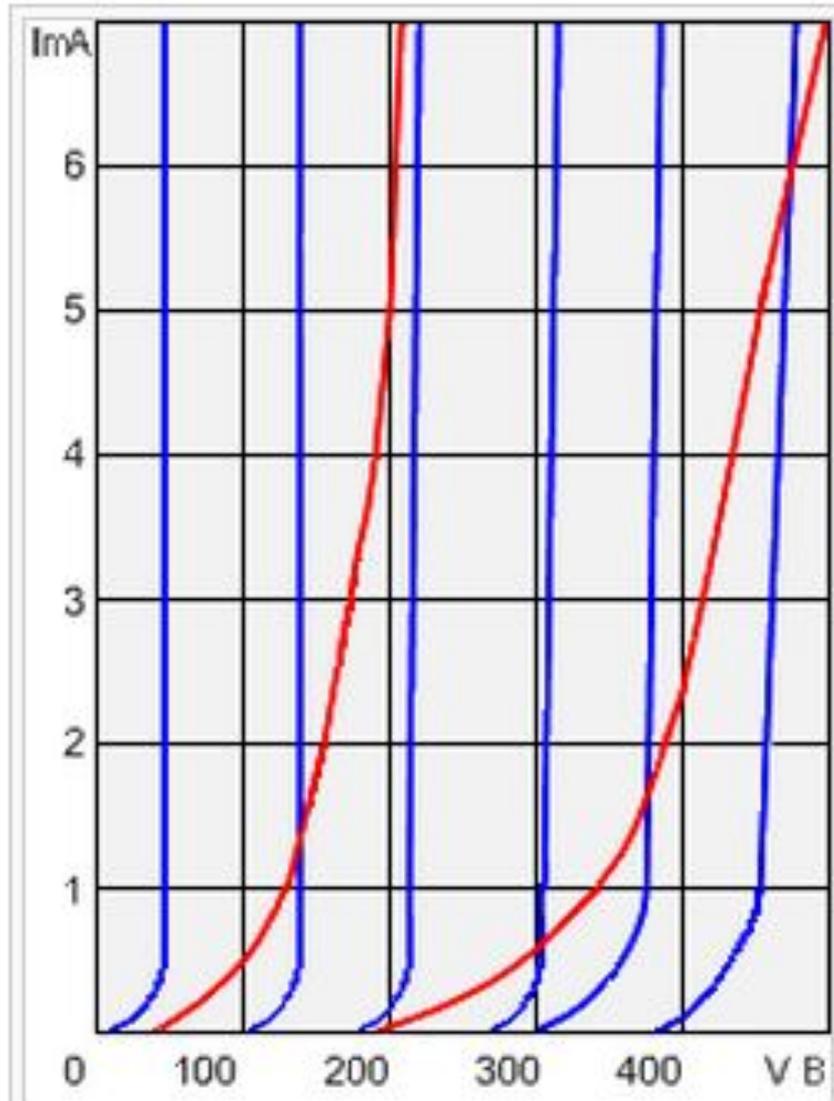
## Сетевой фильтр



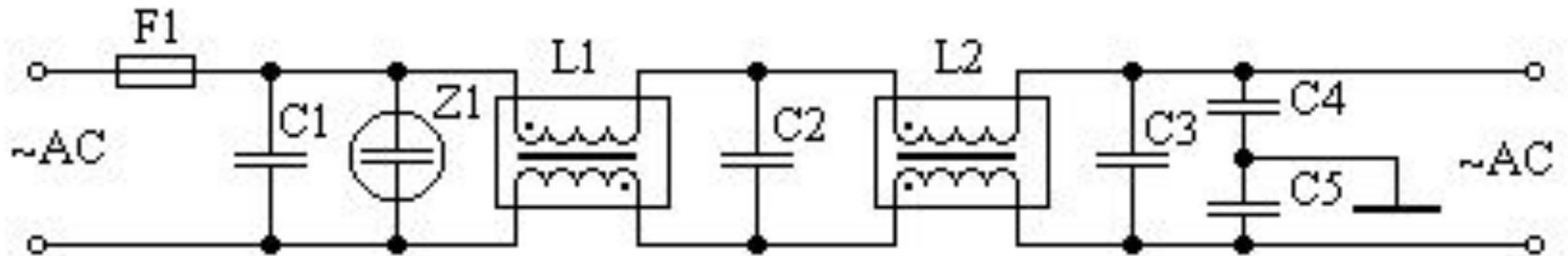


Сетевой фильтр

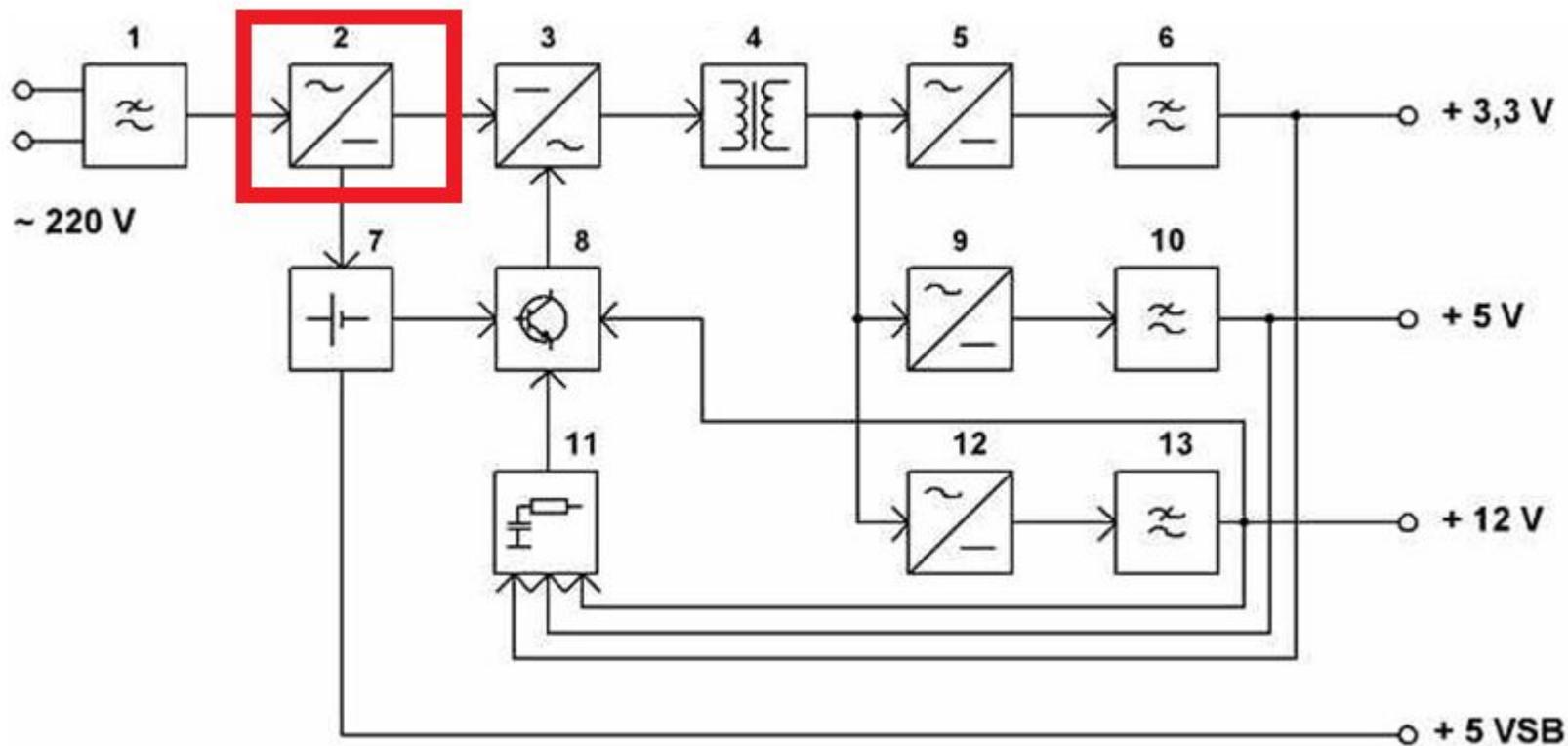
# ВАХ варистора



# Схема заградительного фильтра системного модуля



# Низкочастотный выпрямитель



# Стабилизаторы

## Классификация стабилизаторов

**Стабилизаторы классифицируют по ряду признаков:**

1) по роду стабилизируемой величины

- стабилизаторы напряжения
- стабилизаторы тока;

2) по способу стабилизации

- параметрические стабилизаторы
- компенсационные стабилизаторы.
- стабилизаторы непрерывного регулирования
- стабилизаторы импульсного регулирования

## Коэффициент стабилизации по напряжению

$$K_{\text{ст}U} = \frac{\frac{\Delta U_{\text{вх}}}{U_{\text{вх}}}}{\frac{\Delta U_{\text{обх}}}{U_{\text{обх}}}}$$

## Коэффициент стабилизации тока

$$K_{\text{ст}I} = \frac{\frac{\Delta U_{\text{вх}}}{U_{\text{вх}}}}{\frac{\Delta I_{\text{н}}}{I_{\text{н}}}}$$

- Коэффициент полезного действия стабилизатора

$$\eta_{ст} = \frac{P_n}{P_n + P_{п}}$$

где  $P_n$  — полезная мощность в нагрузочном устройстве;  $P_{п}$  — мощность потерь.

$\alpha_{стU} = \frac{\Delta U_{ст}}{\Delta t}$  (Вольт/градус), показывает на сколько вольт изменится величина стабилизированного напряжения при изменении температуры на 1°C.

# Параметрические стабилизаторы на полупроводниковых приборах

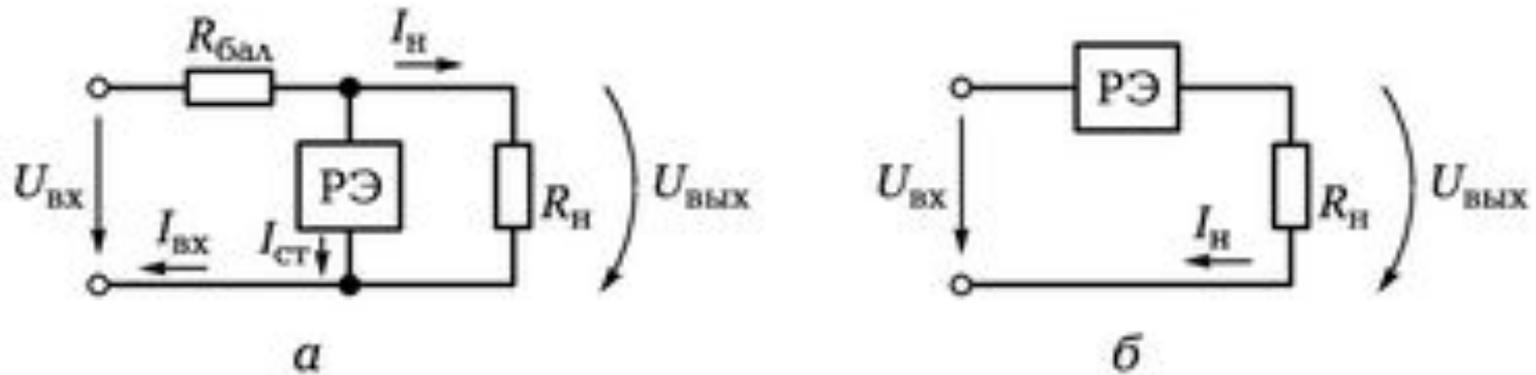
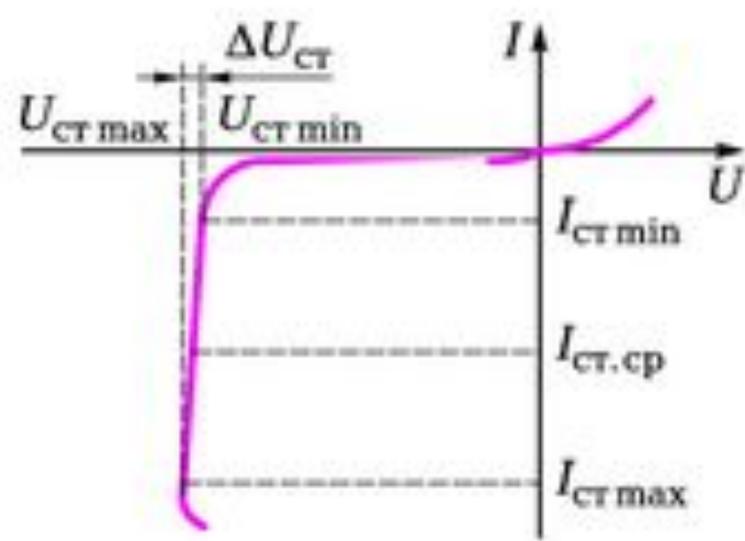


рис. 3.28. Параметрический стабилизатор:



ВАХ стабилитрона

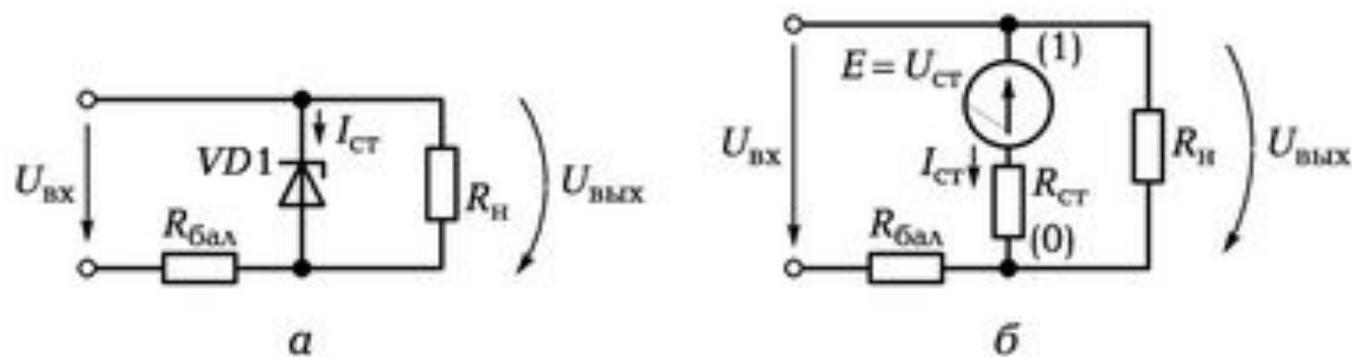
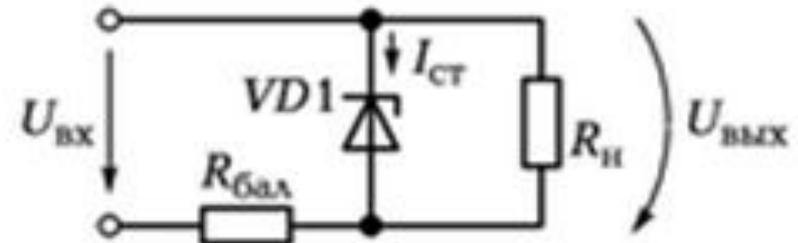
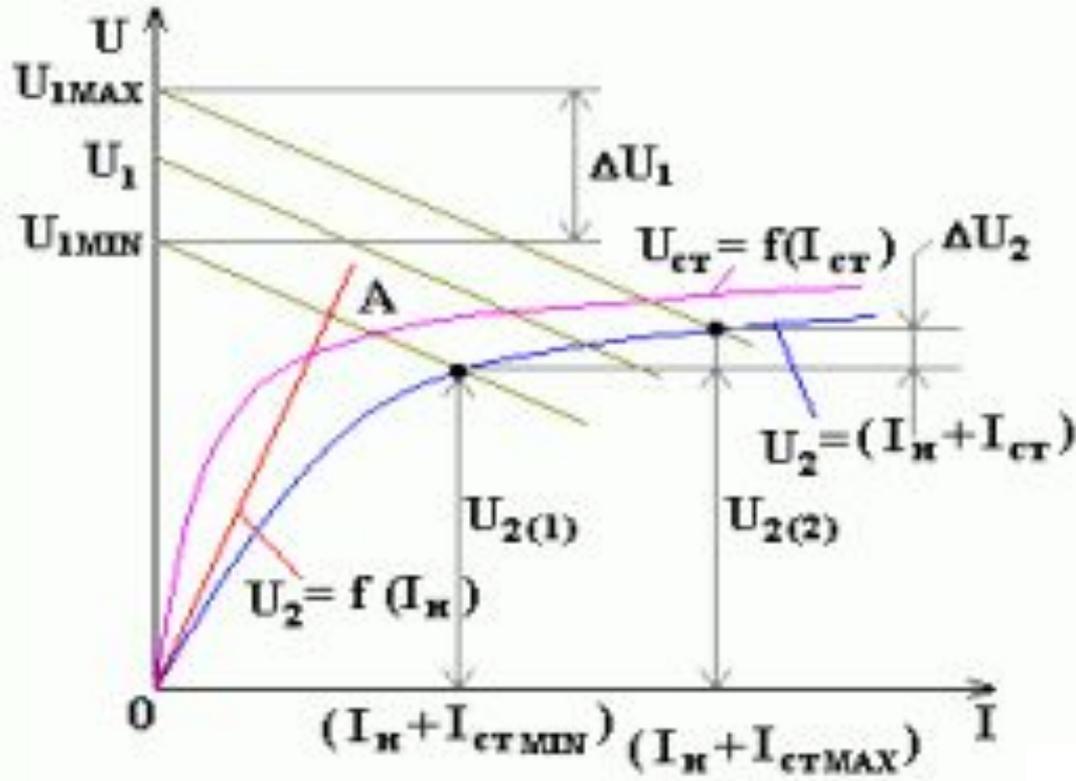
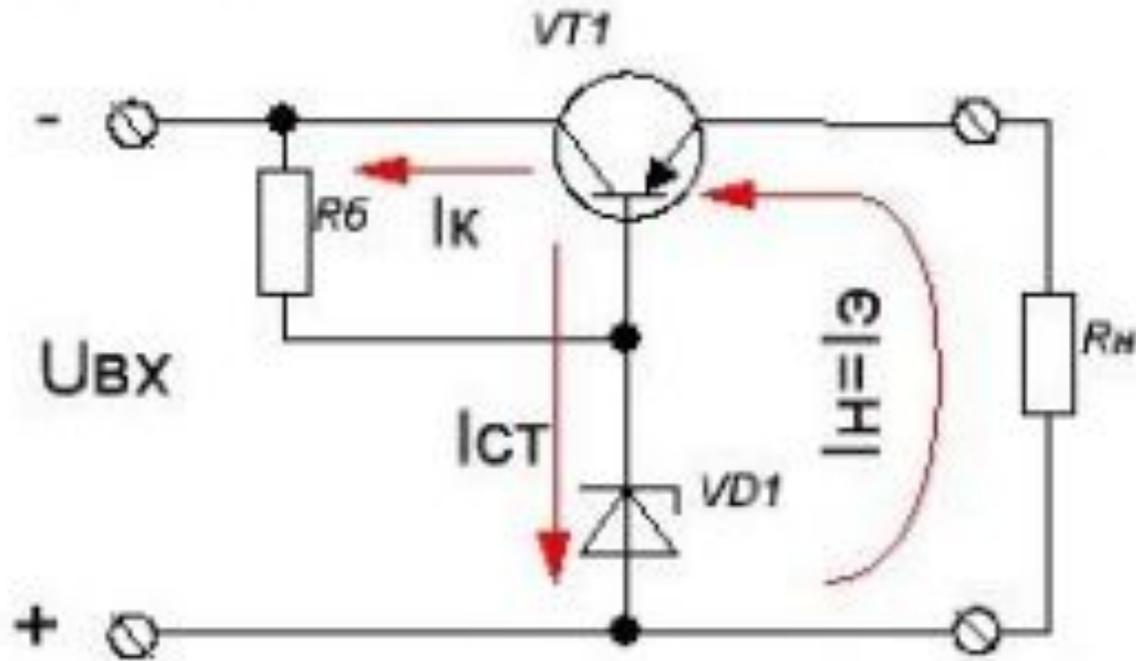


Рис. 3.30. Схема параметрического стабилизатора (а) и его схема замещения (б)

# ВАХ стабилитрона и нагрузки



# Схема параметрического стабилизатора с эмиттерным повторителем

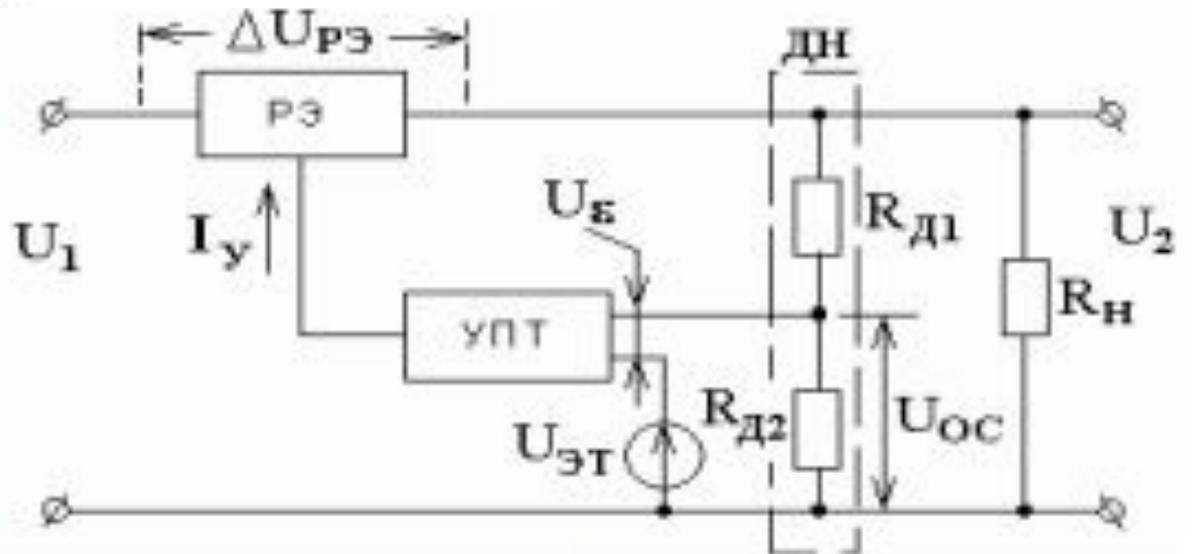
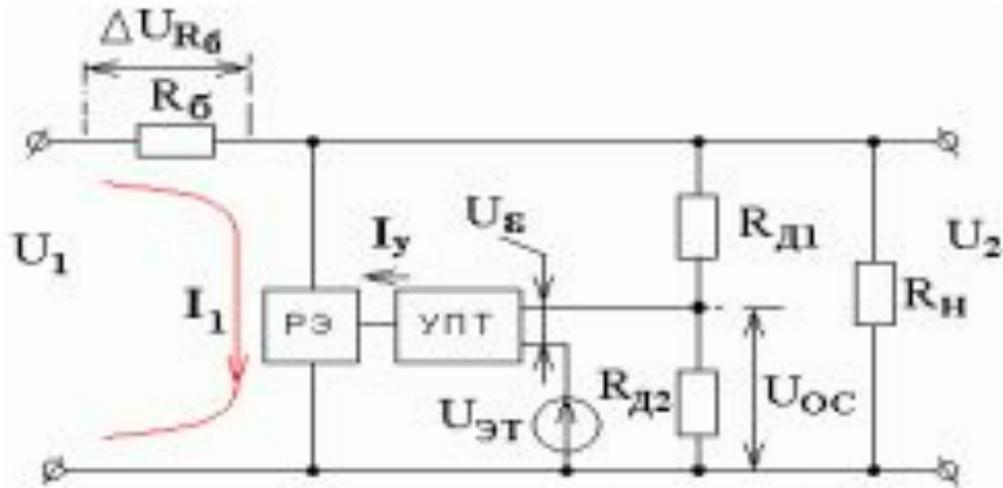


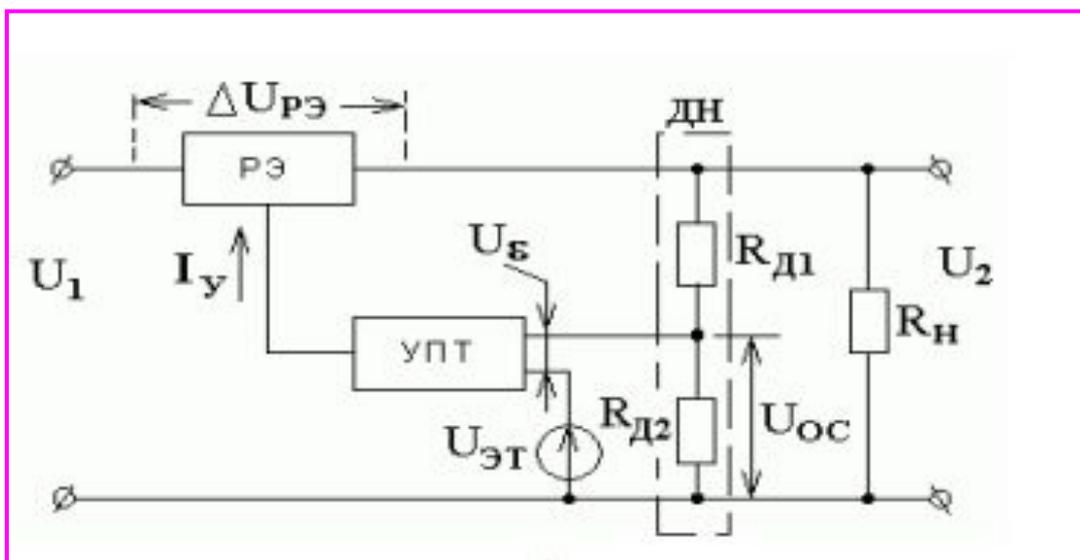
# Расчет элементов диодно-транзисторного стабилизатора.

$$R_1 \approx \frac{\beta(E_1 - U_{\text{ср}})(B)}{2I_H(\text{мА})} (\text{кОМ})$$

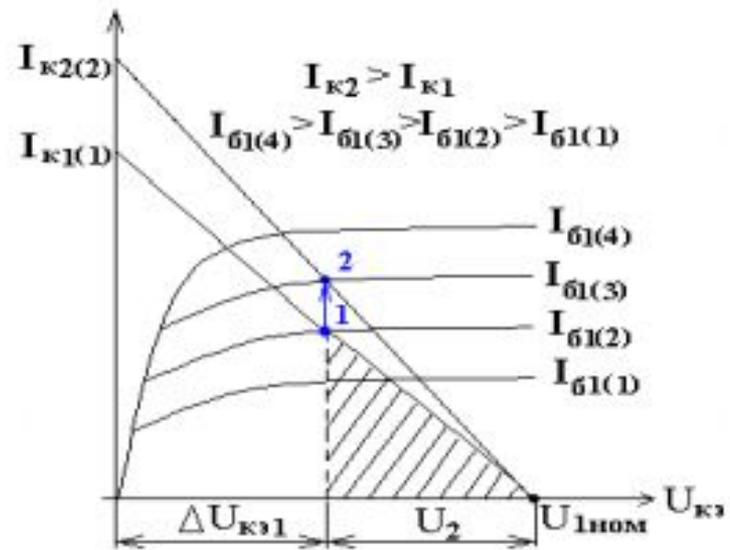
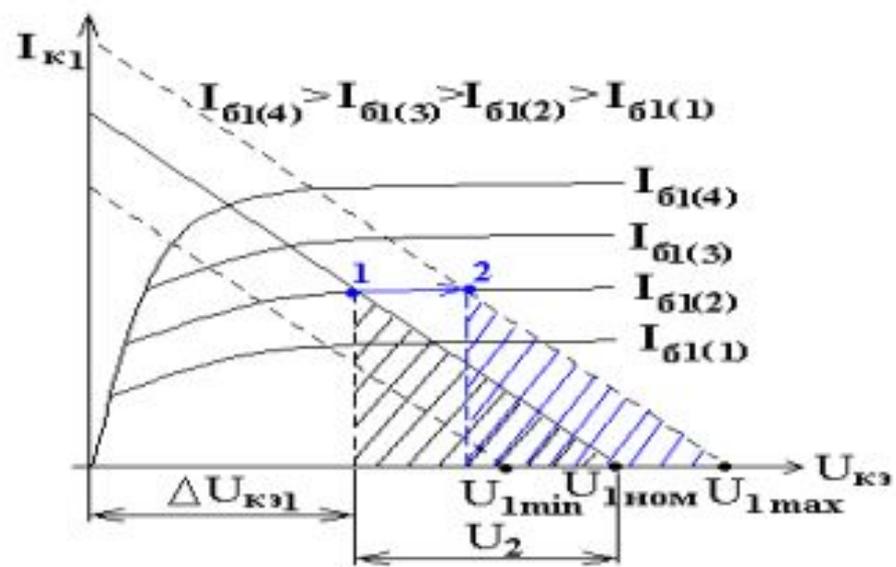
$$R_1 \leq \frac{\beta(E_1 - U_{\text{ср}})(B)}{(2 \div 4)\text{мА}} (\text{кОМ})$$

# Компенсационные стабилизаторы непрерывного действия

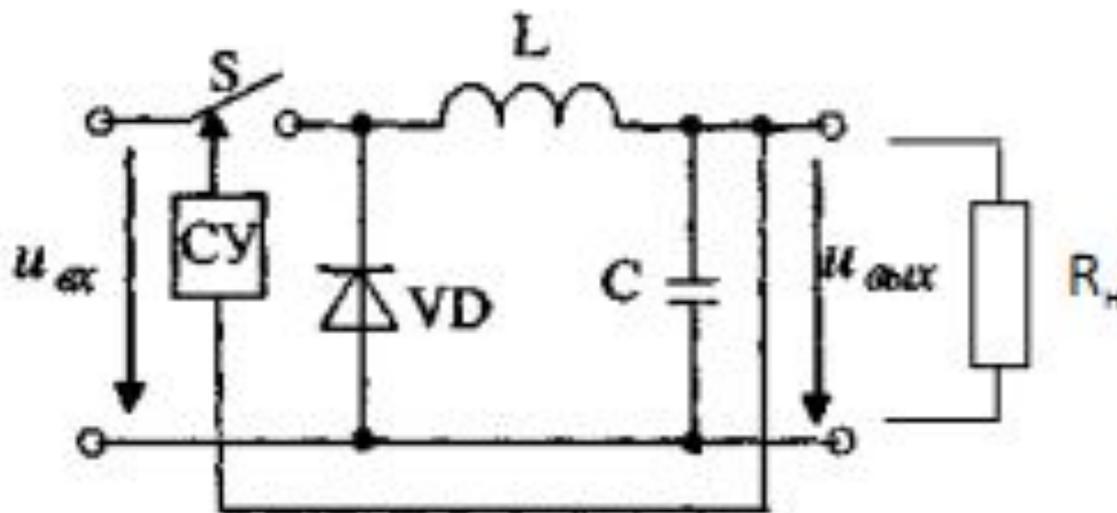


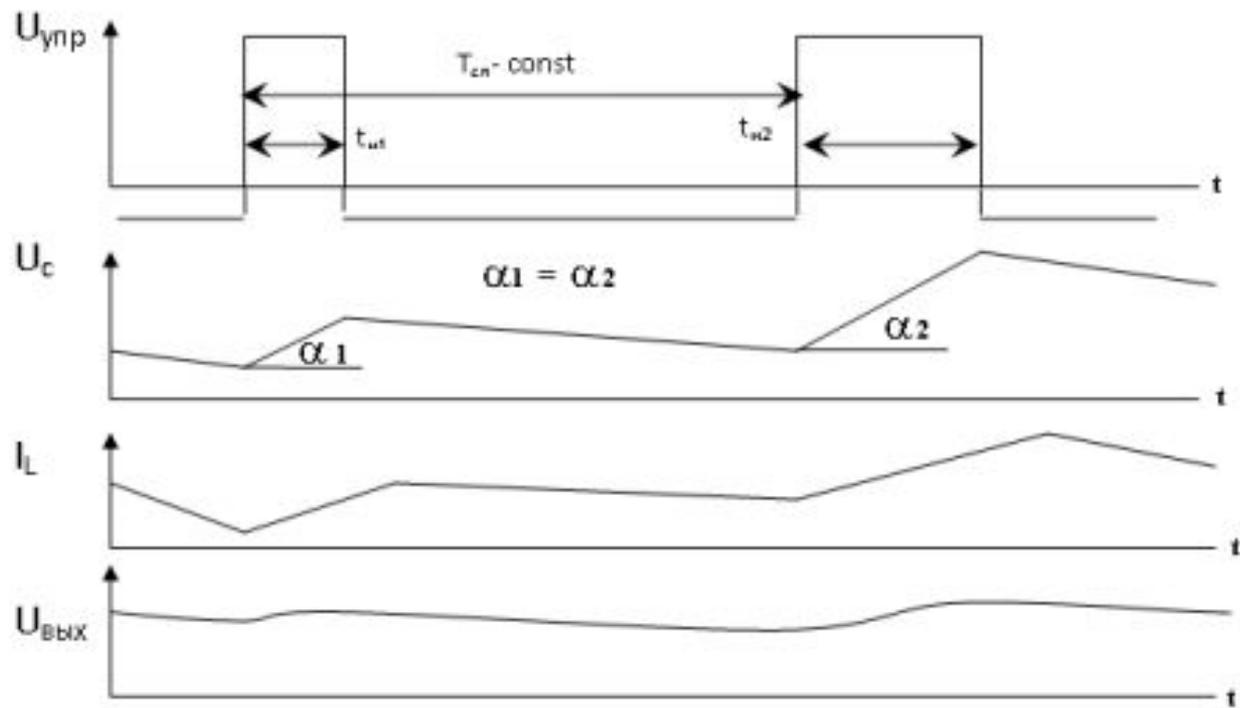


В компенсационном стабилизаторе непрерывного действия регулирующий транзистор работает в активном режиме!



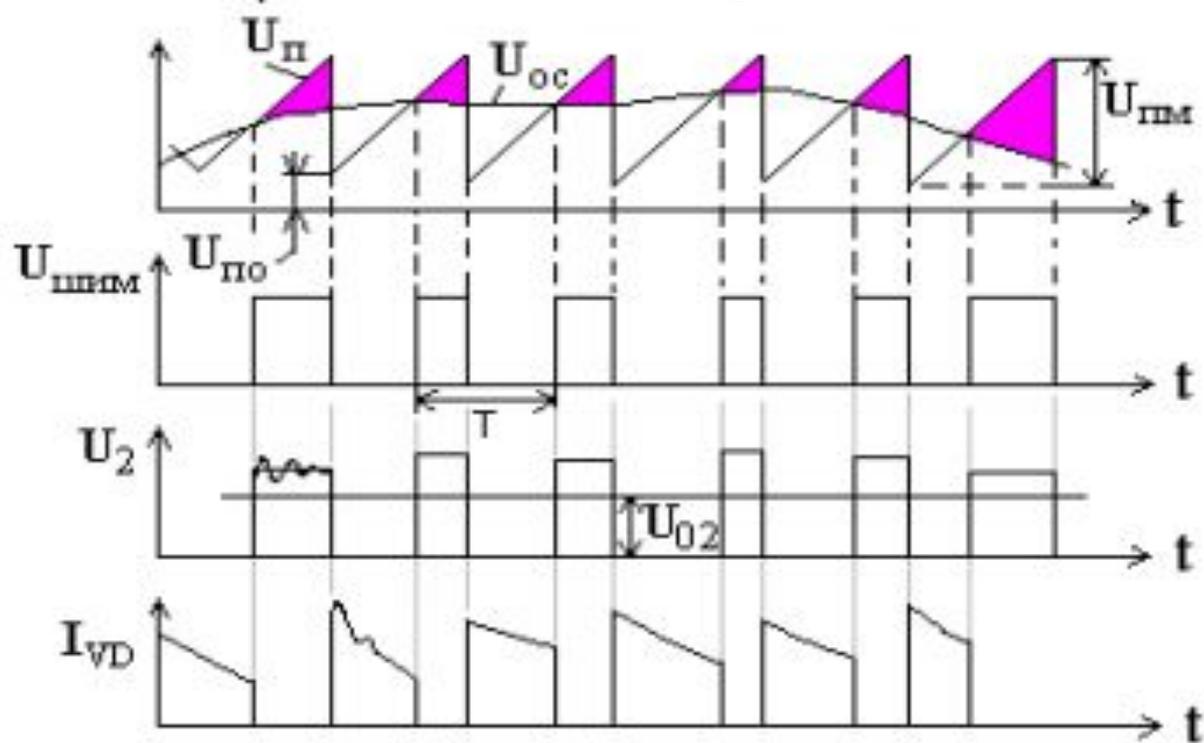
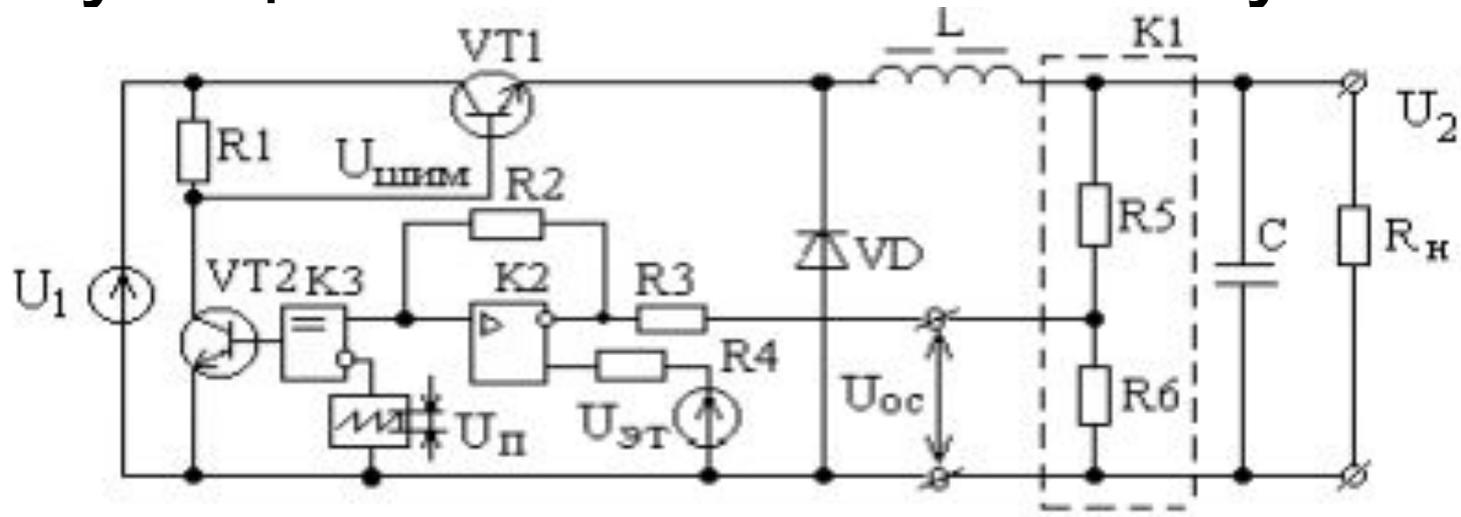
# Импульсный стабилизатор напряжения





Осциллограммы напряжений импульсного СЧ

# Функциональная схема импульсного



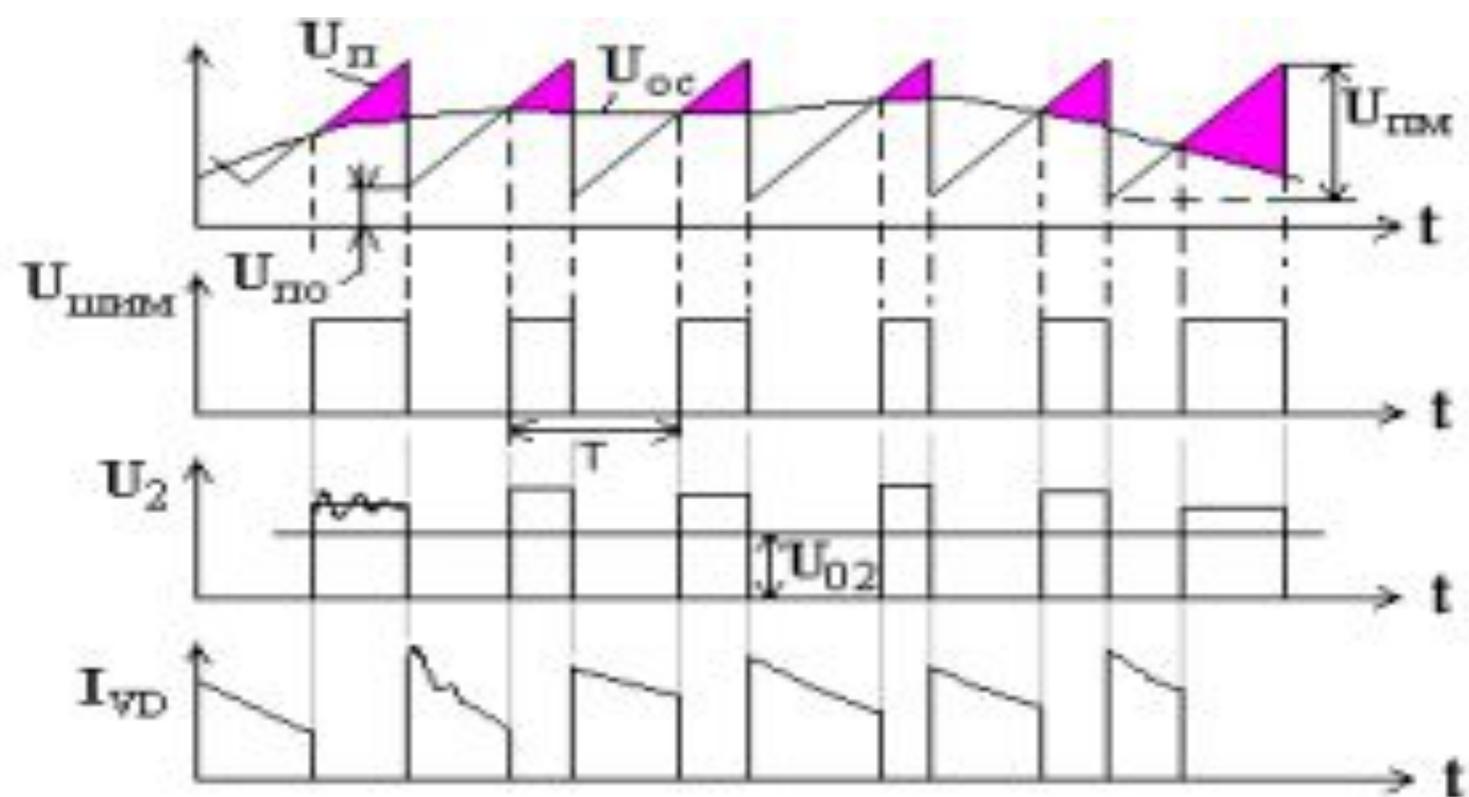


Рисунок 51 - Осциллограммы импульсного СП

# Выходное напряжение импульсного стабилизатора

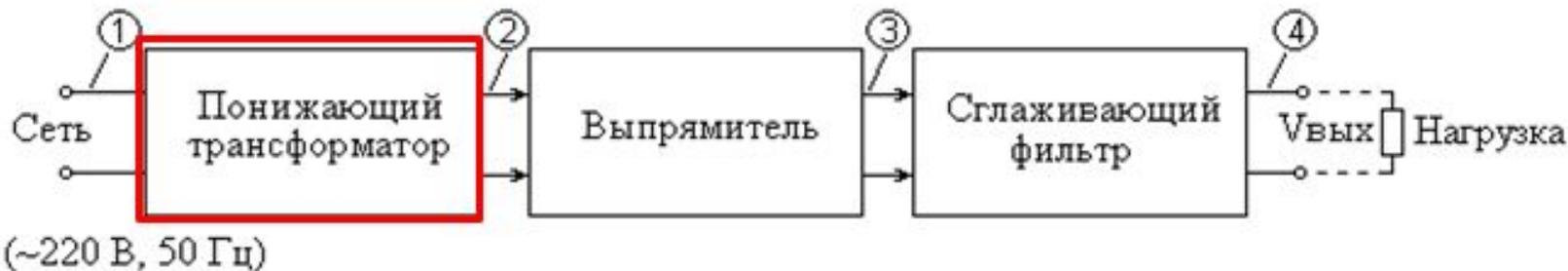
$$U_{\text{вых}} = U_{\text{вх}} * \left(1 - \frac{t_{\text{и}}}{T}\right) - I_0 * r$$

где:  $r$  – сопротивление зарядной цепи  $r = R_n + r_{\text{др}}$

$t_{\text{и}}$  – длительность импульсов управления

$T$  – период следования импульсов управления.

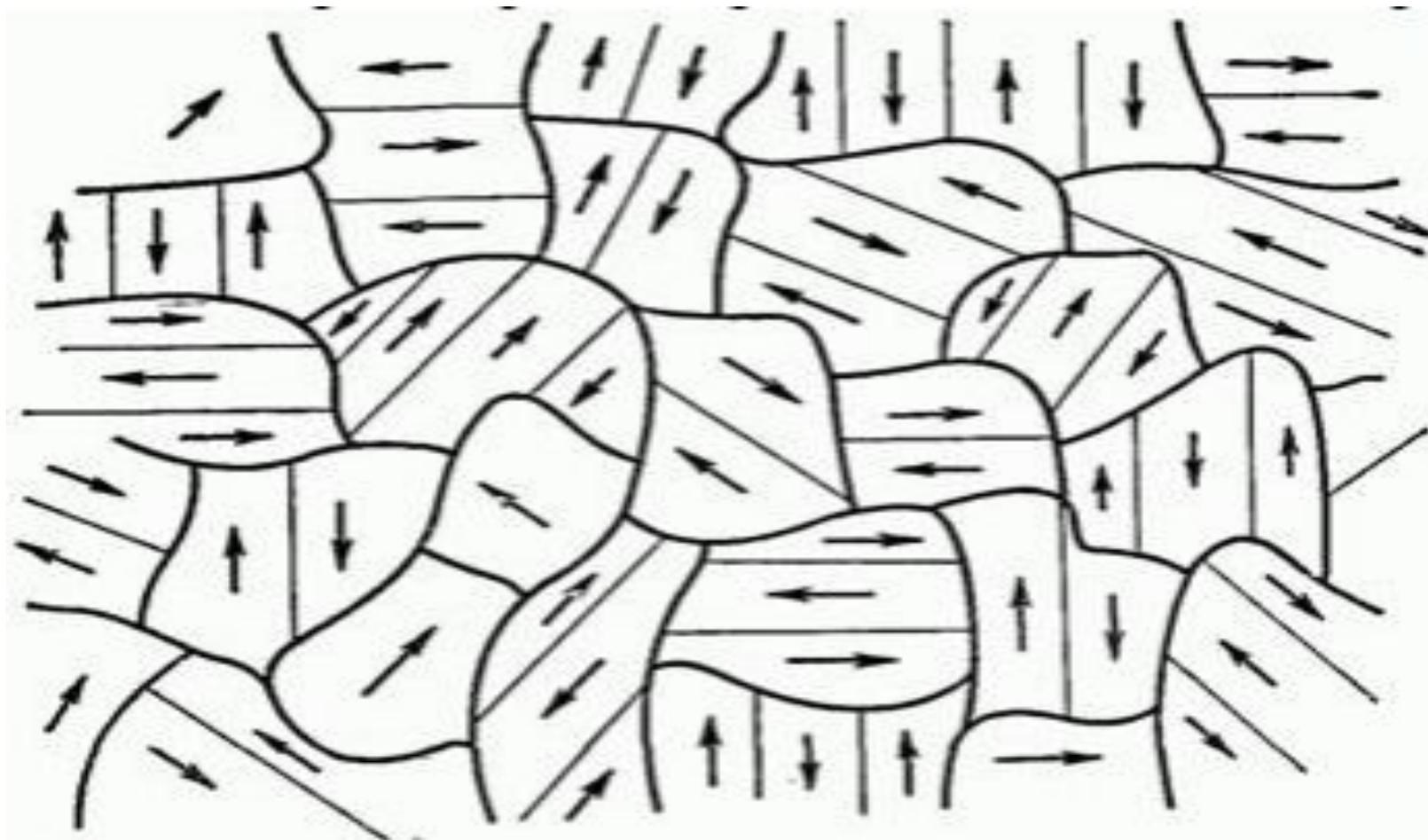
# Линейный источник питания



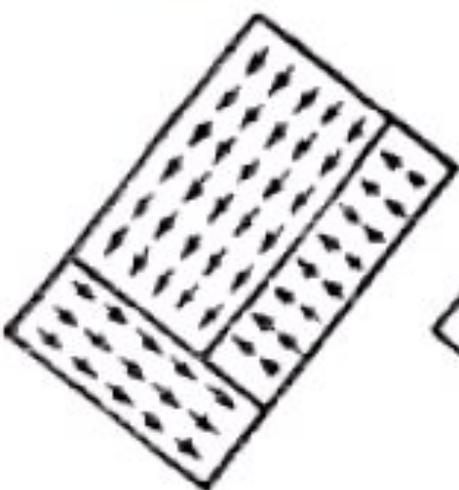
# Импульсный источник питания



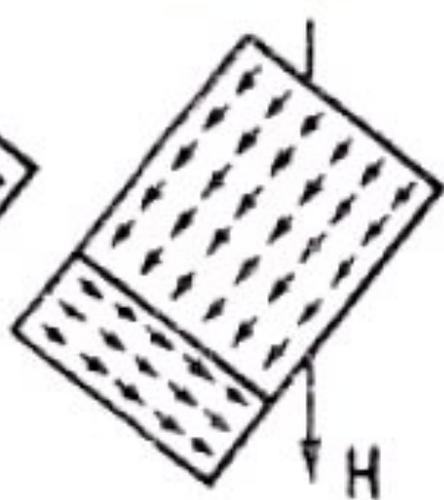
# Доменная структура ферромагнетика



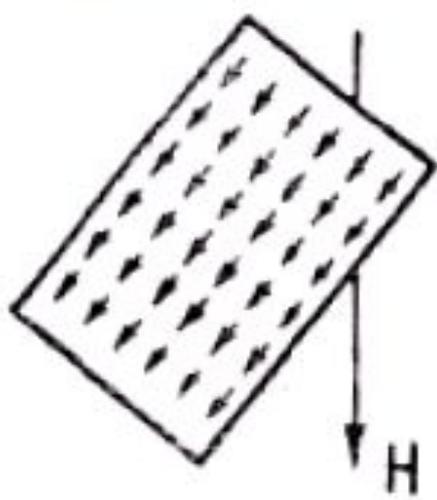
Поля нет



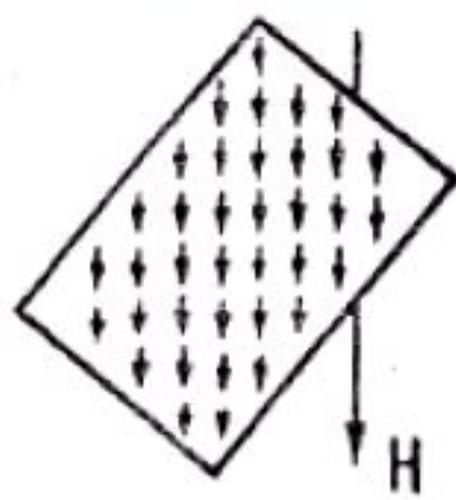
Слабое поле

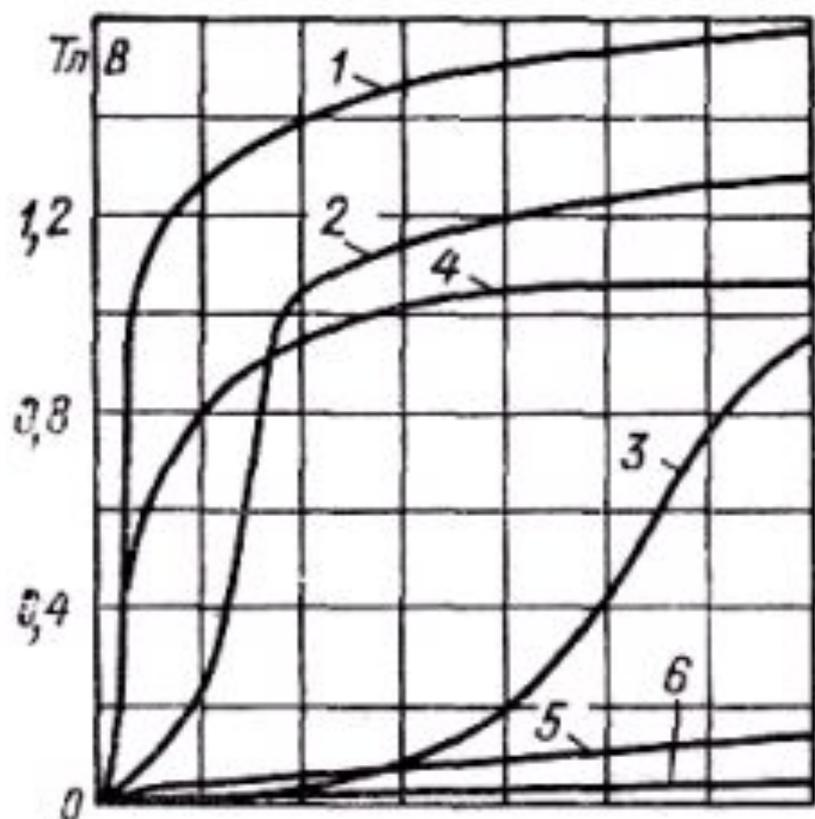


Сильное поле



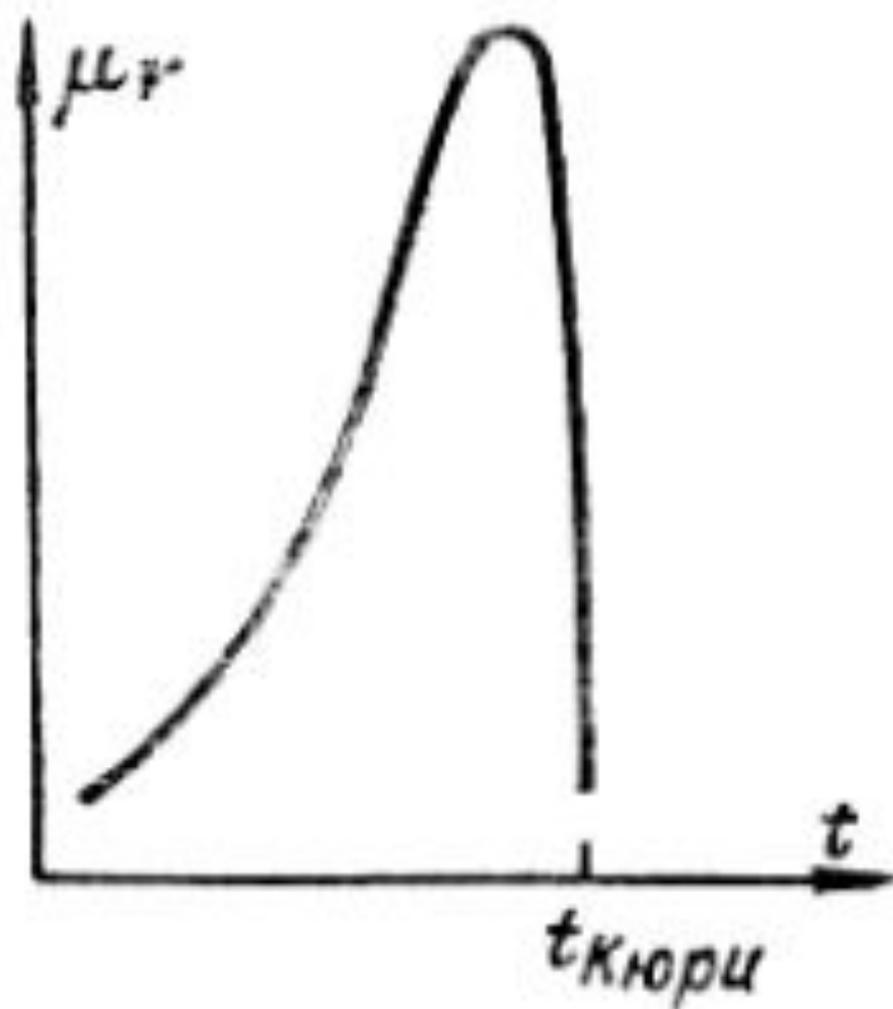
Насыщение





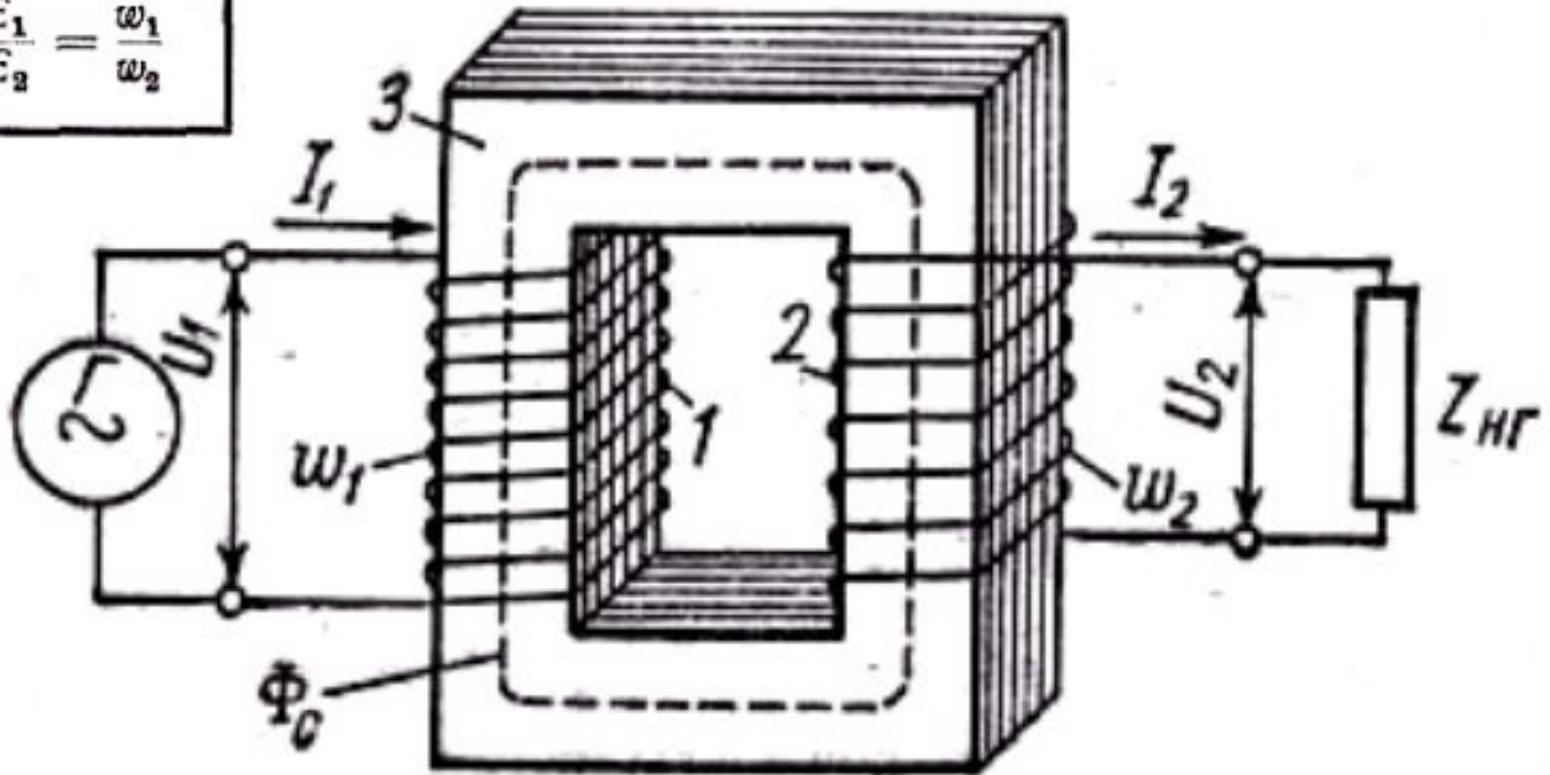
- 1 — железо особо чистое;
- 2 — железо чистое (99,98 % Fe);
- 3 — железо технически чистое (99,92 % Fe);
- 4 — пермаллой (78 % Ni);
- 5 — никель;
- 6 — сплав железо-никель (26 % Ni).

Для чистого железа точка Кюри составляет  $768\text{ }^{\circ}\text{C}$ , для никеля –  $358$

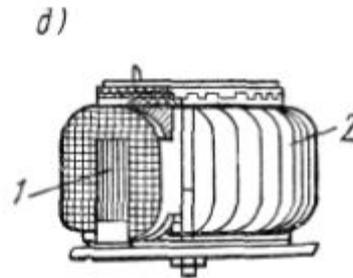
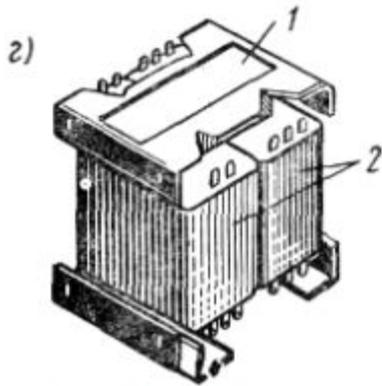
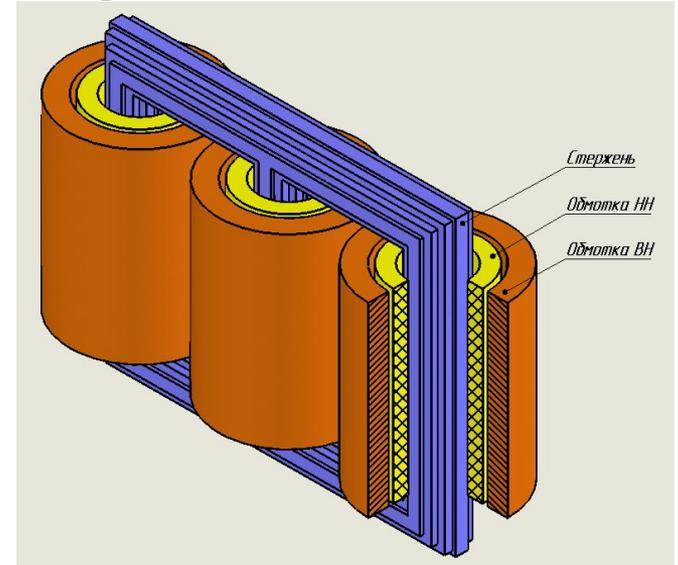
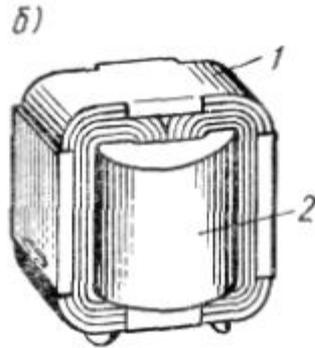
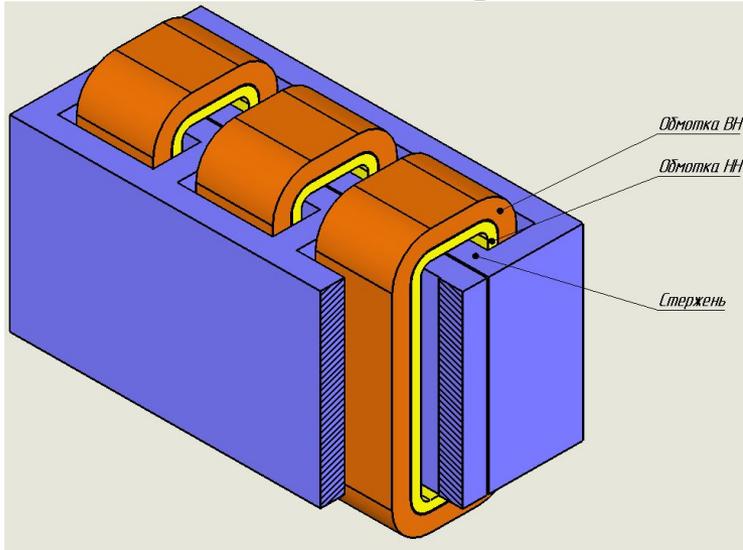


# Принцип устройства трансформатора

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{E_1}{E_2} = \frac{\omega_1}{\omega_2}$$



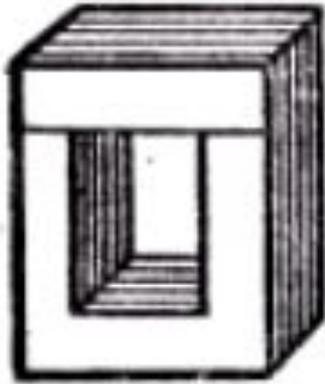
# Виды магнитопроводов трансформаторов



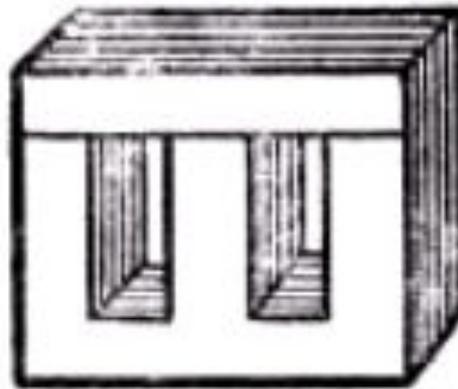
ис. 3.2. Устройство трансформаторов малой мощности: *а* и *б* – броневые; *в* и *г* – стержневые; *д* – тороидальный.

# Магнитопроводы из штампованных пластин

*а)*



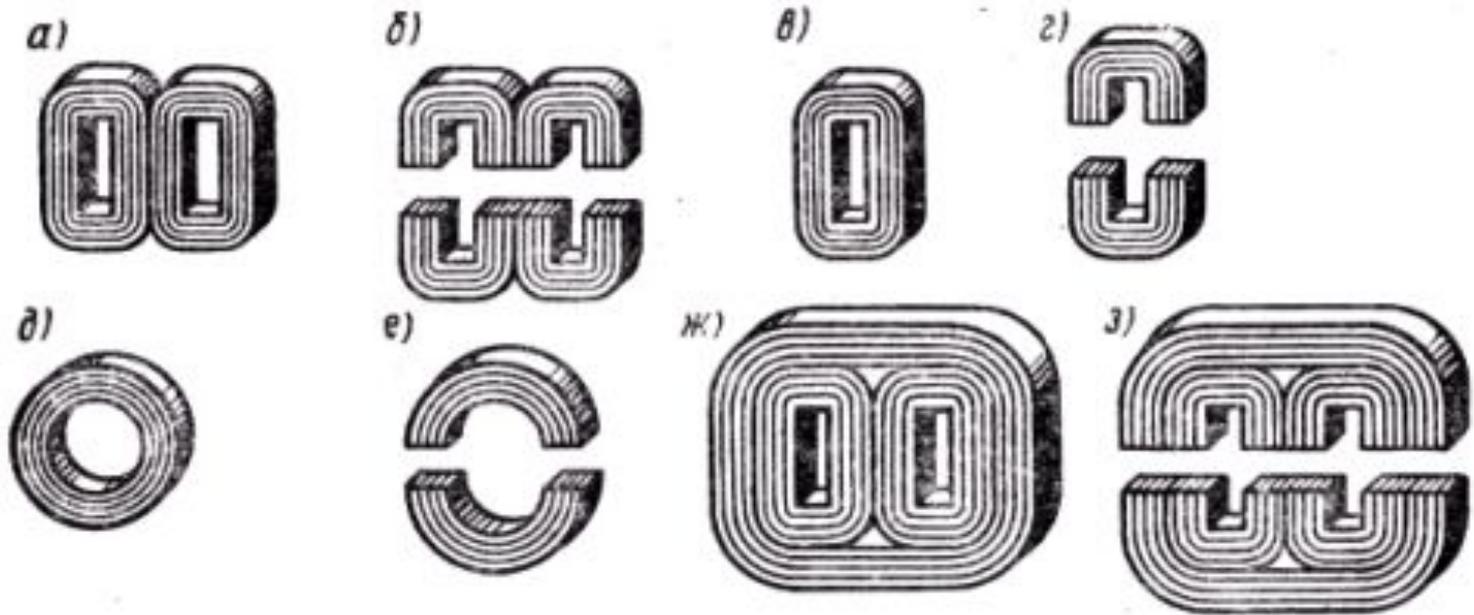
*б)*



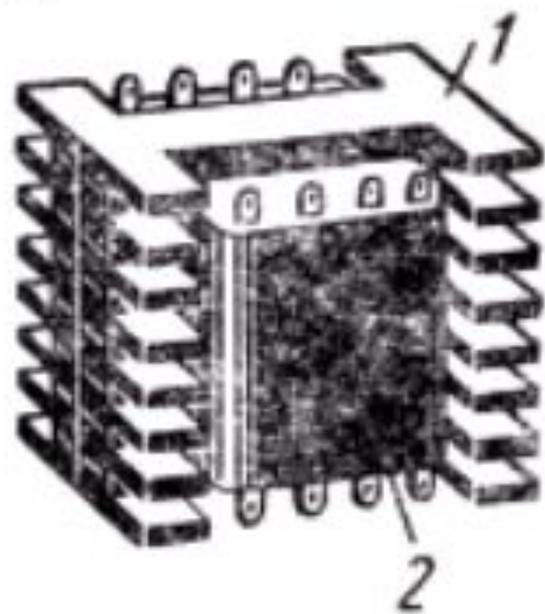
*в)*



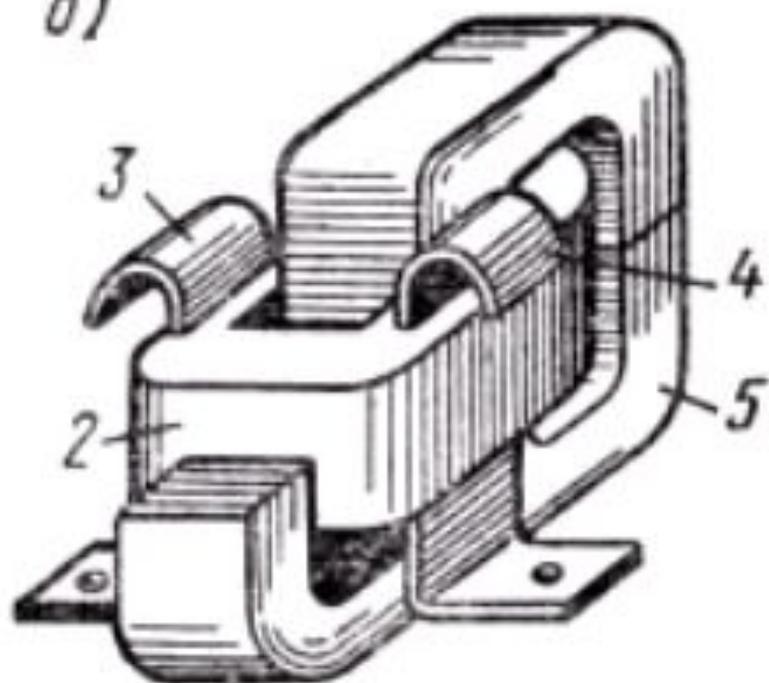
# Устройство ленточных магнитопроводов трансформаторов.

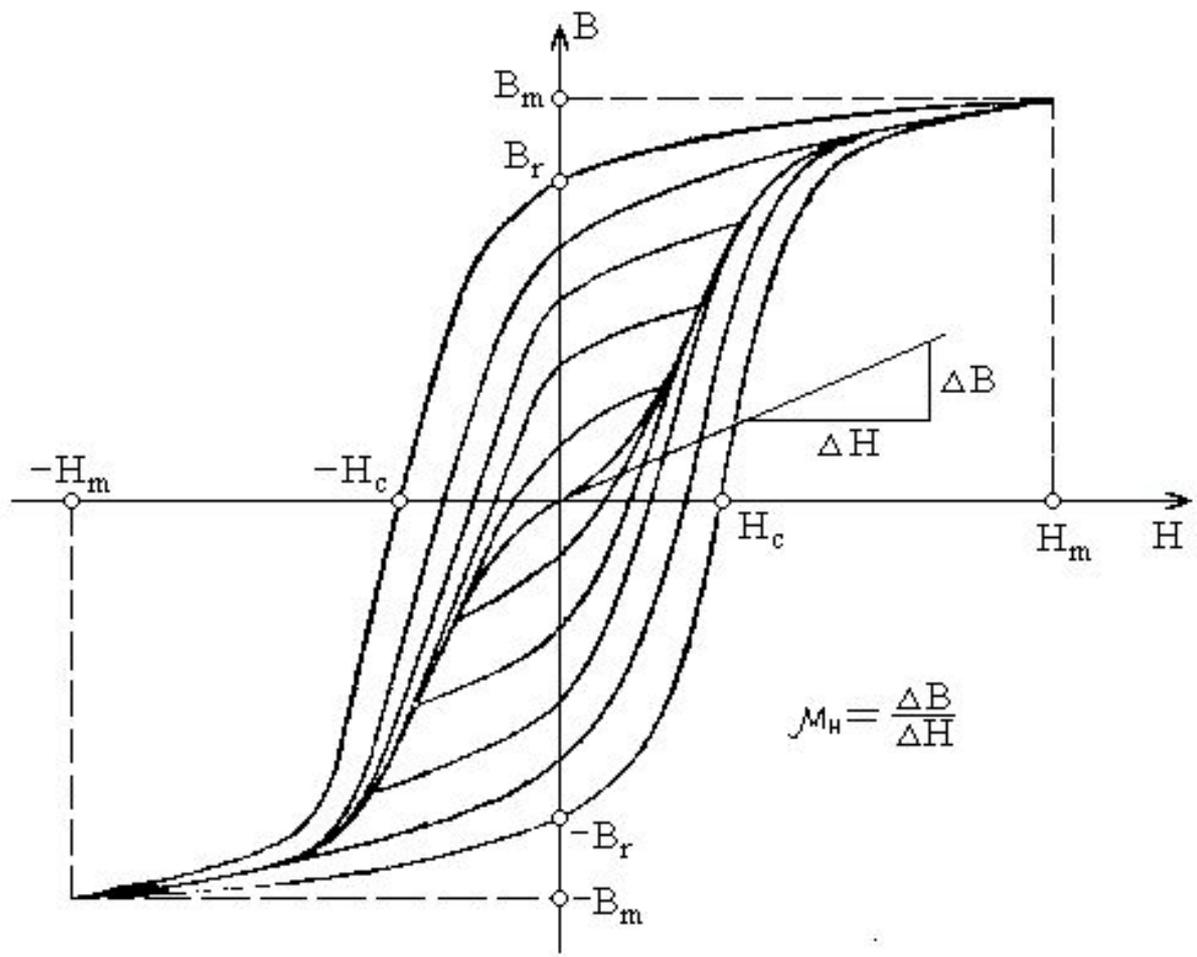


a)

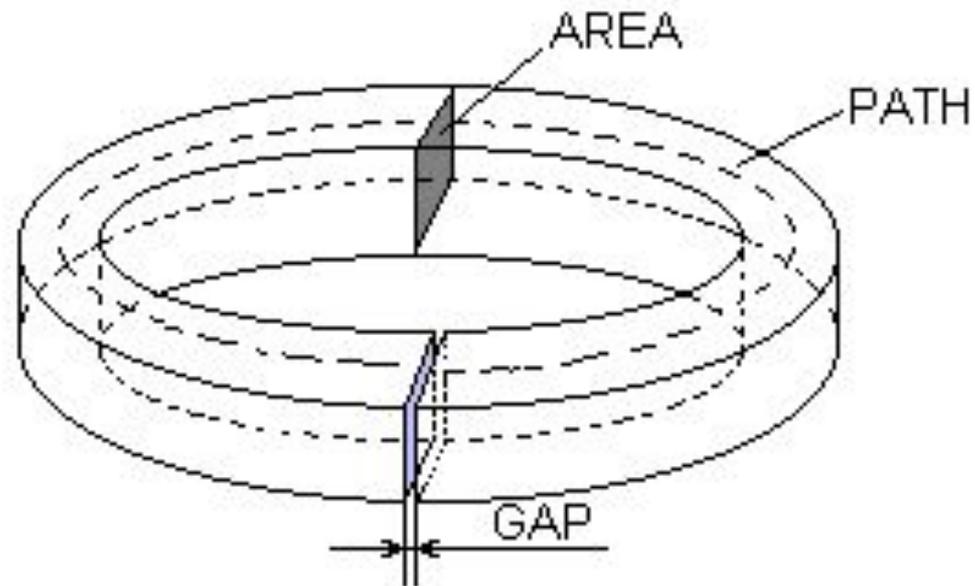


б)

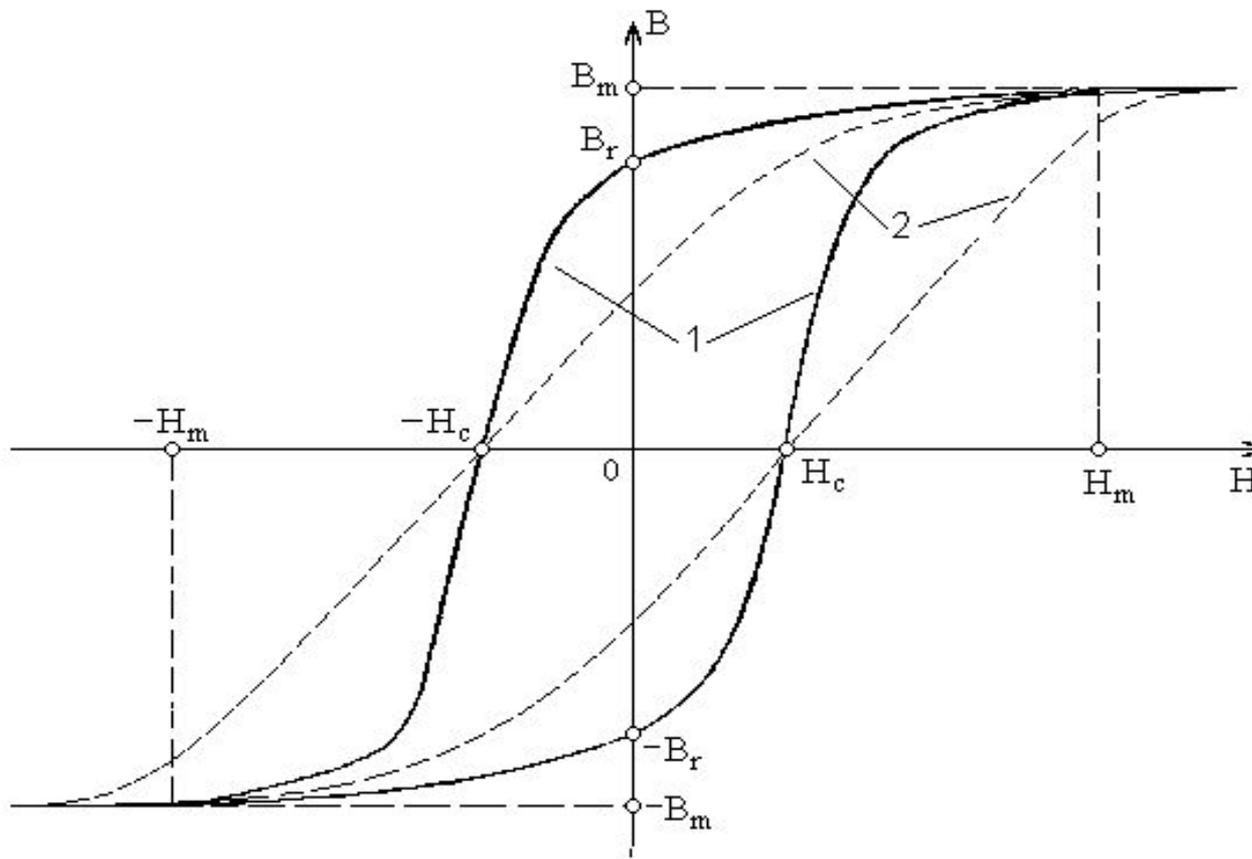




# Магнитопровод тороидальной с воздушным зазором



# ***Влияние воздушного зазора на форму петли гистерезиса***



# Преобразователи напряжения в импульсных источниках электропитания

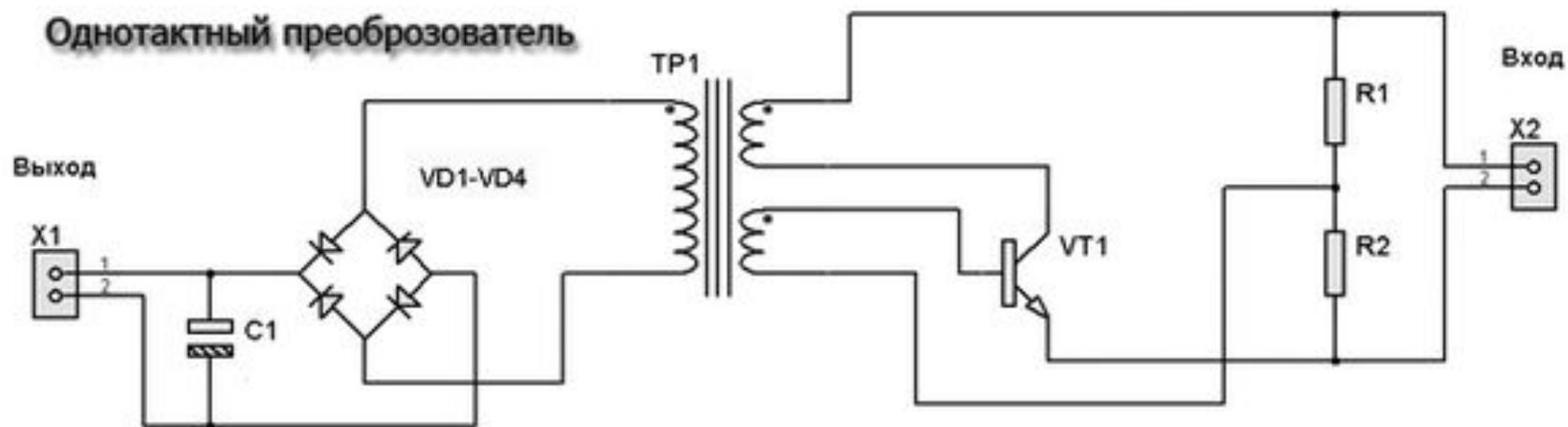
По числу фаз переменного напряжения на выходе инвертора преобразователи напряжения делятся на:

- однофазные
- двухфазные

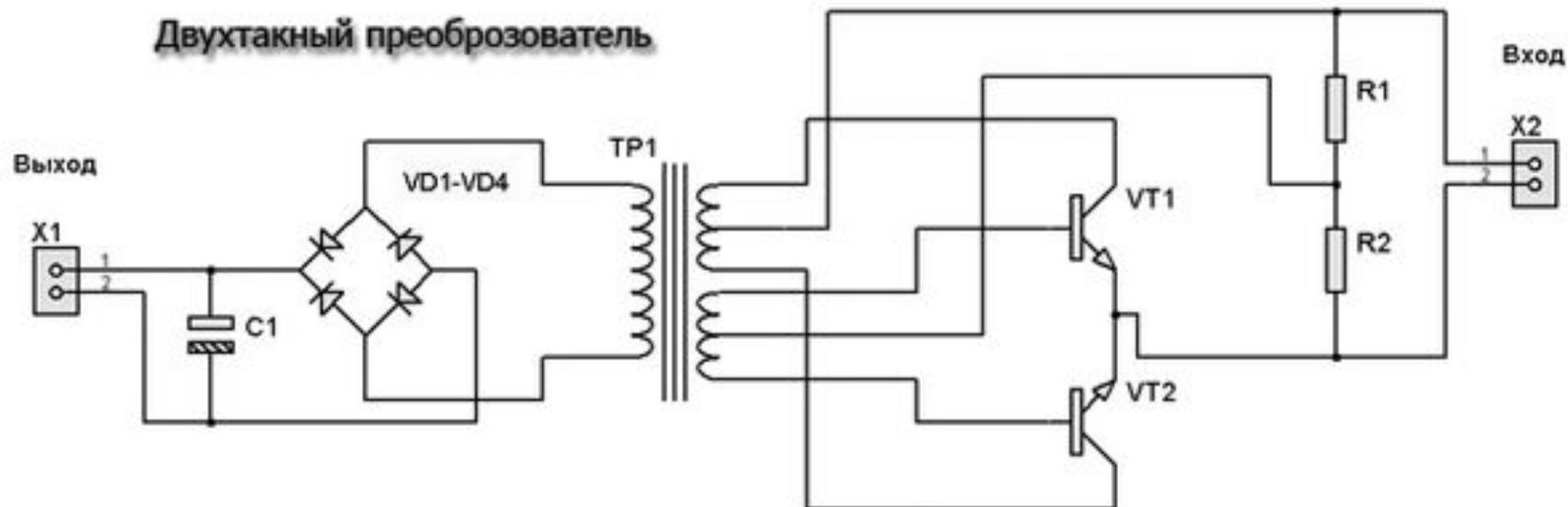
По степени использования фазы:

- Однотактные (прямоходовые и обратнoходовые)
- Двухтактные (схемы с выводом от средней точки трансформатора, мостовые и полумостовые)

### Однотактный преобразователь

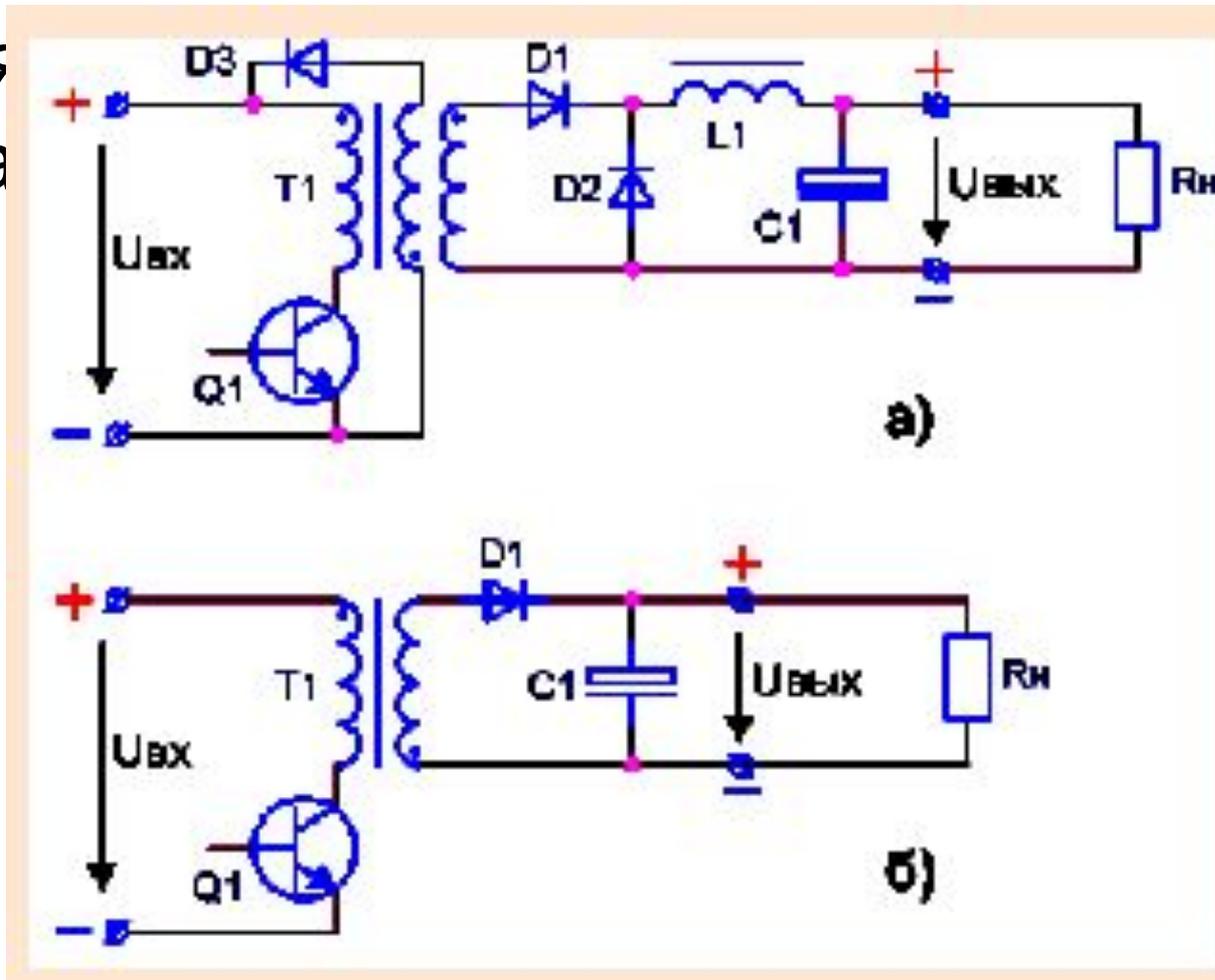


### Двухтактный преобразователь



По способу использования электрической энергии схемы преобразователей делятся на:

- а пря  
обра

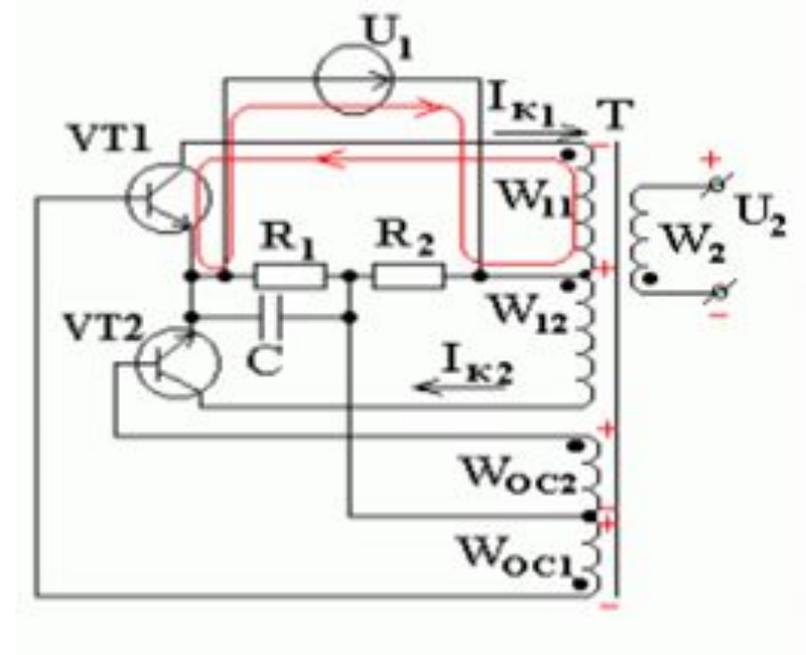
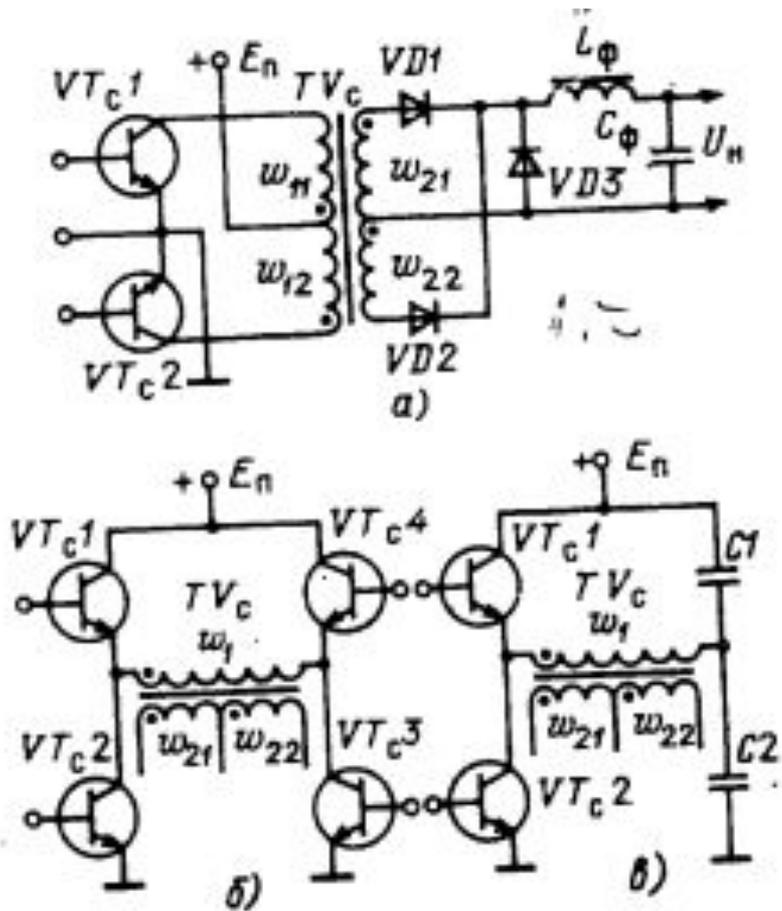


# Преобразователи напряжения в импульсных источниках электропитания

По способу управления:

- с самовозбуждением  
(авторегулируемые)
- с внешним управлением

# Двухтактные преобразователи напряжения



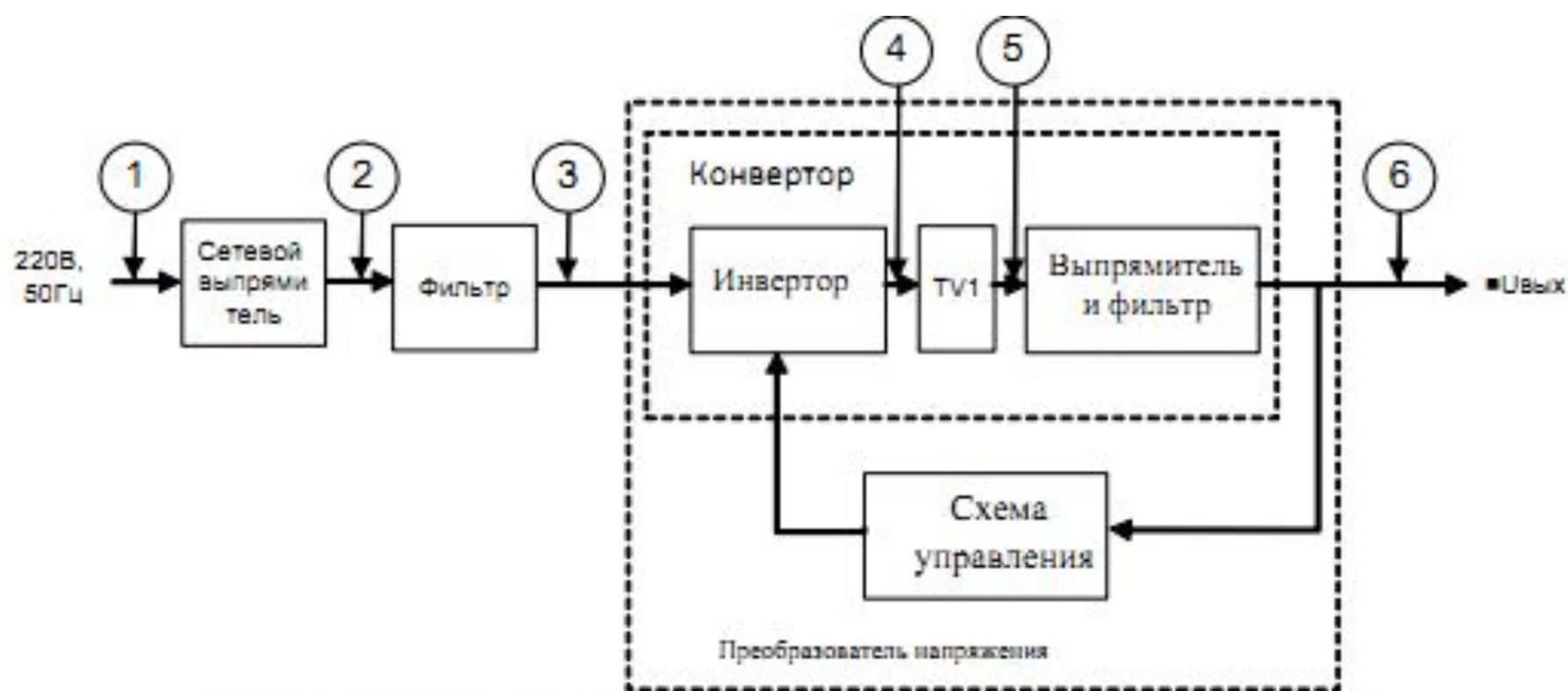
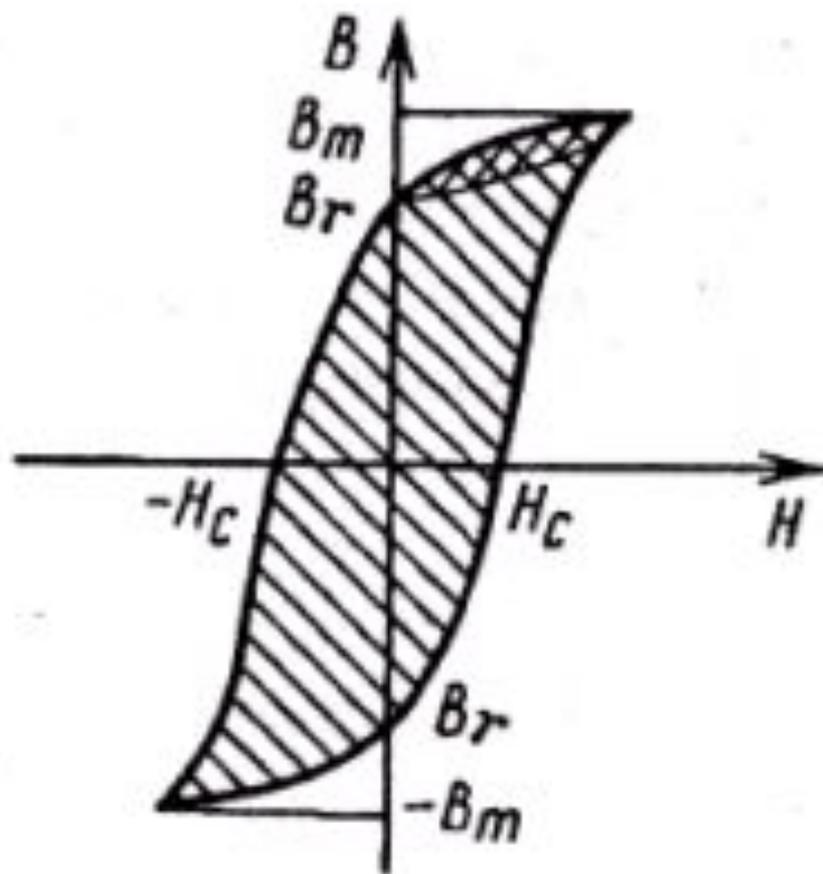
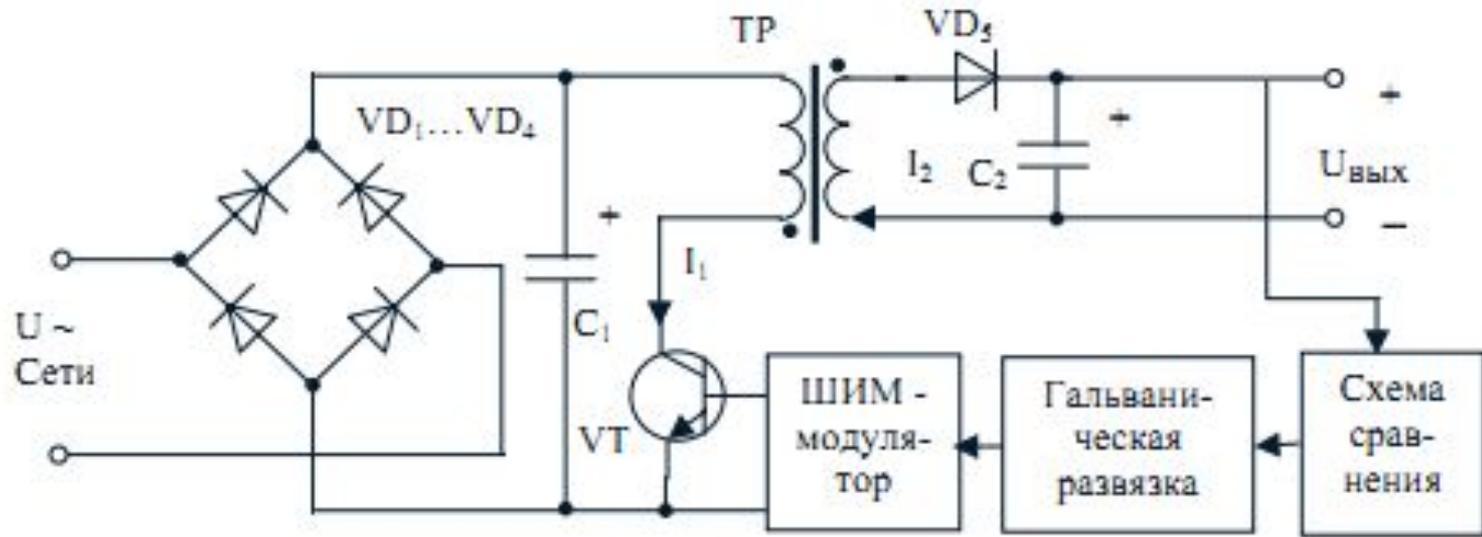


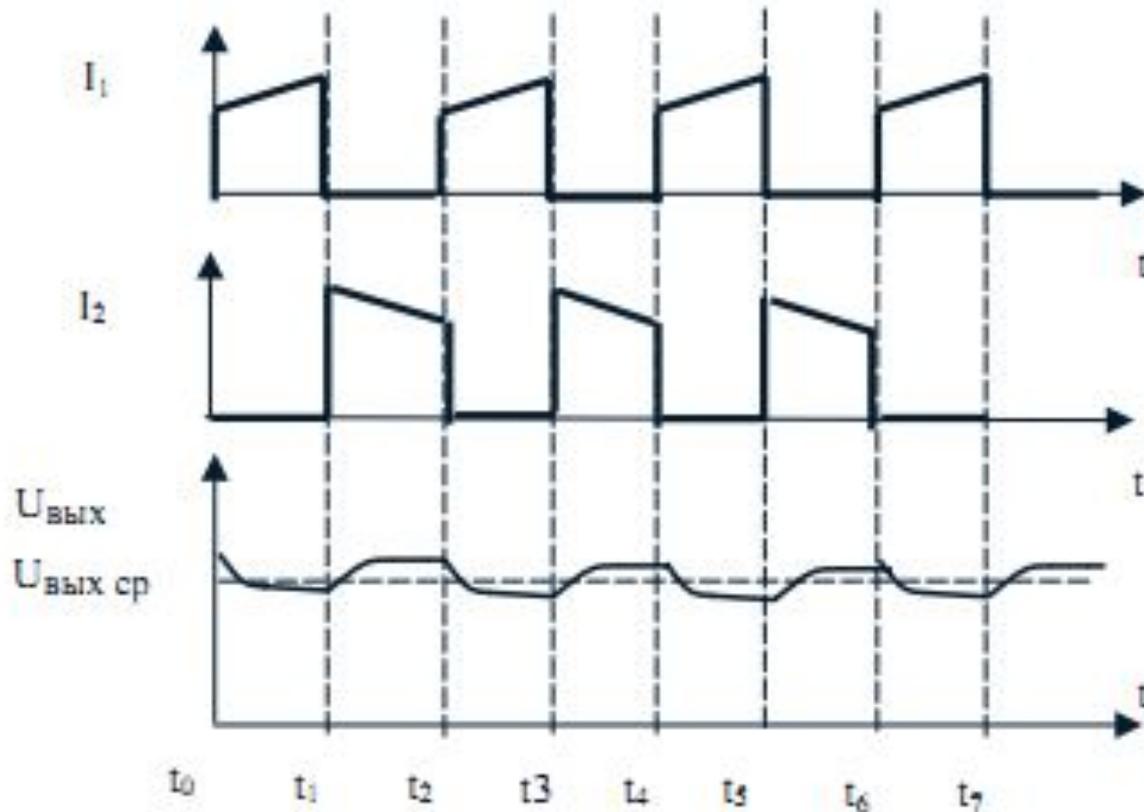
Рисунок 11 - Структурная схема ВИП с преобразованием частоты



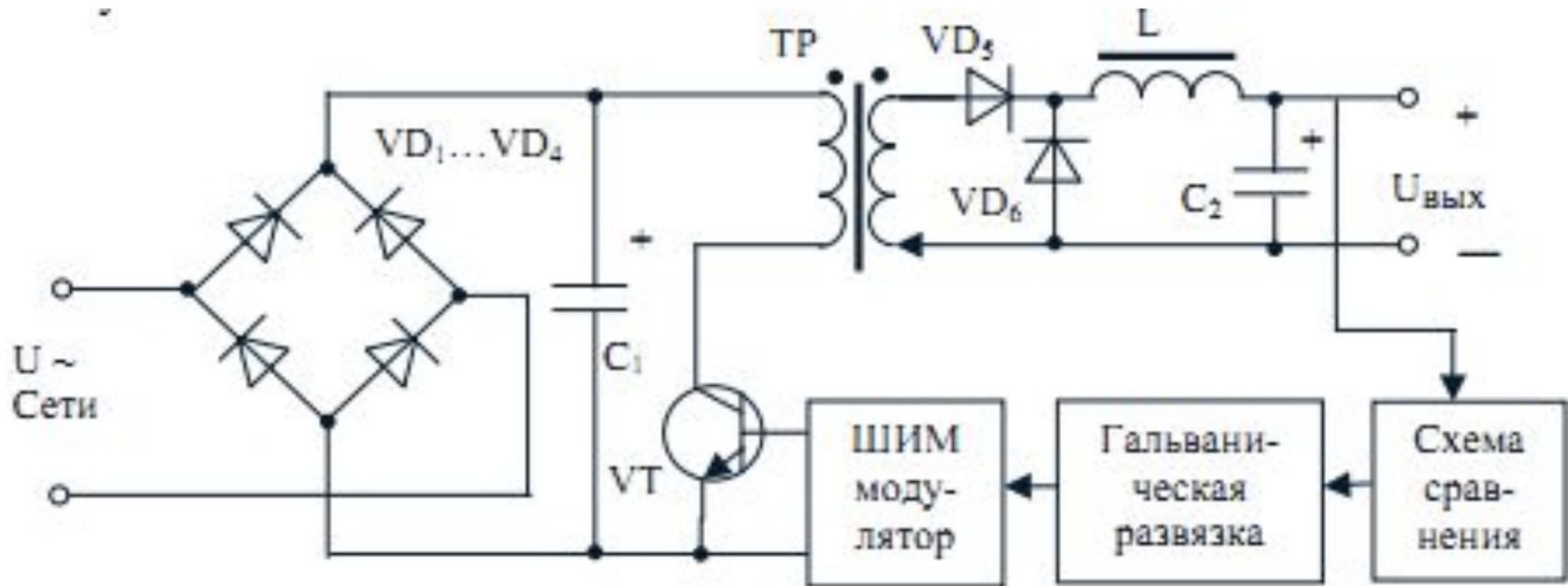
# Обратноходовый импульсный источник питания



# Временные диаграммы, поясняющие работу обратноходового импульсного преобразователя.



# Прямоходовый импульсный источник питания



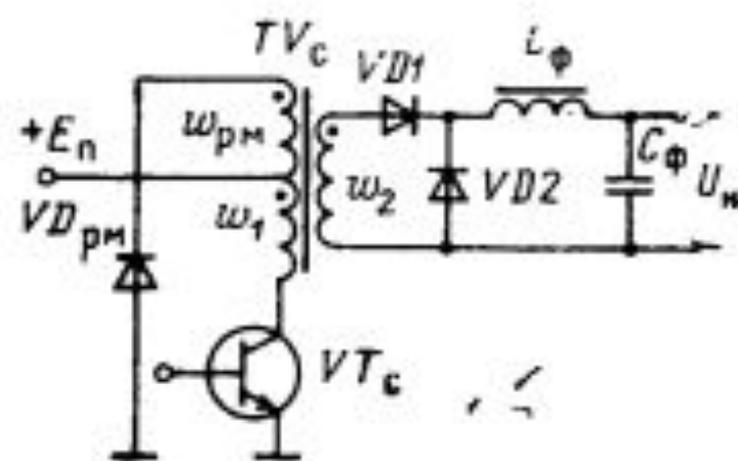


Рис. 2.3. Схема однофазного преобразователя с прямым включением выпрямительного диода (ОПНП)

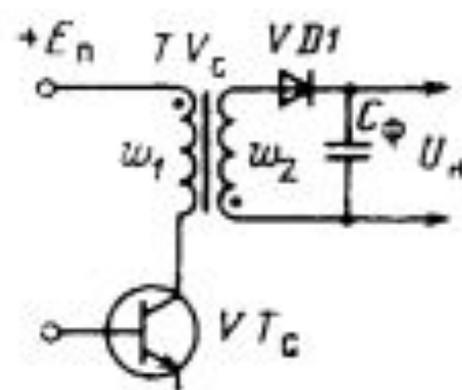
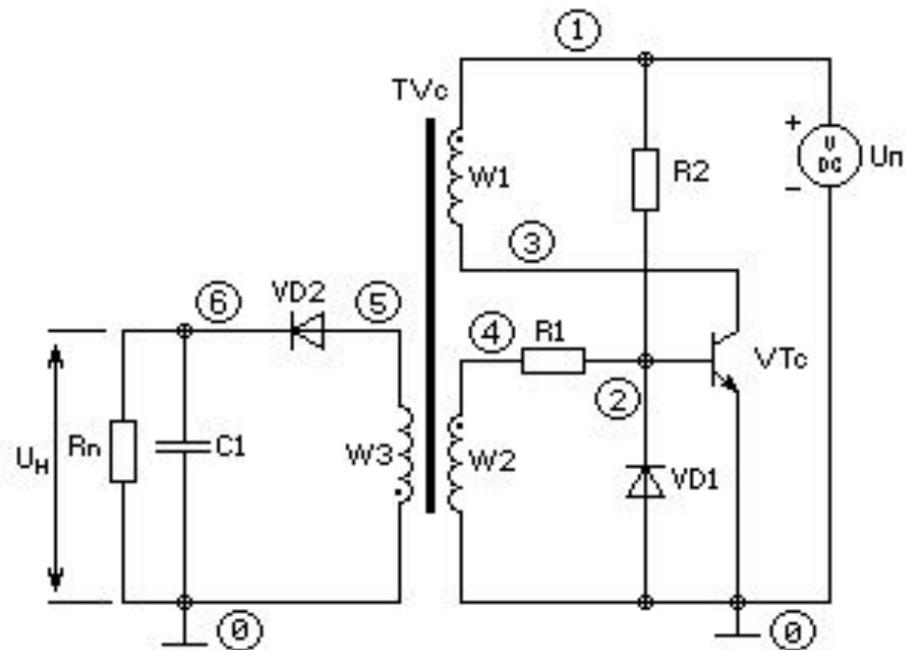
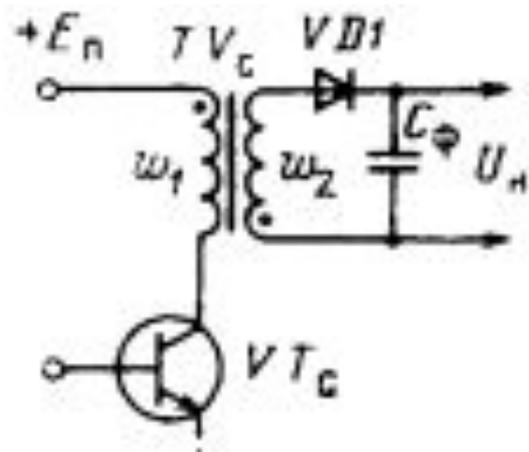
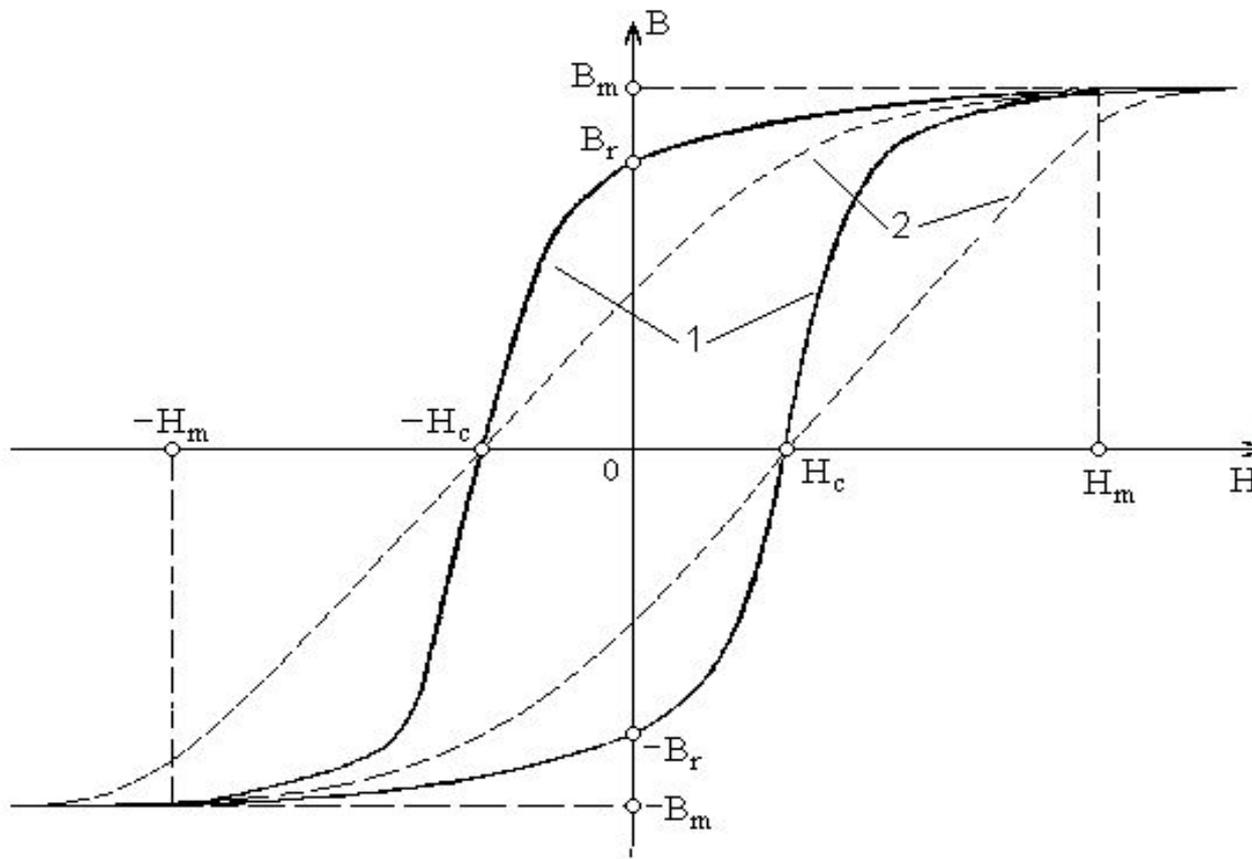


Рис. 2.4. Схема однофазного преобразователя с обратным включением выпрямительного диода (ОПНО)

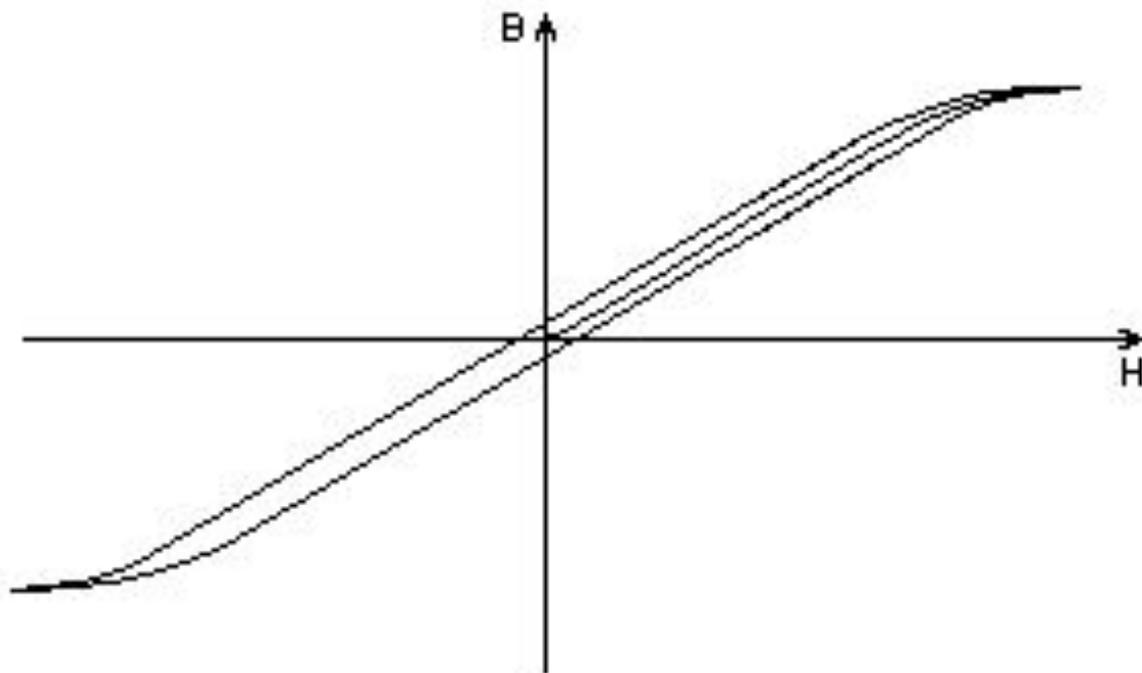
# Схема однотактного преобразователя с обратным включением диода

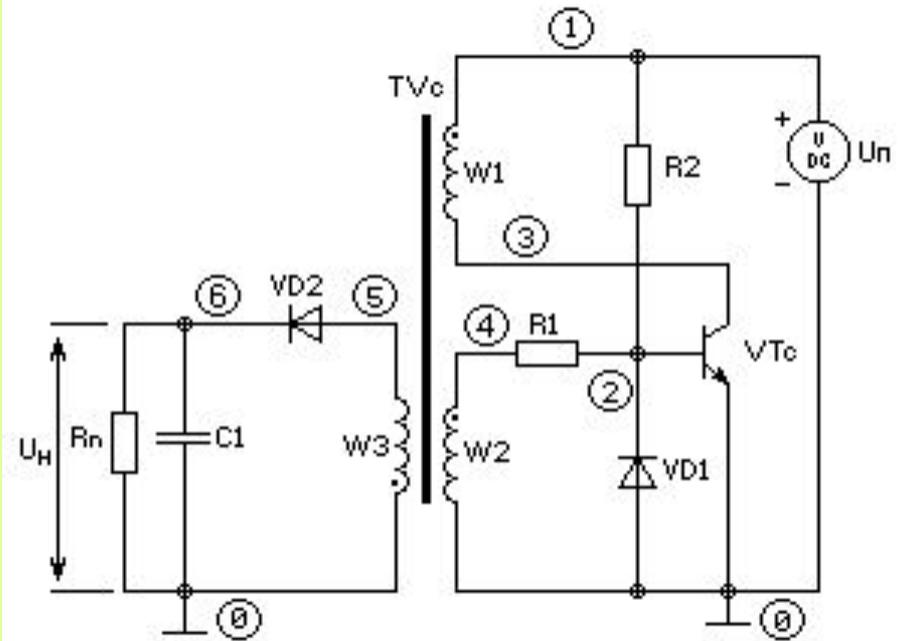
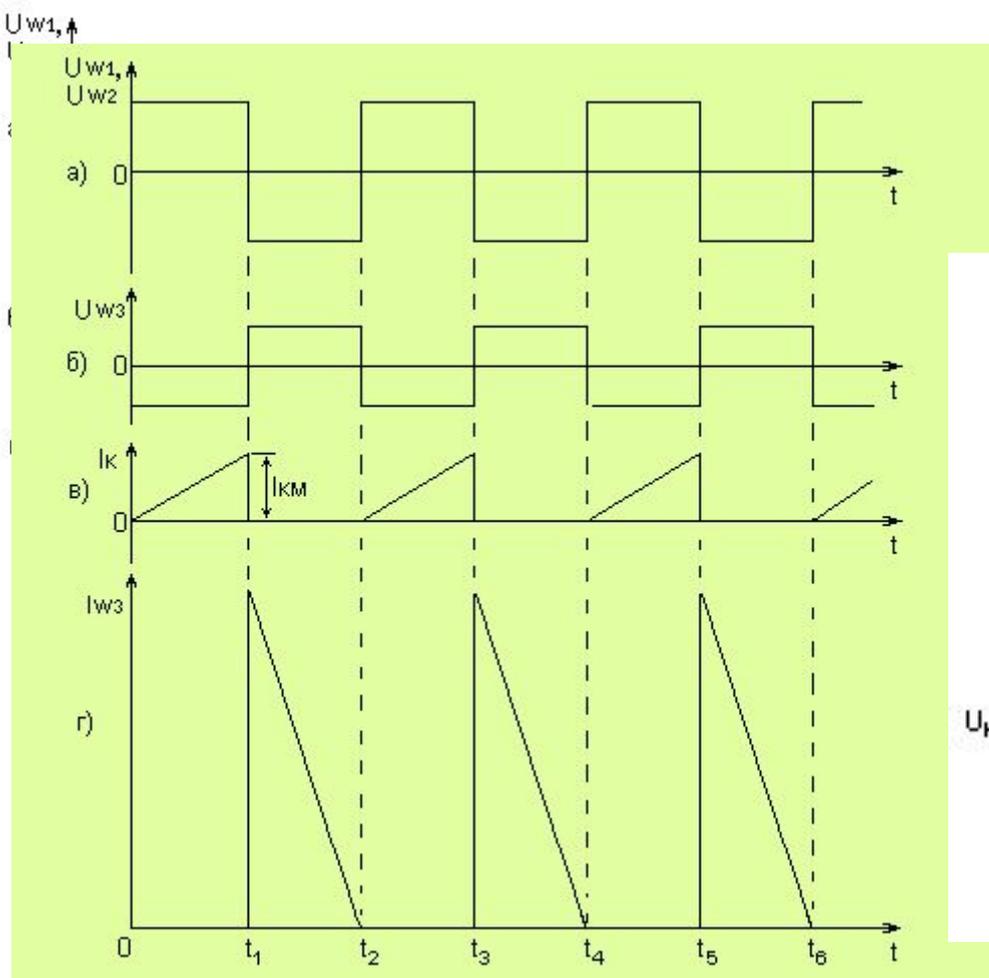


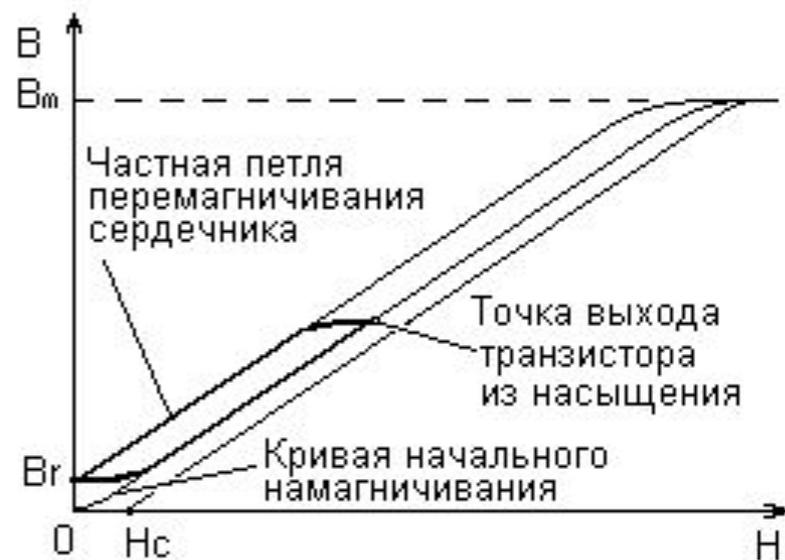
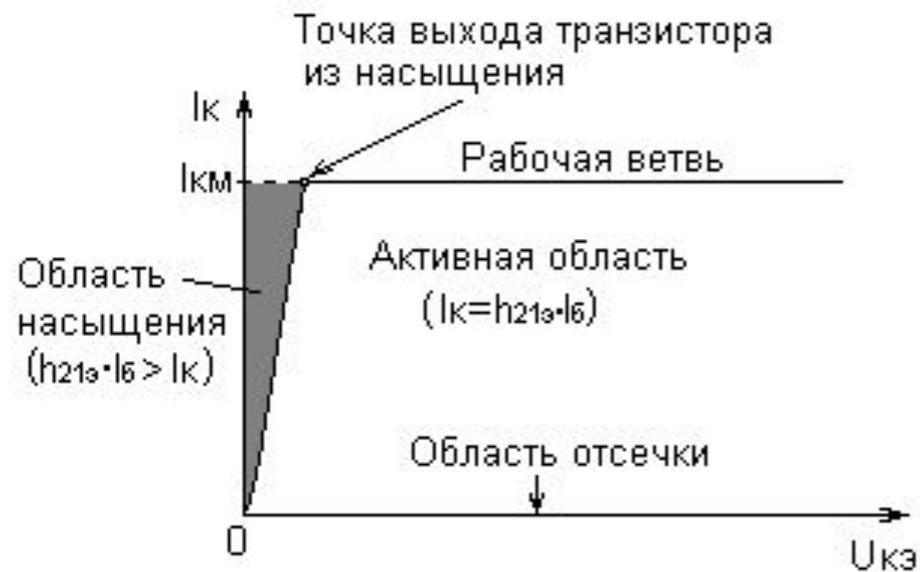
# Влияние воздушного зазора на форму петли гистерезиса



Сердечник трансформатора выполняется из магнитного материала с узкой петлей гистерезиса и с большим линейным участком зависимости магнитной индукции от напряженности магнитного поля





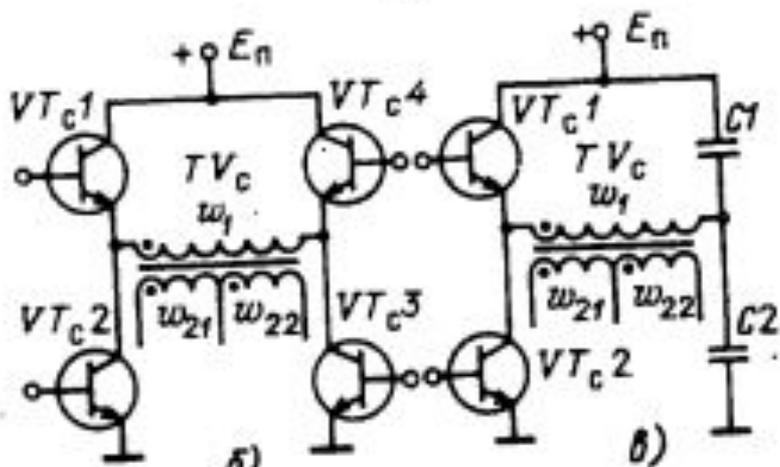
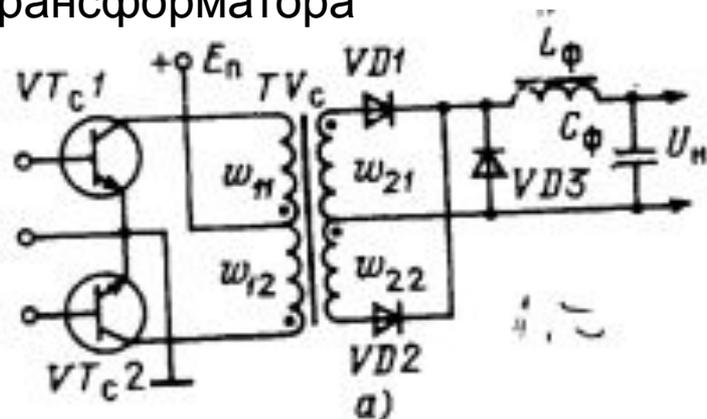




# Двухтактные преобразователи напряжения. Классификация

С внешним управлением

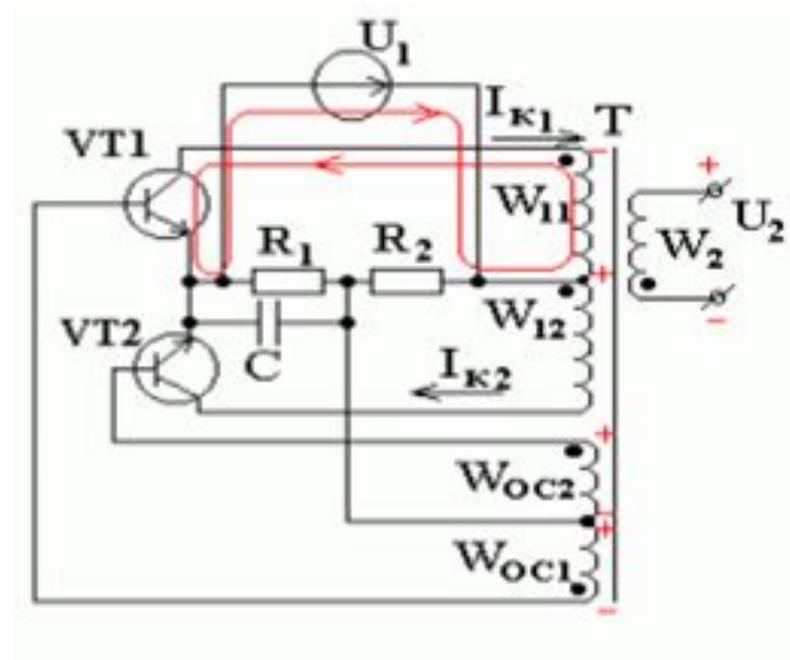
С выводом от средней точки трансформатора



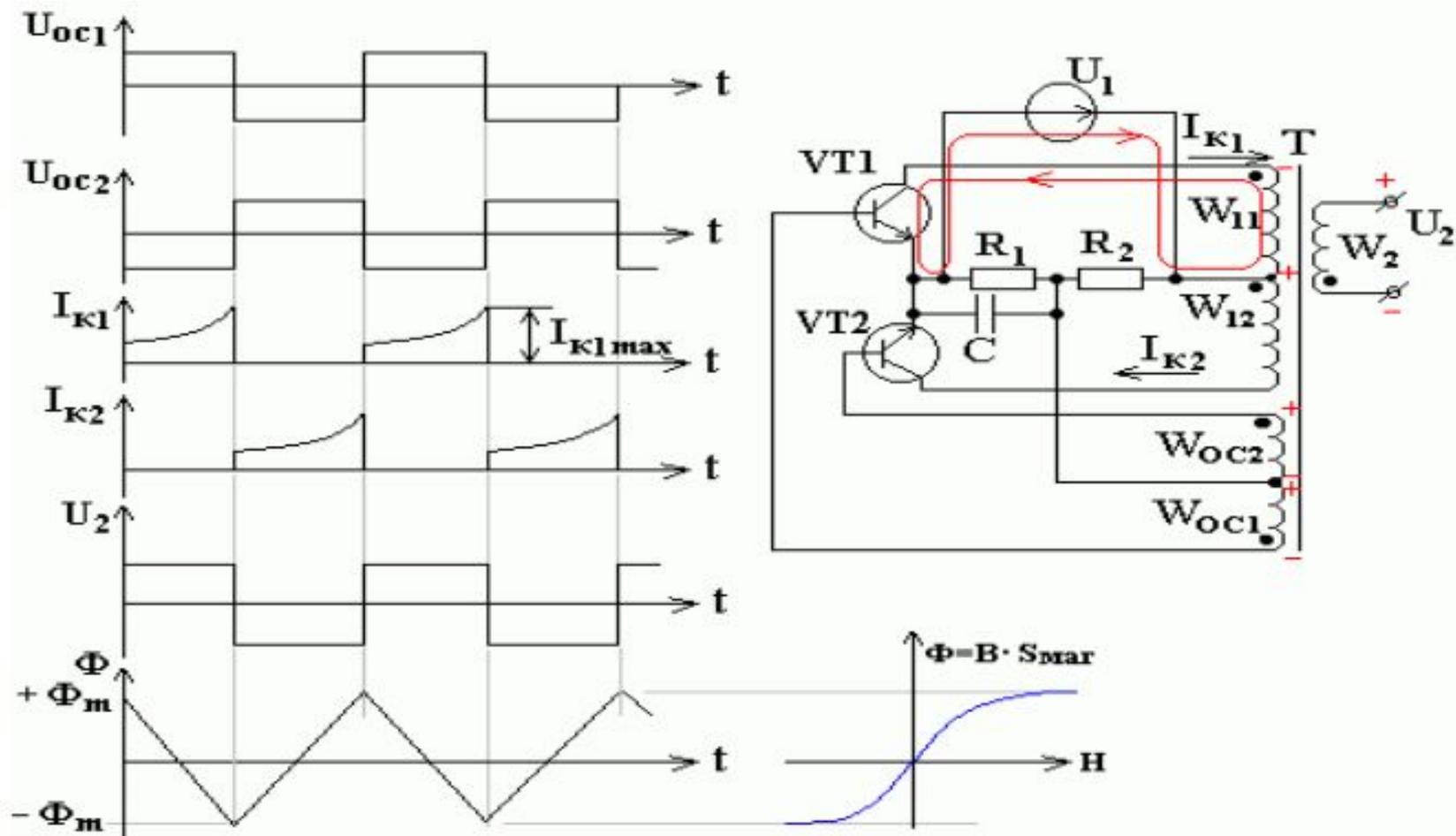
Мостовая схема

Полумостовая схема

С автогенерацией колебаний

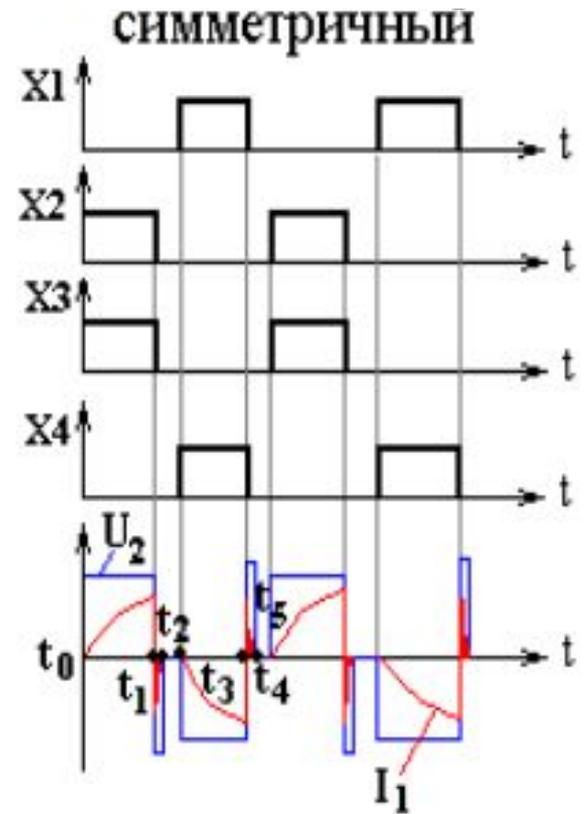
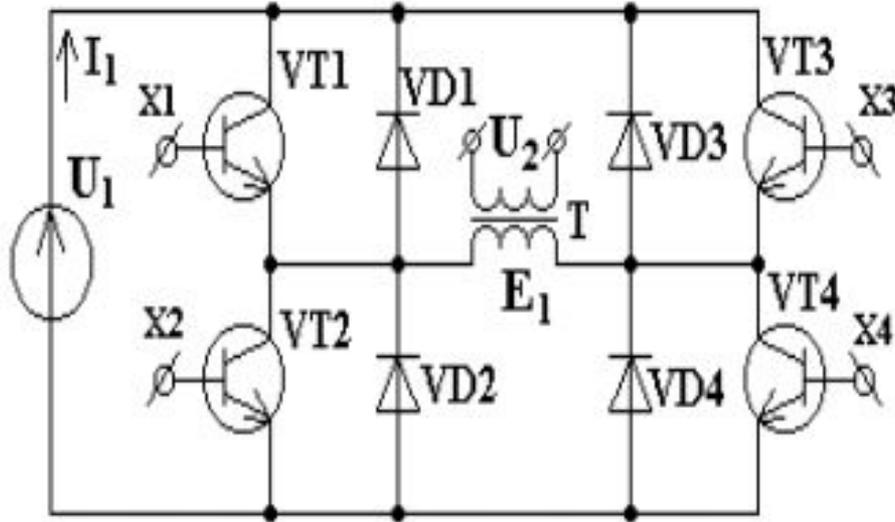


# С автогенерацией колебаний



# С внешним управлением

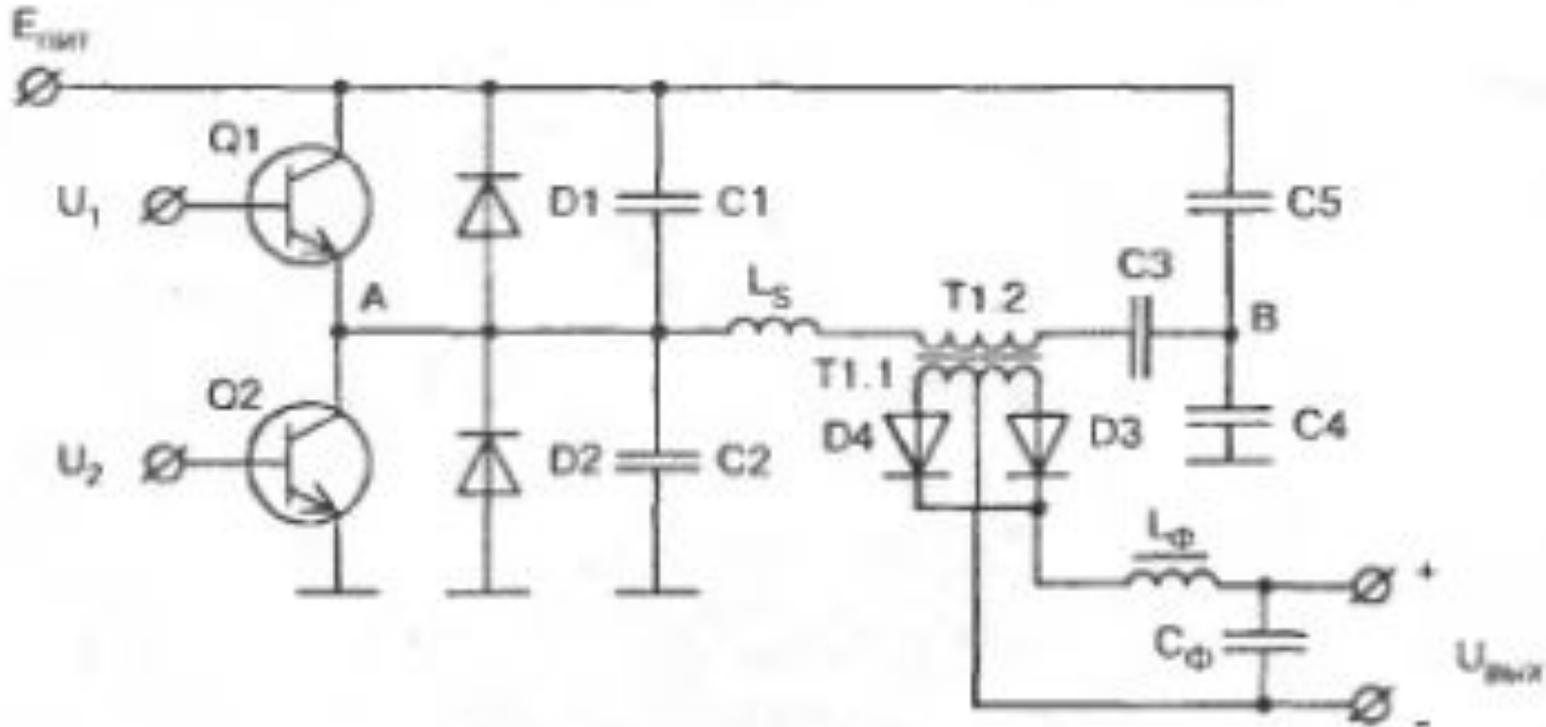
## Мостовая схема



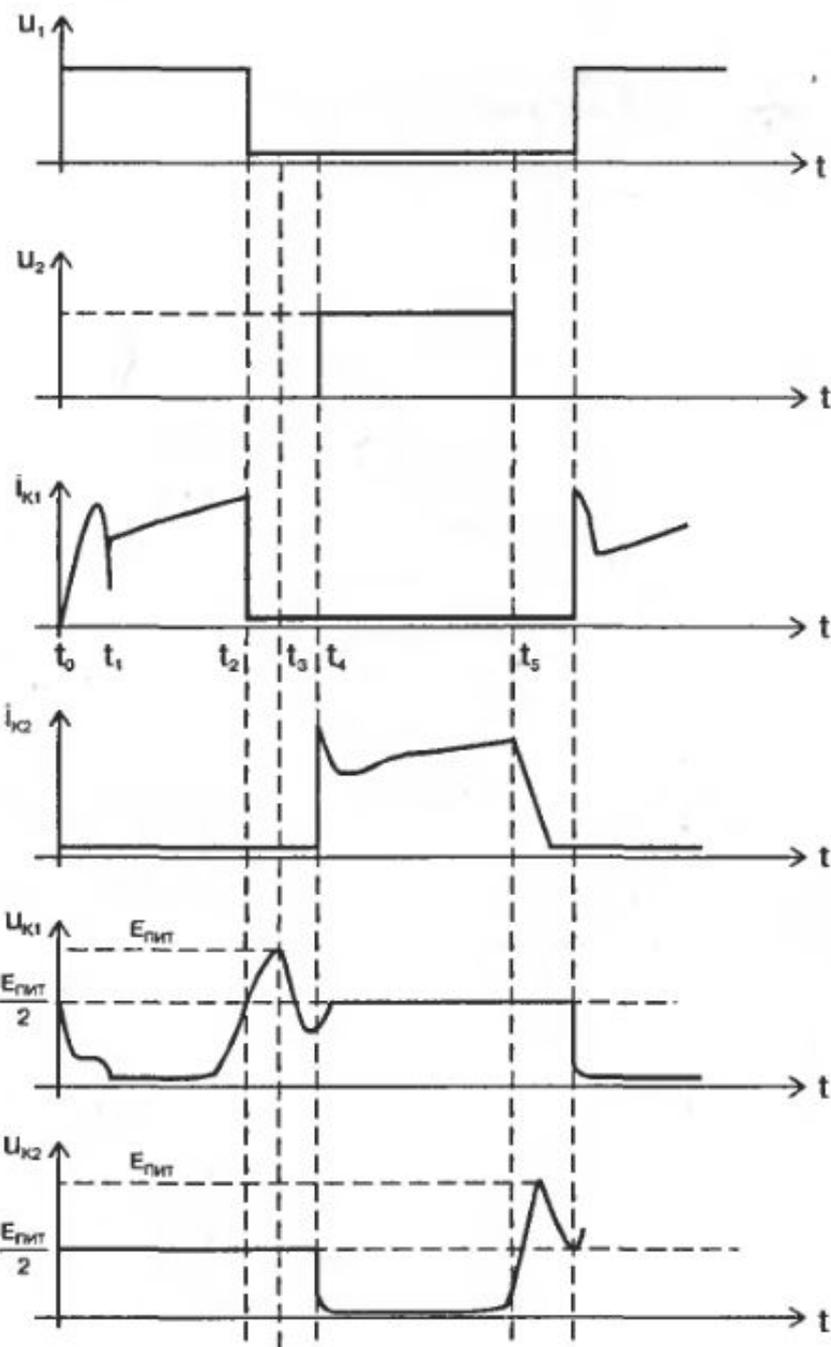
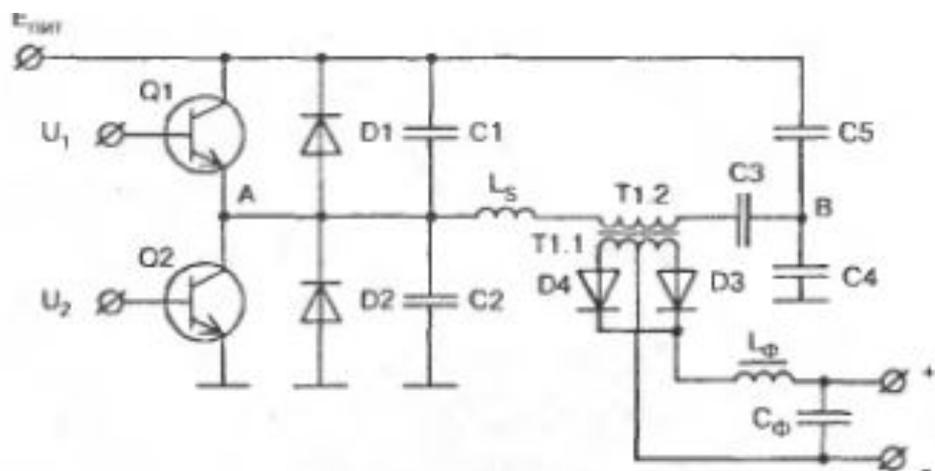
# С внешним управлением

## Полумостовая схема

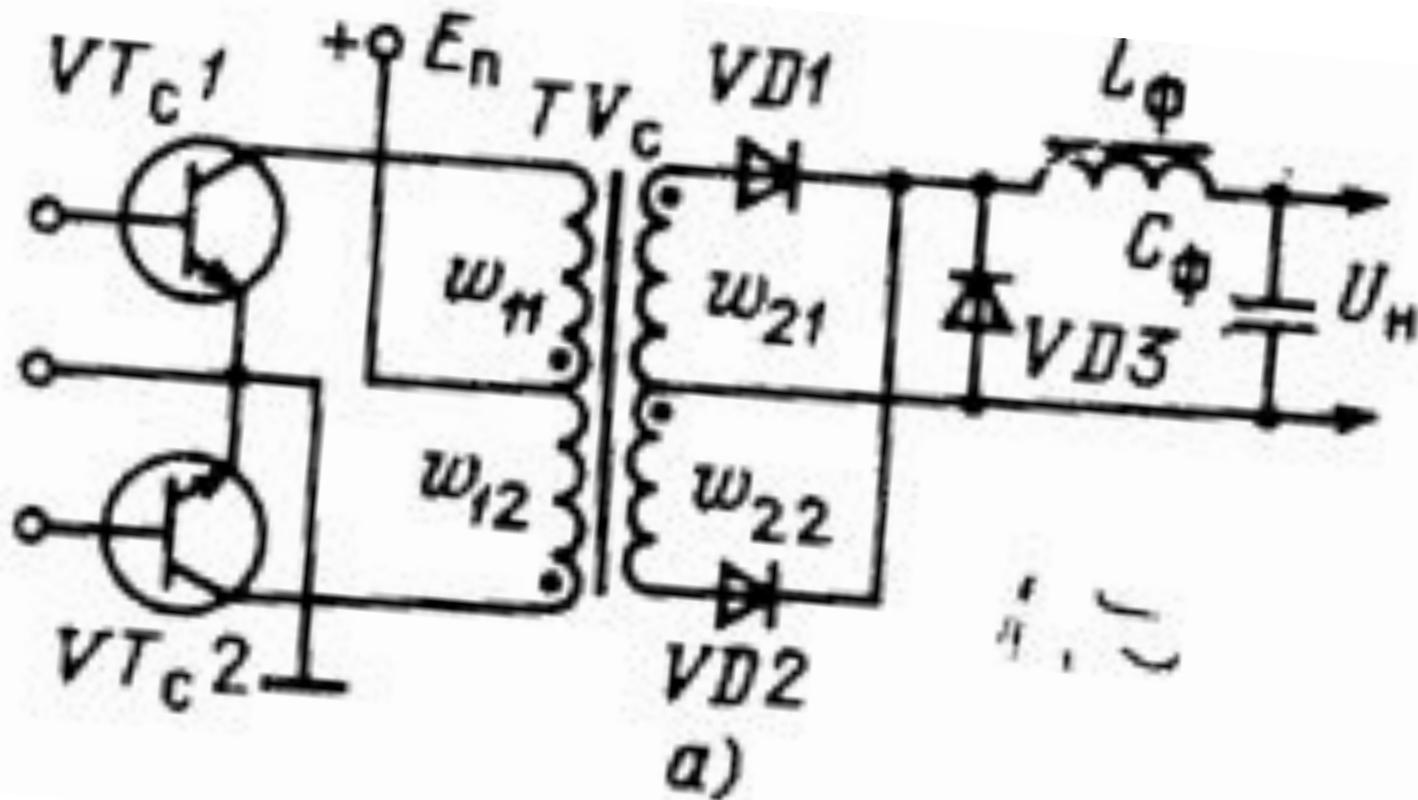
(преобразователь блока питания АТХ)



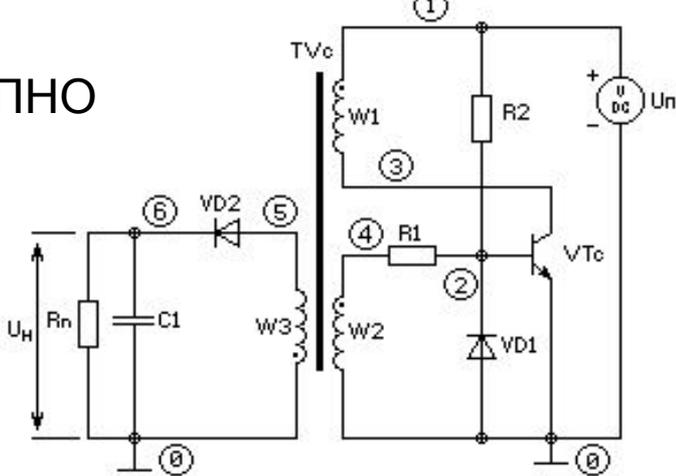
# Временные диаграммы работы двухтактного полумостового преобразователя напряжения



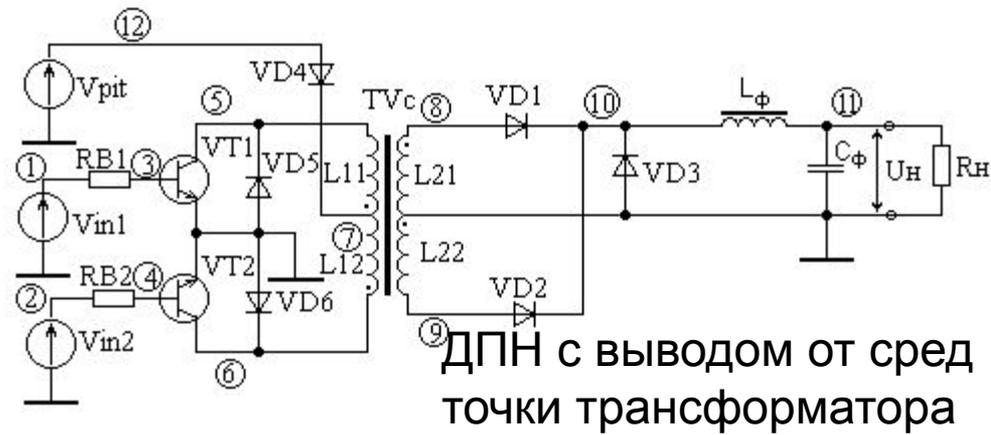
С внешним управлением  
С выводом от средней точки  
трансформатора



# ОПНО



- В каком случае для дросселя LF обеспечивается режим непрерывных токов?
- Чему равно напряжение на коллекторе закрытого транзистора полумостового ДПН?
- Почему в случае ОПНО имеет место быть значительное недоиспользование сердечника
- Для чего обмотки W2 и W1 наматывают на сердечник согласованно в ОПНО
- Какие магнитные материалы используются для изготовления сердечника VTc ОПНО
- В чем преимущество двухтактного режима работы перед одноктактным?
- Чем определяется величина паузы  $\Delta t$ ?
- Чем обусловлено появление паразитных колебаний в ДПН?



## ДПН с выводом от средней точки трансформатора

- В каком случае для дросселя LF обеспечивается режим прерывистых токов?
- Чему равно напряжение на коллекторе закрытого транзистора ДПН с выводом от средней точки?
- Какая петля гистерезиса называется частной и какой вид она имеет в случае ОПНО
- Чему равно отношение токов  $I_{w1}$  и  $I_{w3}$
- Почему магнитопровод силового трансформатора должен иметь узкую линейную петлю гистерезиса?
- Зачем между импульсами управления силовыми транзисторами должна быть пауза  $\Delta t$ ?
- Для чего предназначен диод VD3?
- Чем обусловлено появление коммутационного выброса в ДПН?

# Габариты трансформатора

- ДПН: - минимальные
- ОПНО: - максимальные

# Сложность схемы

- ДПН: - максимальные
- ОПНО: - минимальные

# По габаритам трансформатора

- ДПН: - минимальные

- ОПНО: - максимальные

**Минимальная емкость  
конденсатора фильтра**

ДПН

**Максимальная емкость  
конденсатора фильтра**

ОПНО

# Зависимость массы и объема ИВЭП и его компонентов (реактивных и теплоотводящих) от частоты

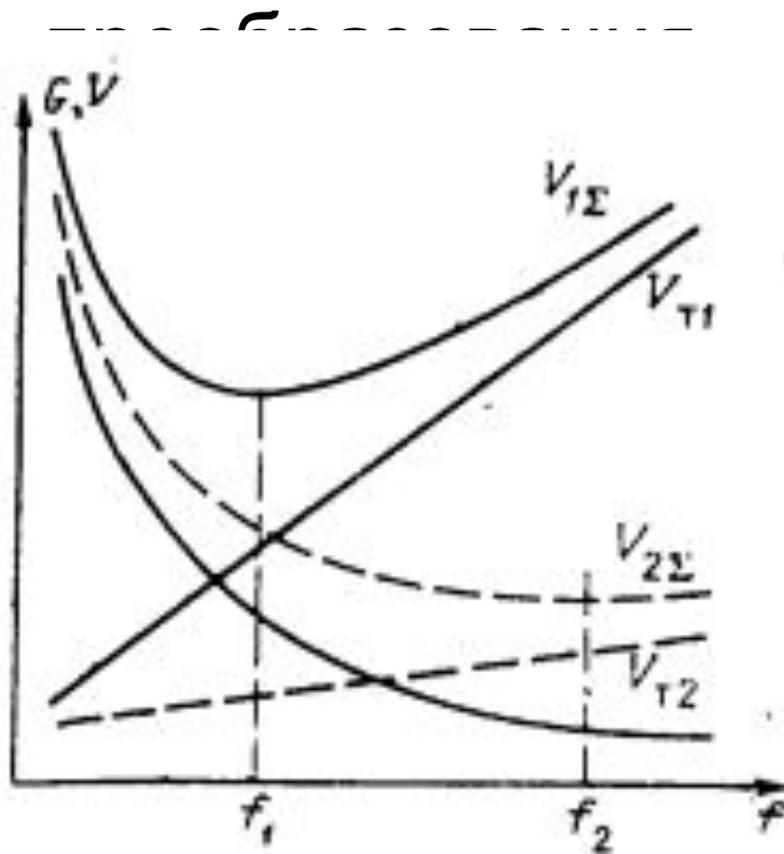


Рис. 2.5. График зависимости массы и объема ИВЭП и его элементов при изменении частоты преобразования

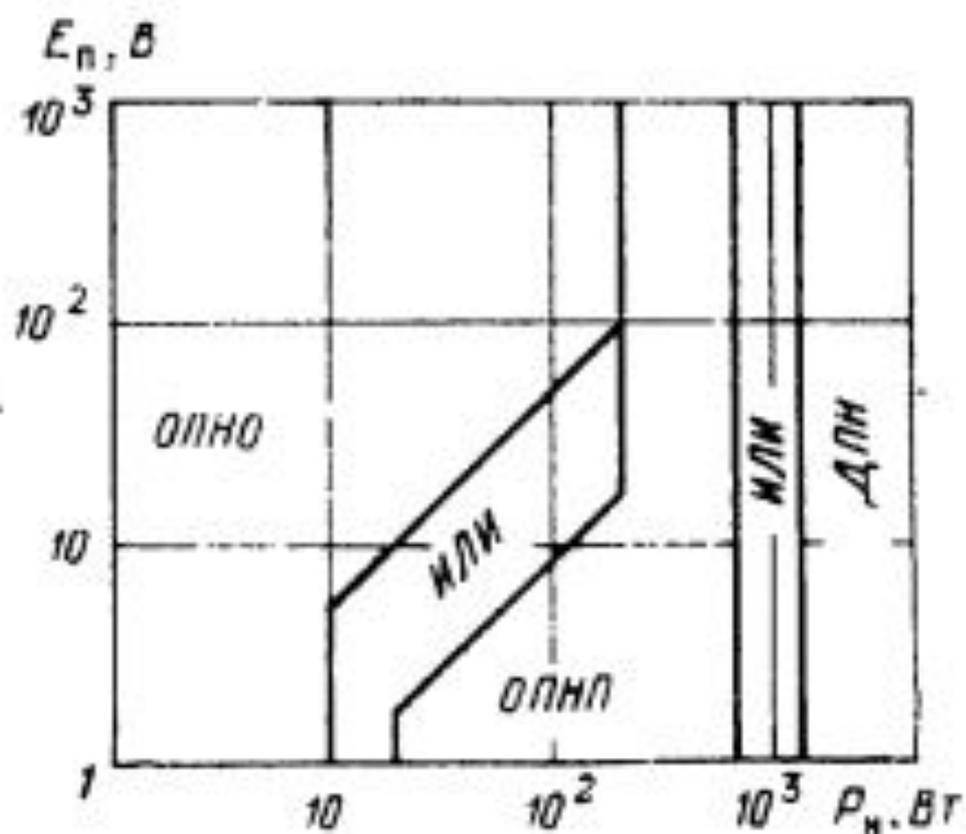
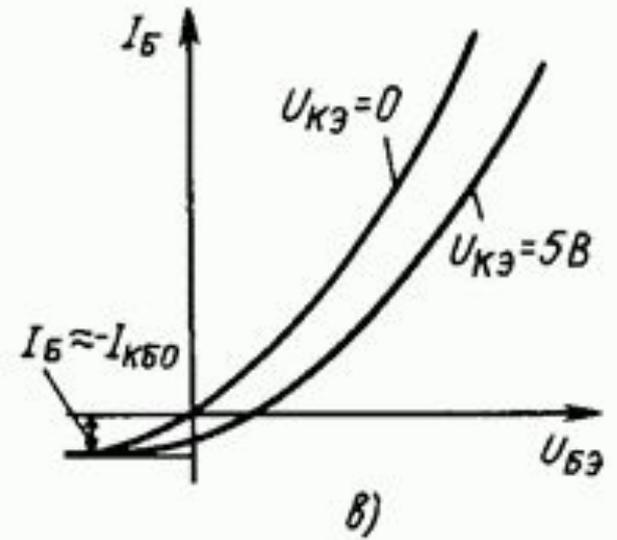
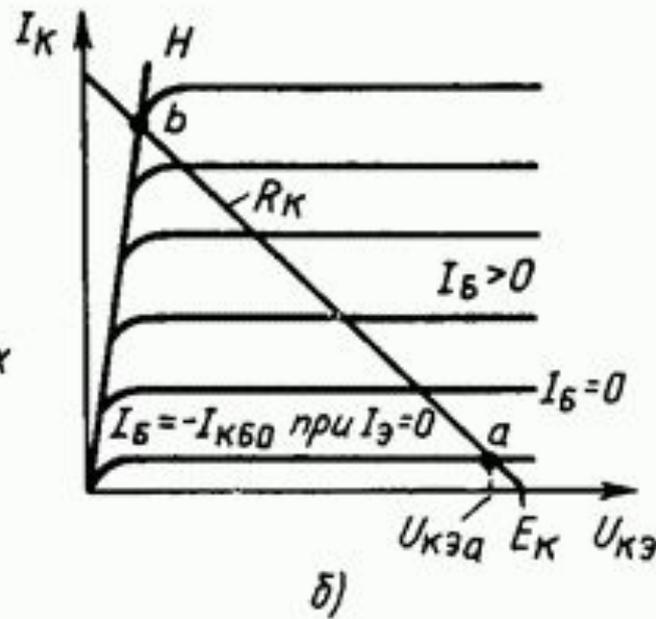
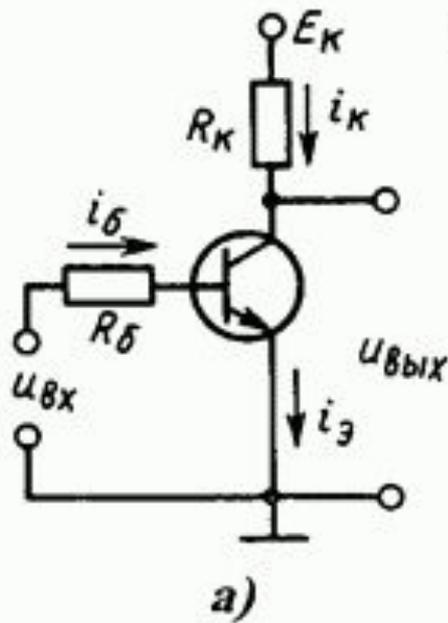


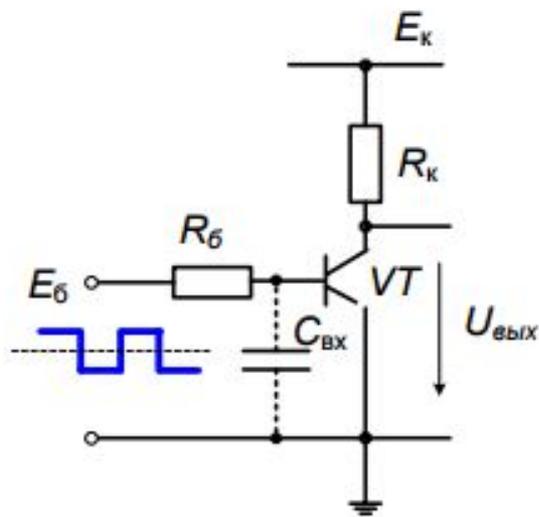
Рис. 2.6. График областей предпочтительного применения различных типов преобразователей в функции напряжения первичной сети  $E_{п}$  и мощности нагрузки  $P_{н}$



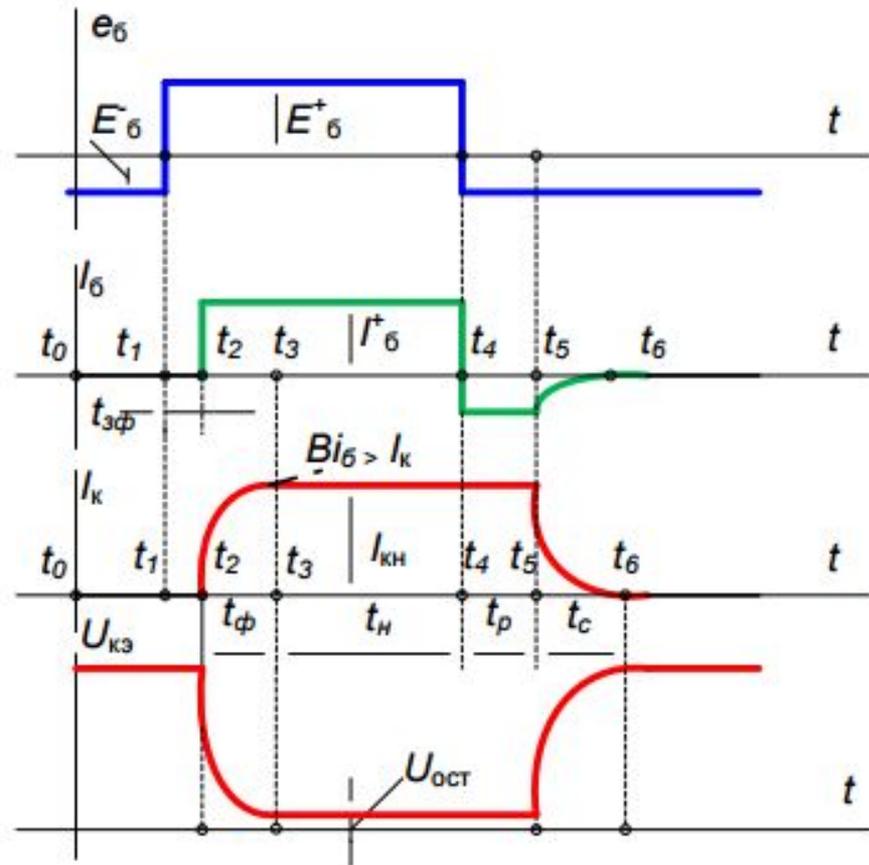
# Транзисторные ключи на биполярных транзисторах



# Переходные процессы в электронном ключе на биполярном транзисторе



а).



б).

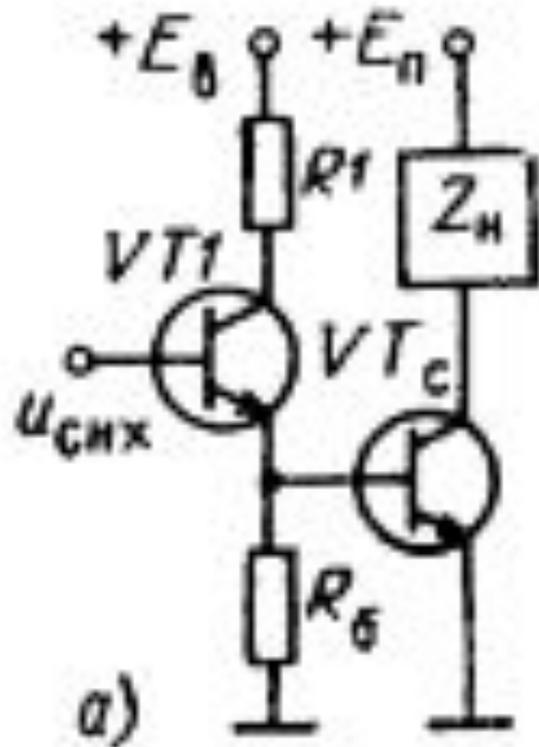
# Ключи на биполярных и транзисторах:

- С потенциальным управлением
- С управляющими трансформаторами
- С управлением от силового трансформатора
- С пропорционально-токовым управлением

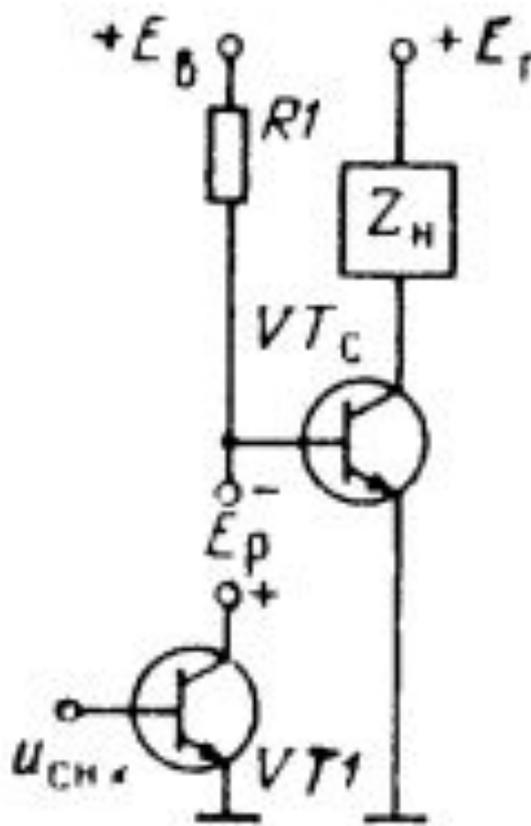
# управлением (Через эмиттерный повторитель) Пассивное рассасывание

## заряда

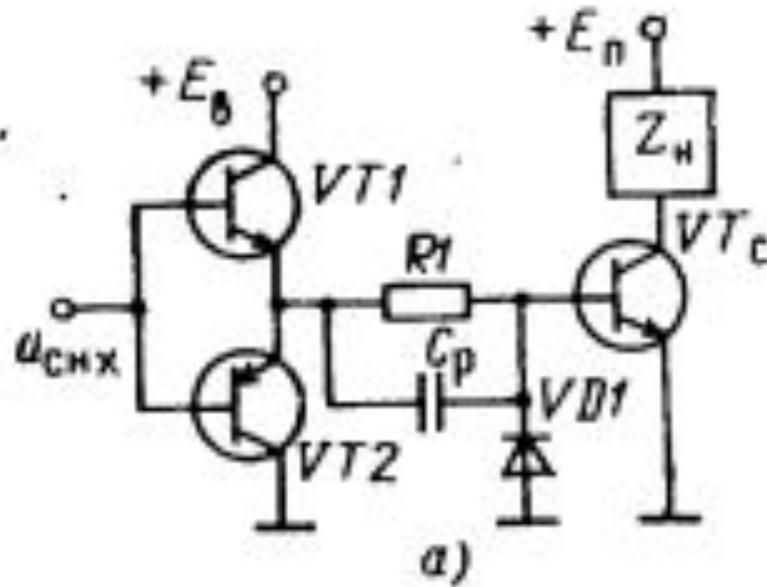
$E_b$  – напряжение источника  
 $E_n$  – выходное напряжение



# Пример схемы ключа с активным рассасыванием заряда

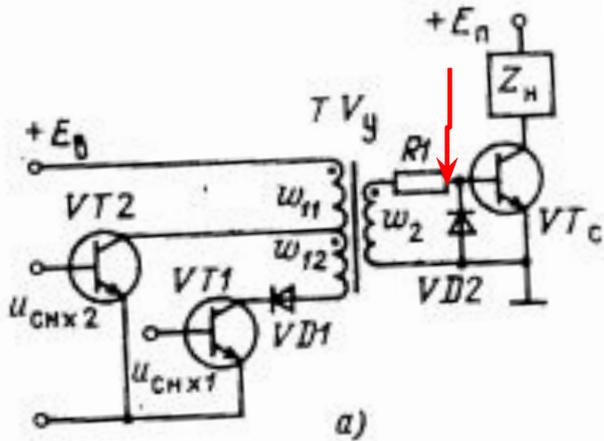


# Пример схемы ключа с рассасыванием зарядов форсирующим конденсатором

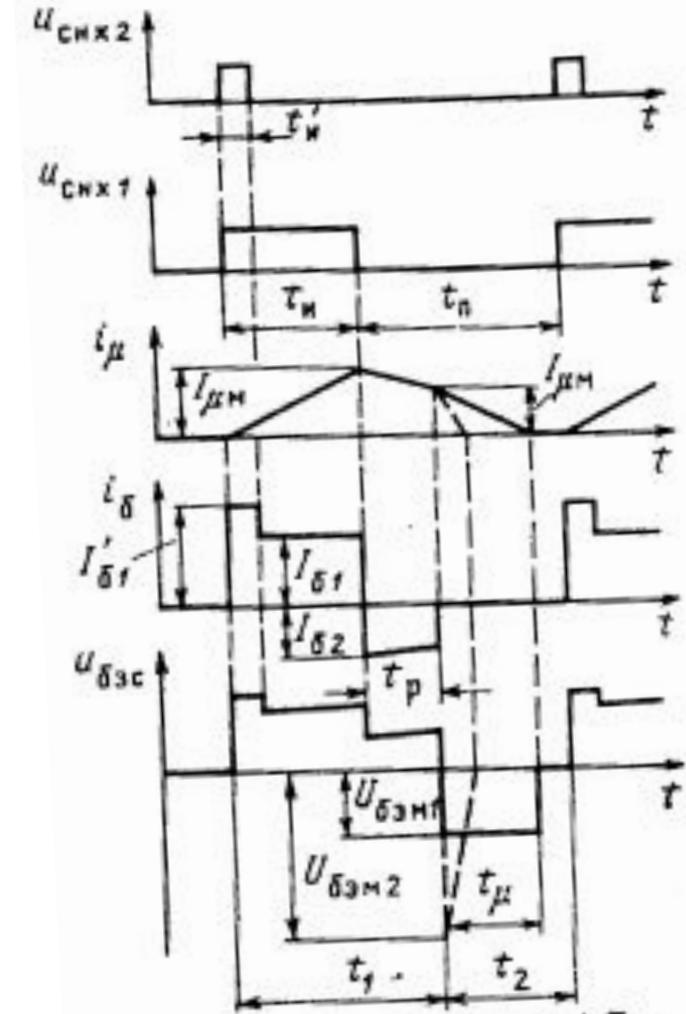
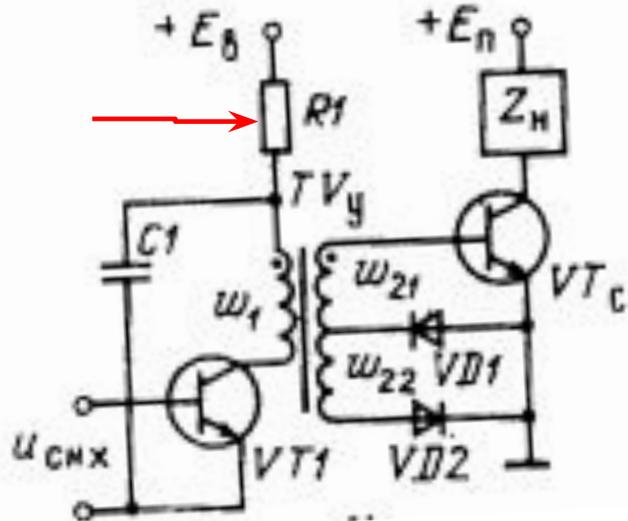


# С управляющими трансформаторами

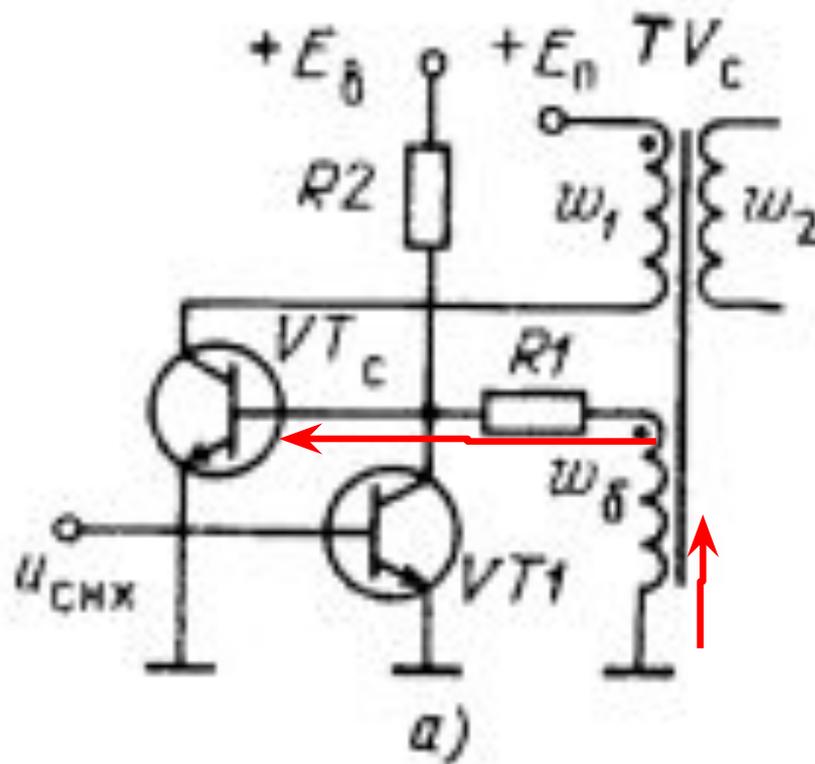
## Трансформатор напряжения



## Трансформатор тока

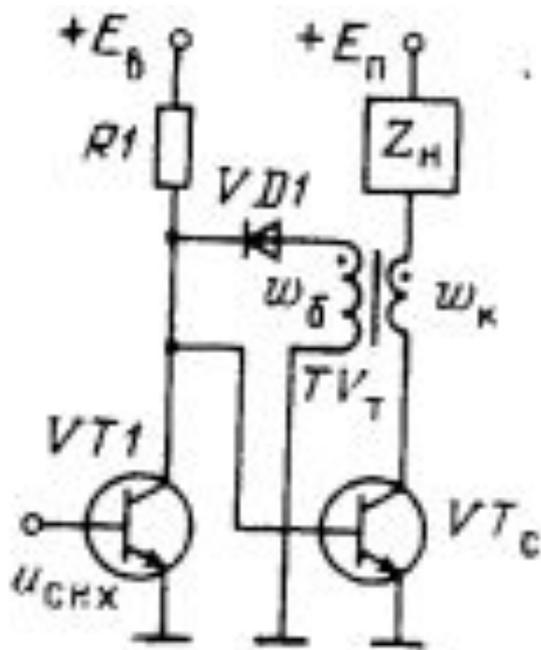


# С управлением от силового трансформатора

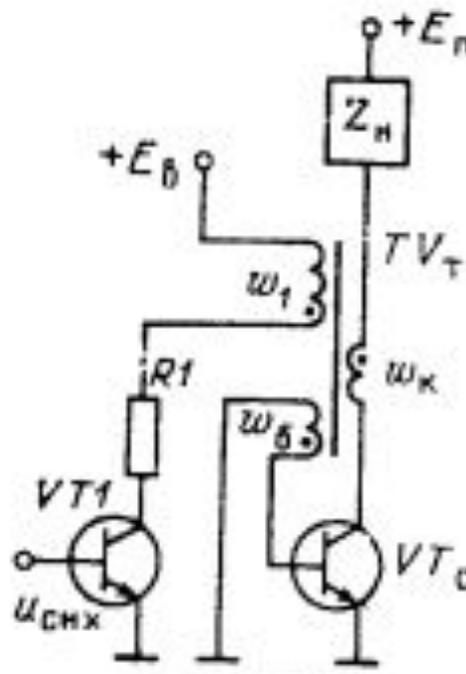


# Ключи с пропорционально- токовым управлением

Пассивное рассасывание заряда



Активное рассасывание заряда



# Ключи на полевых транзисторах

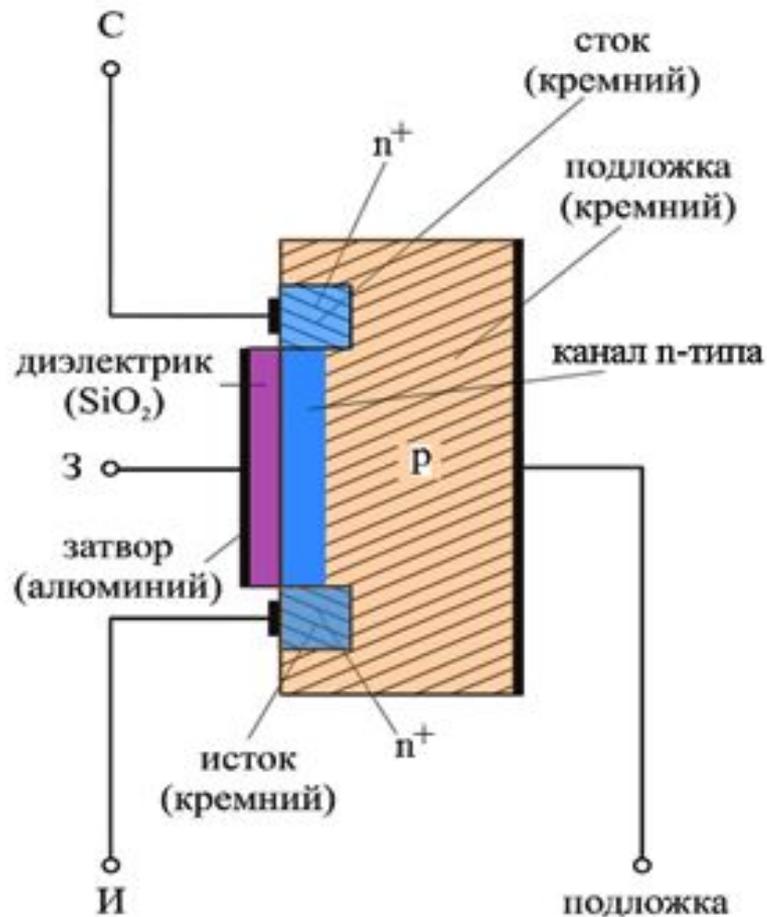
По структуре проводящего канала сток-исток:

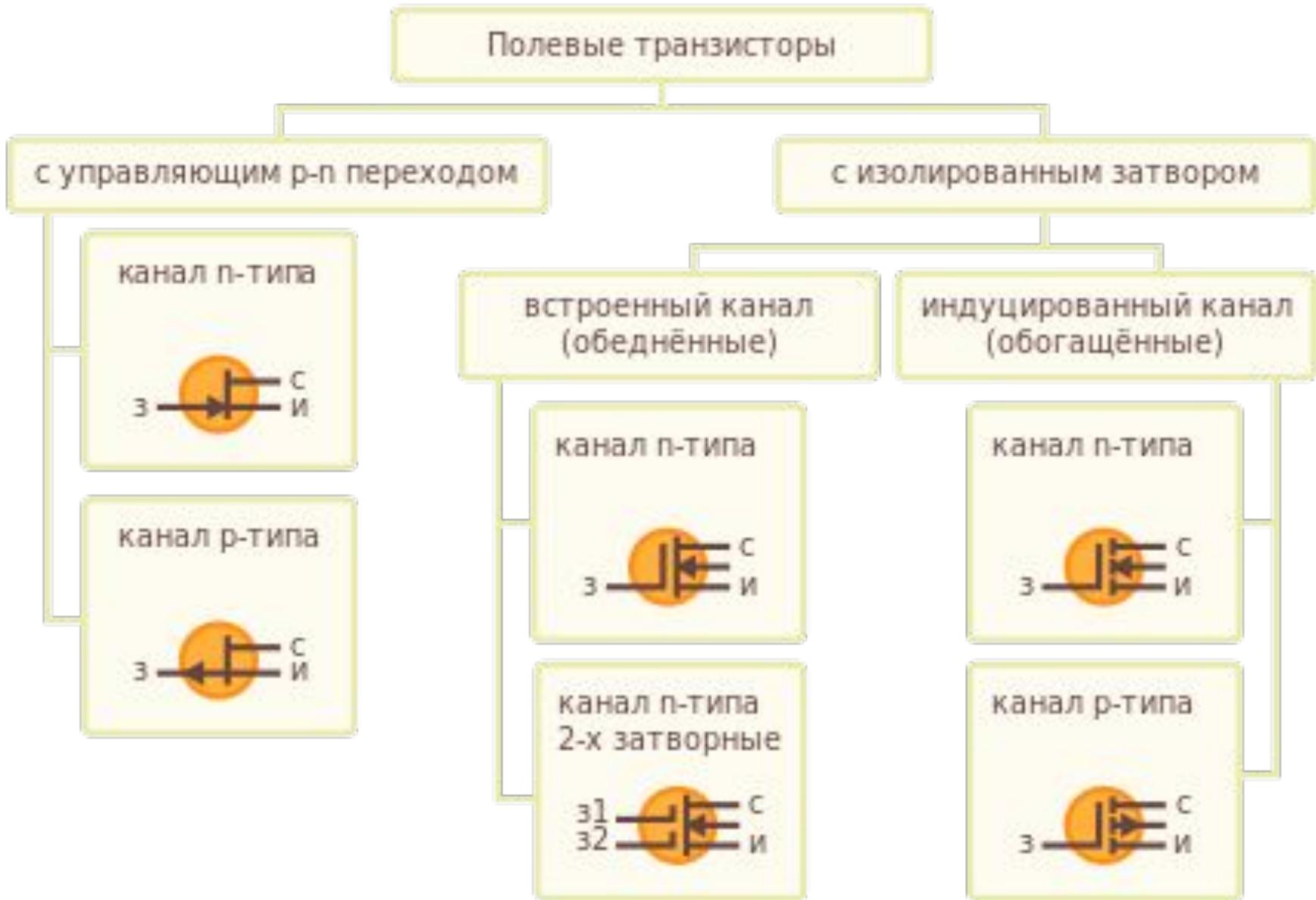
- Со встроенным каналом (открыты при отсутствии управляющего сигнала)
- **С индуцированным каналом** (открыты при наличии управляющего сигнала)

**n-типа:** на сток относительно истока подаётся положительное напряжение

**p-типа:**

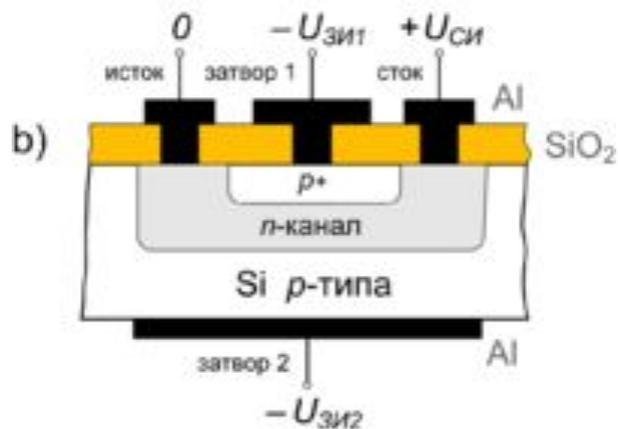
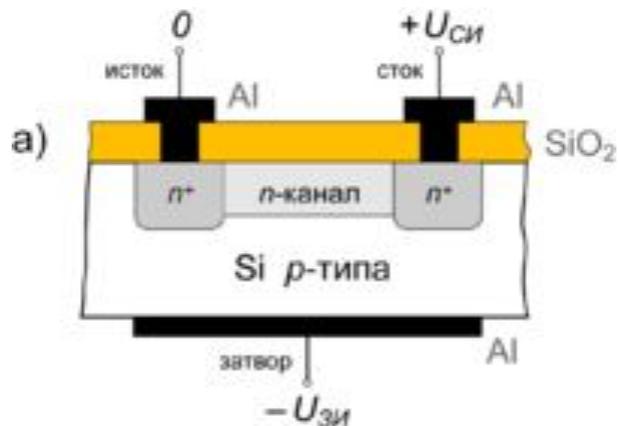
# Упрощённая модель полевого транзистора с изолированным затвором





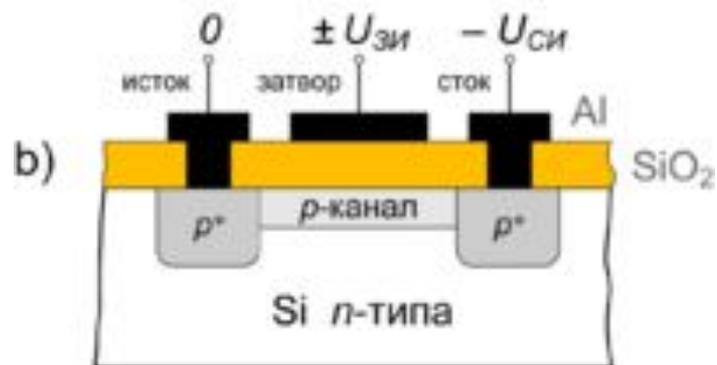
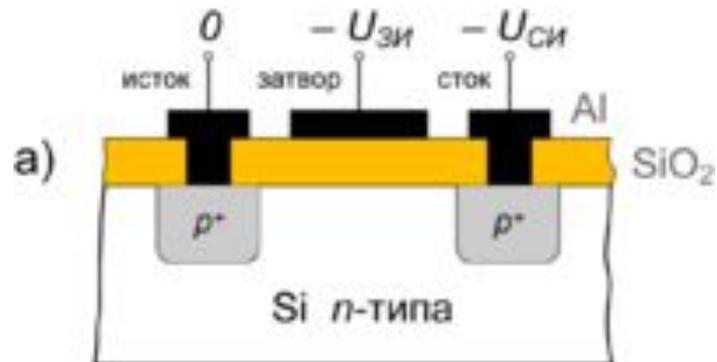
Устройство полевого транзистора с **управляющим p-n переходом.**

- a) — с индуцированным каналом,
- b) — со встроенным каналом

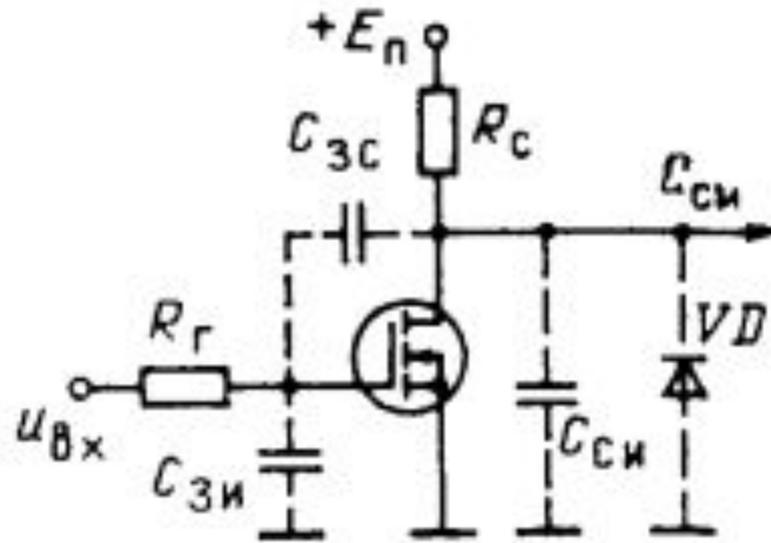


Устройство полевого транзистора с **изолированным затвором.**

- a) — с индуцированным каналом,
- b) — со встроенным каналом



# Типовая схема включения полевого транзистора



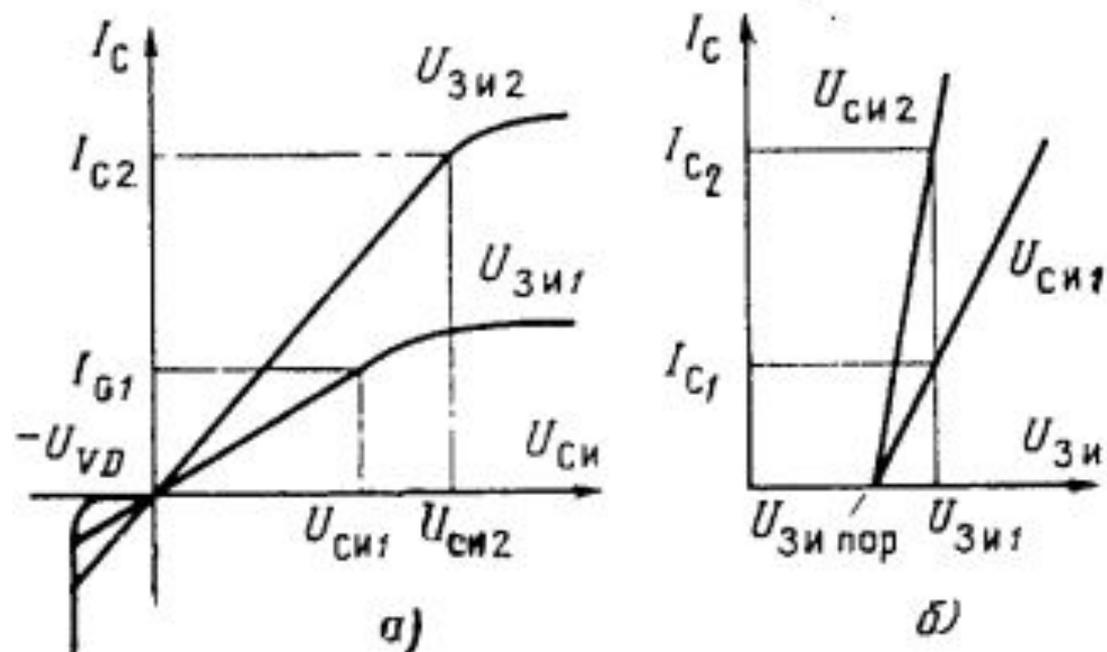
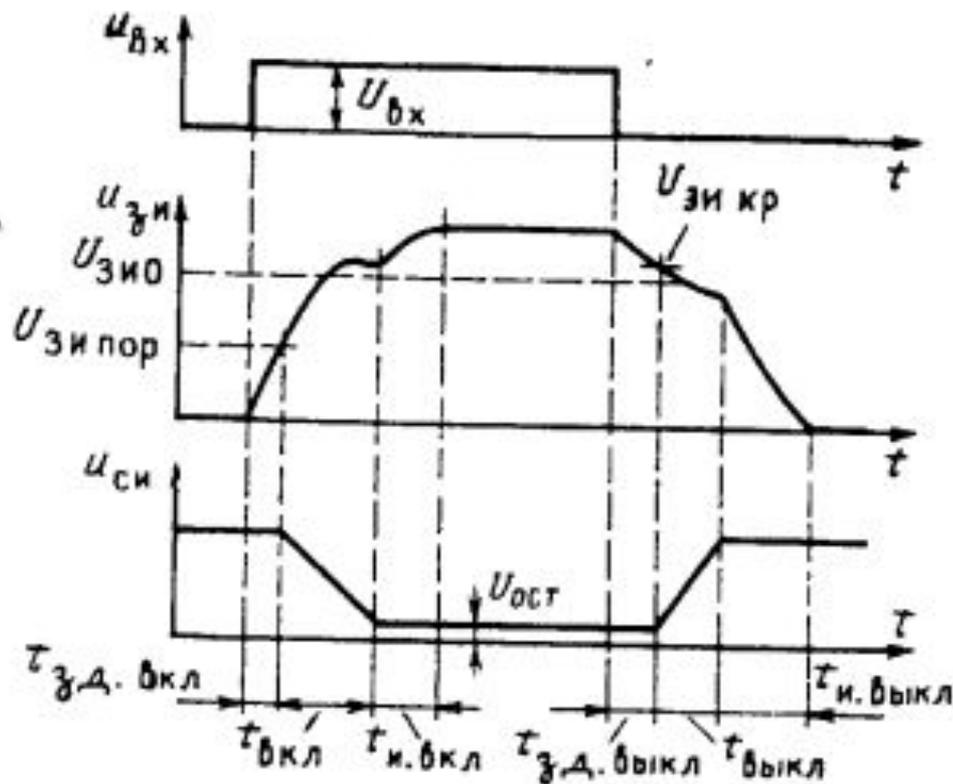
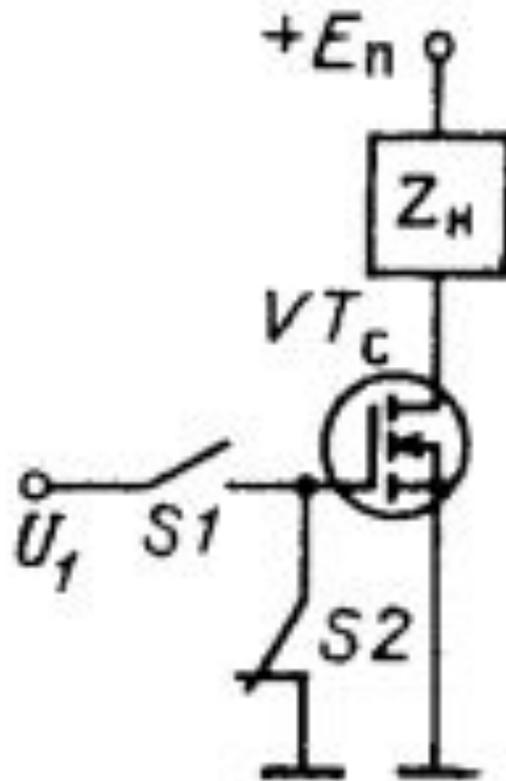


Рис. 4.1. Выходная (а) и проходная (б) характеристики полевого транзистора

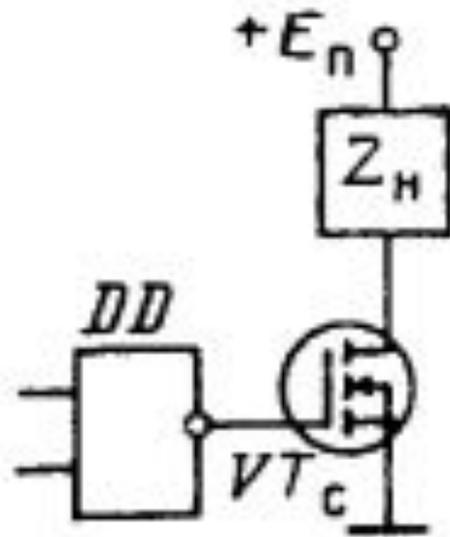
# Временные диаграммы переключения полевого транзистора



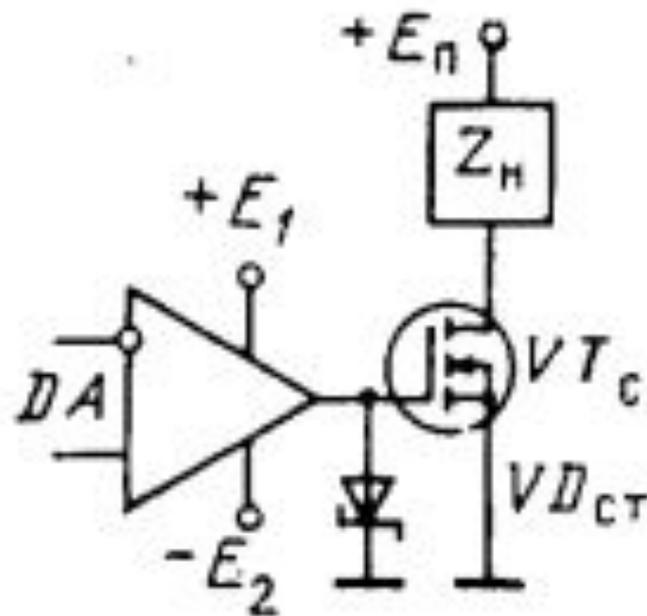
# Обобщённая схема ключа с полевым транзистором



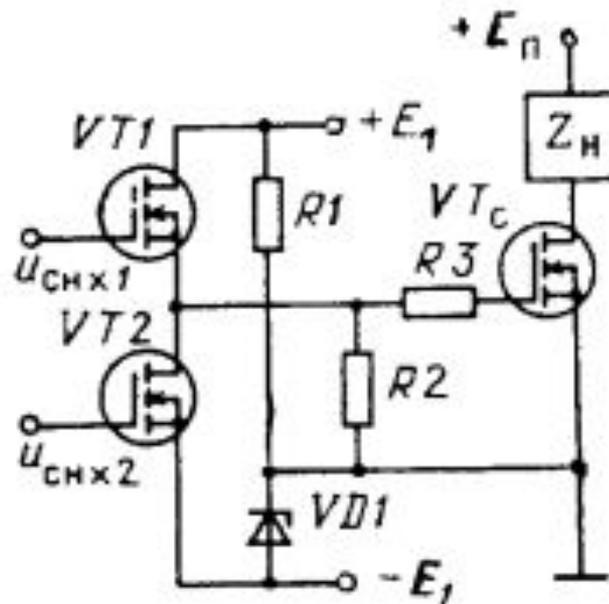
# Управление ключом на полевом транзисторе от интегральной микросхемы



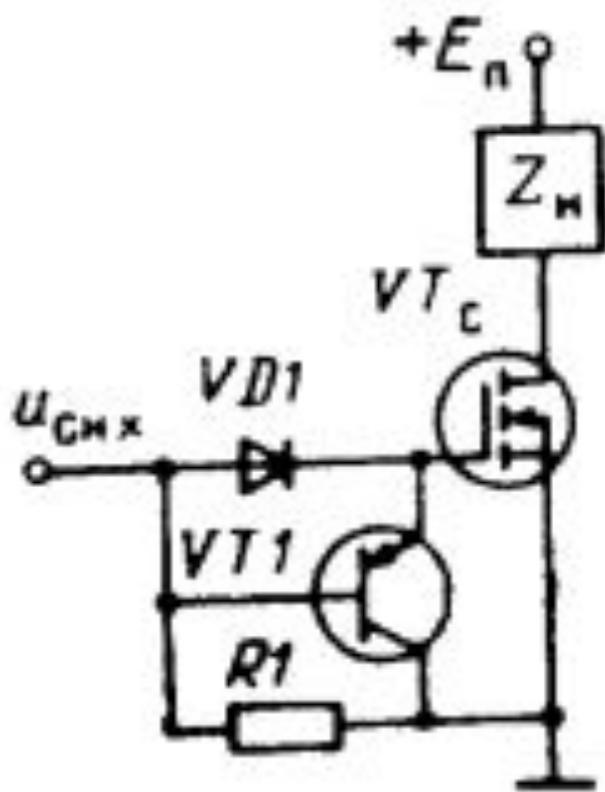
# Схема ключа с управлением от операционного усилителя



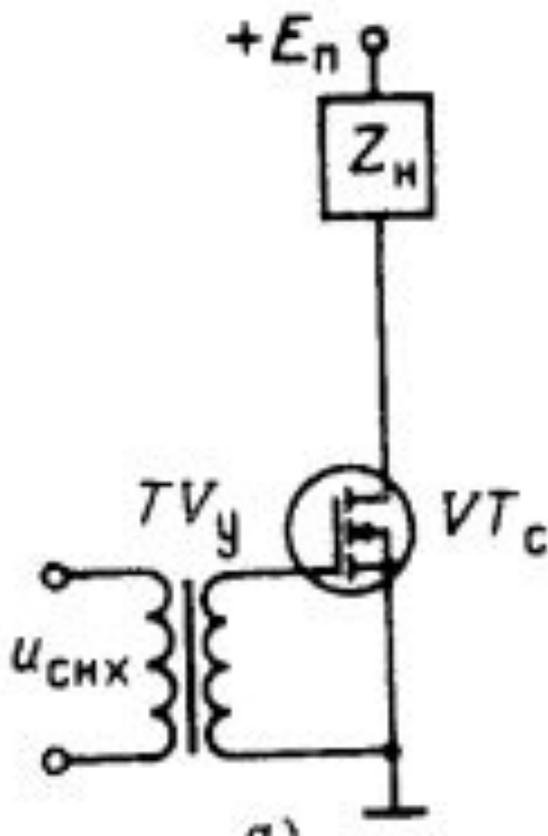
# Схема управления от двухтактного выходного каскада



# Схема ключа с шунтирующим транзистором



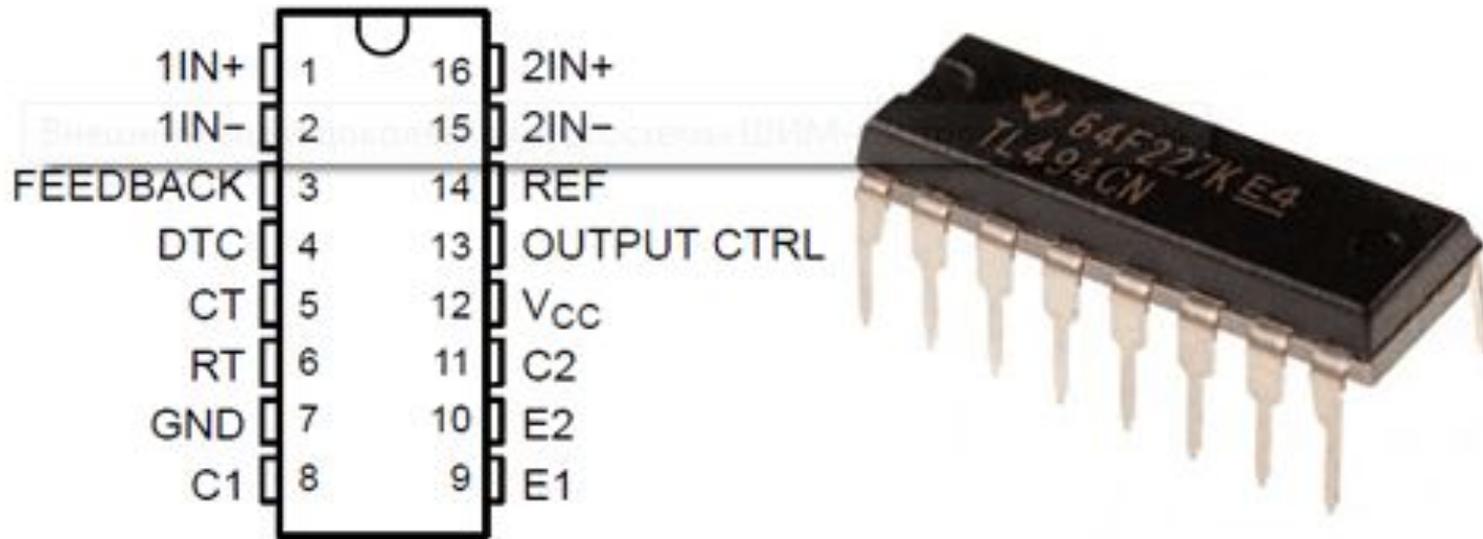
# Схема ключа с управляющим трансформатором

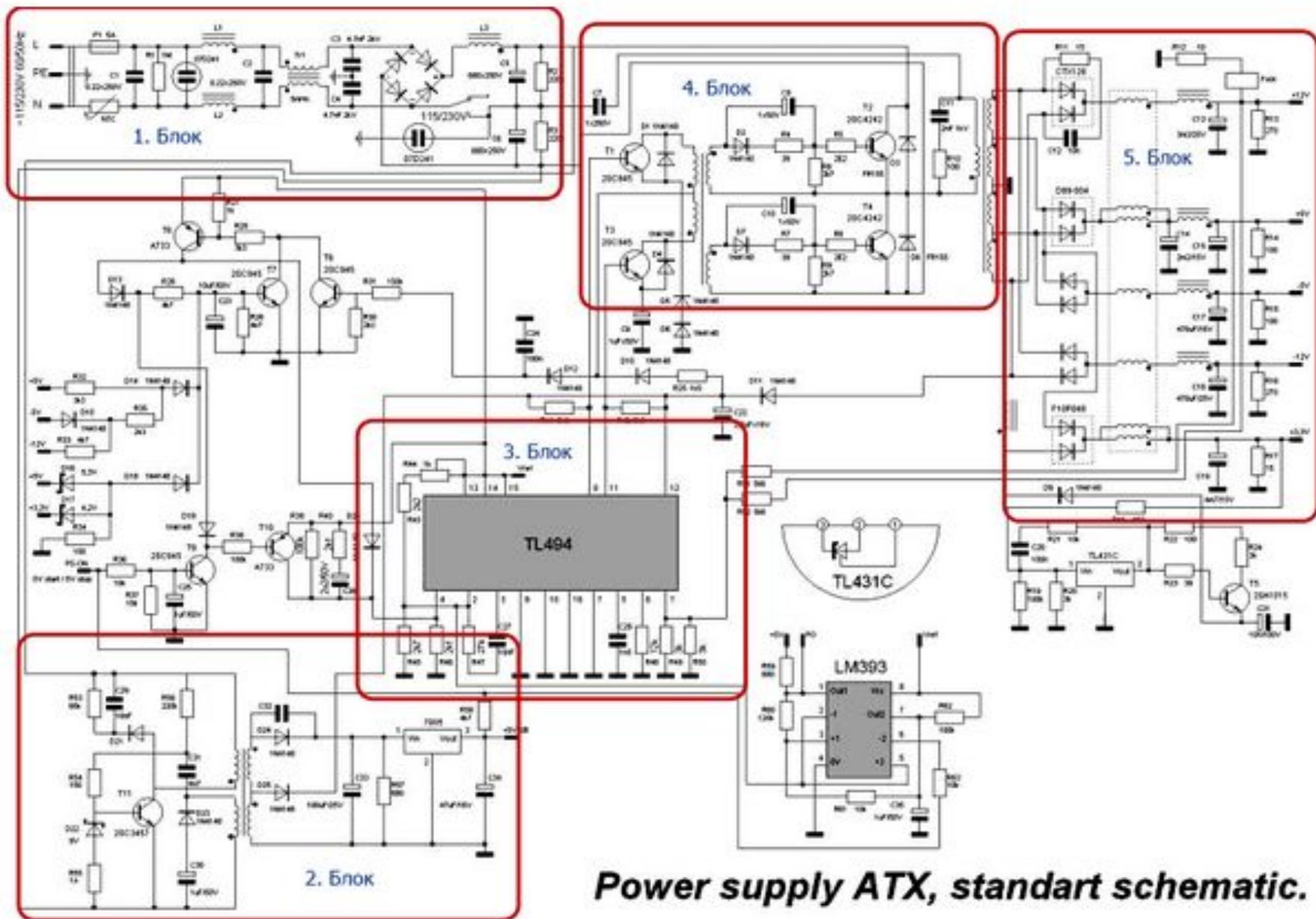




**Рис. 1.3.** Структурная схема источника питания формата ATX

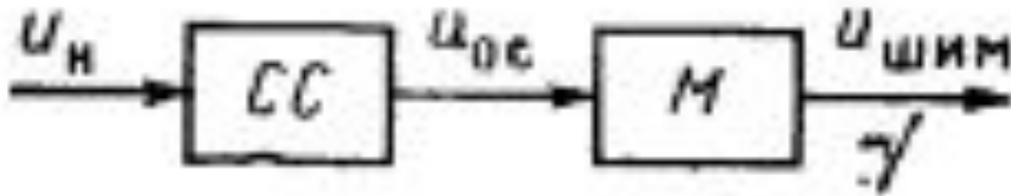
# ШИМ контроллер





**Power supply ATX, standart schematic.**

# Модуляторы

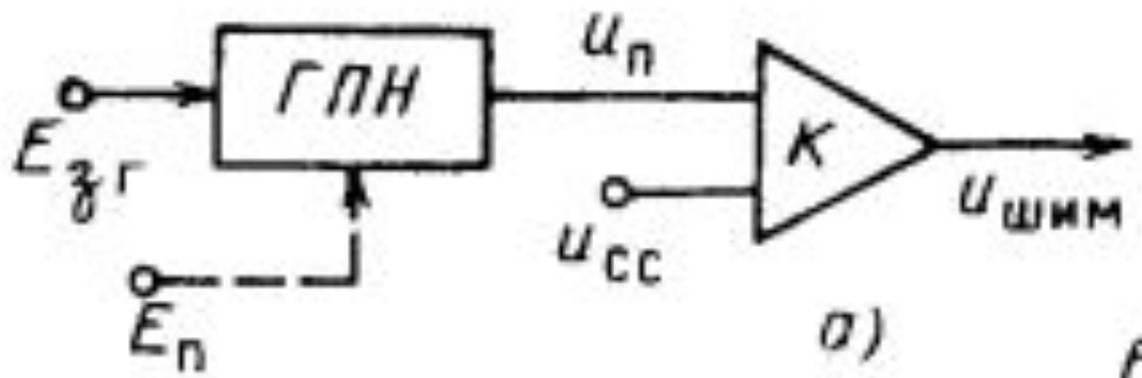


СС – схема сравнения  
М – модулятор

- **ШИМ** – широтно-импульсные модуляторы
- **ЧИМ** – частотно-импульсные модуляторы

# Широтно-импульсные модуляторы (структурная схема)

ГПН - генератор пилообразного  
напряжения; К - компаратор

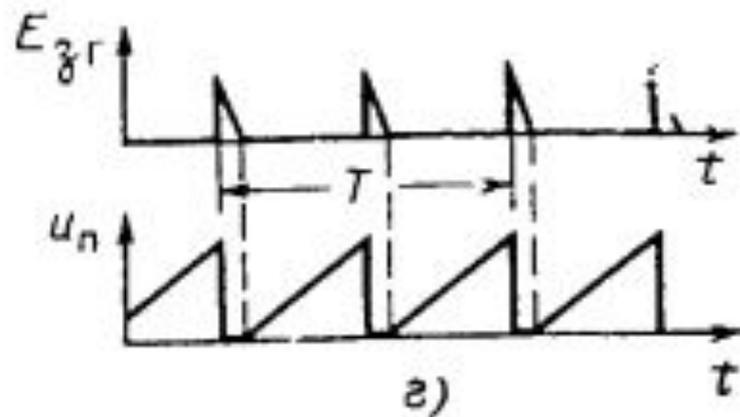
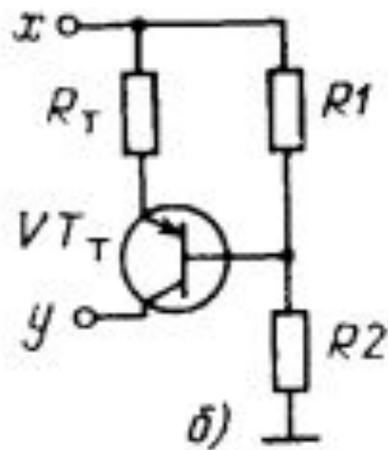
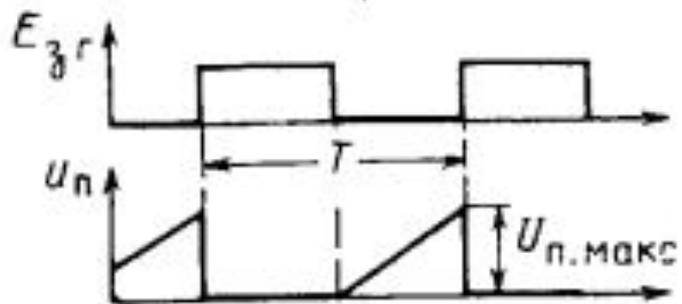
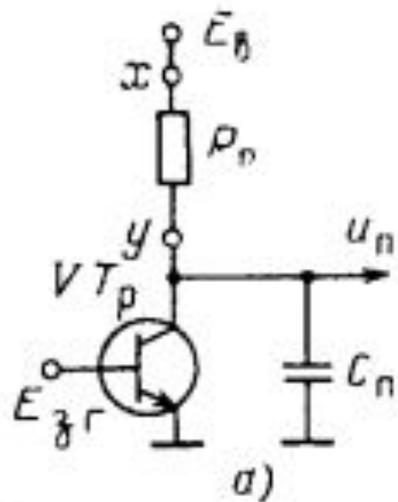


$U_{сс}$  – постоянное напряжение  $E_{г}$  – генератор импульсов

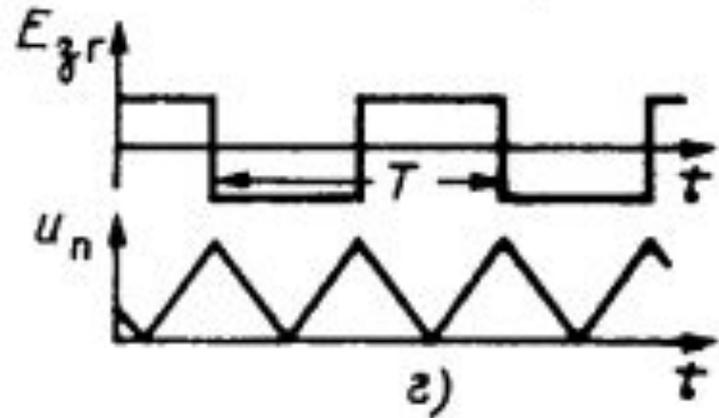
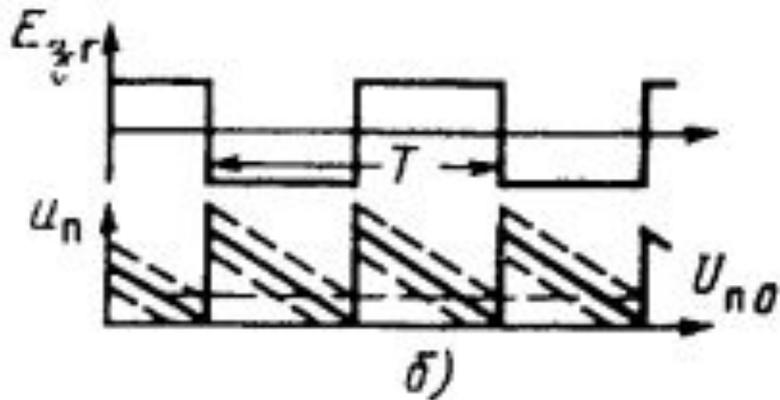
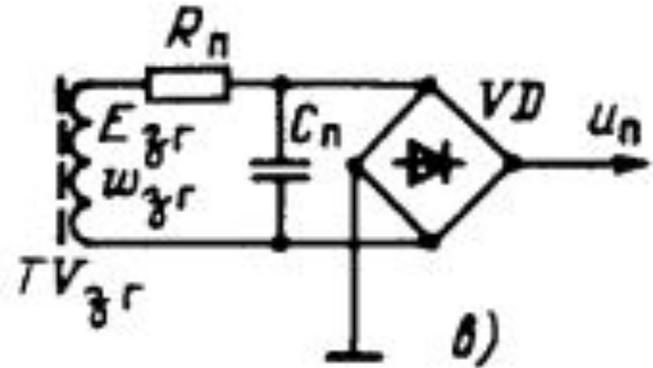
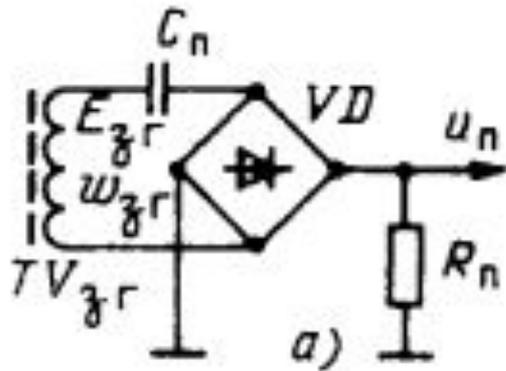
$U_{п}$  – пилообразное напряжение  $t_{и}$  - длительность  
импульса

$t_{п}$  - длительность паузы

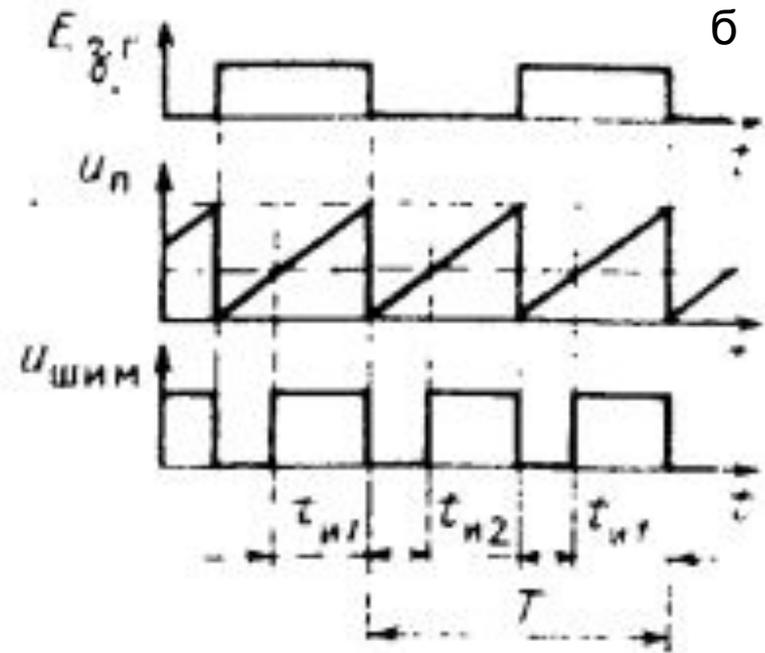
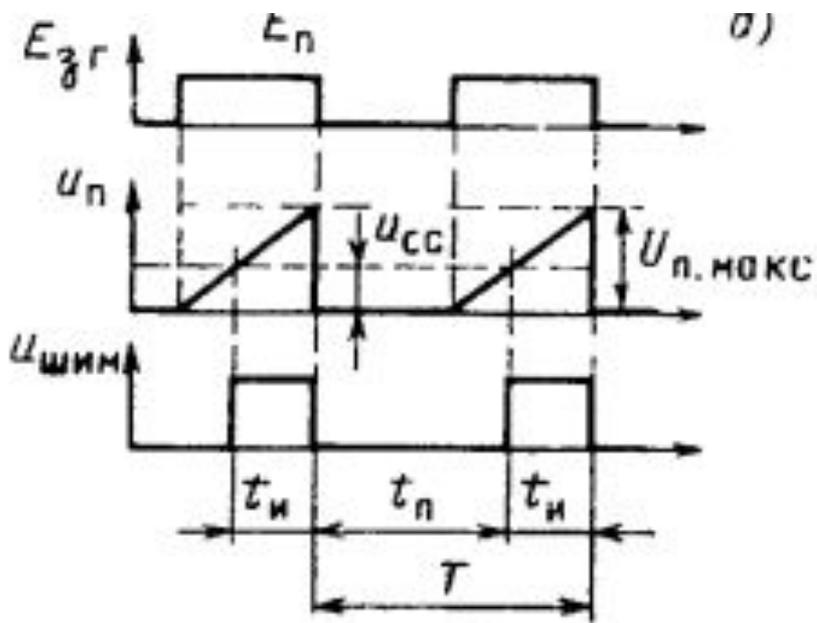
# Схемы ГПН



# Схемы и диаграммы работы упрощённых ГПН



# Временные диаграммы работы ШИМ в однополупериодном (а) и двухполупериодном (б) режимах

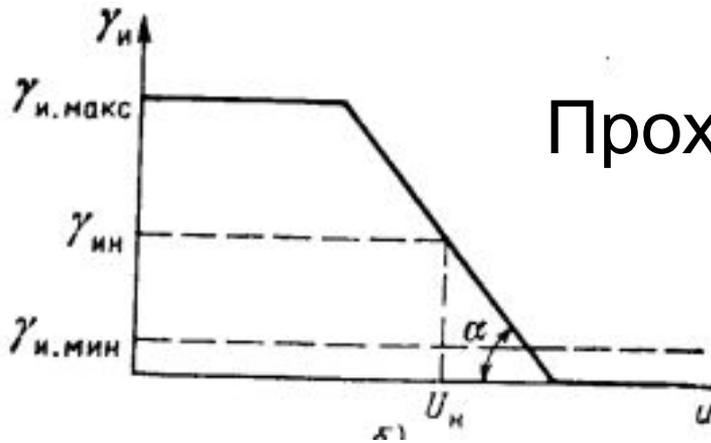


$U_{сс}$  – постоянное напряжение  $E_g$  – генератор импульсов

$U_n$  – пилообразное напряжение  $t_{и}$  – длительность импульса

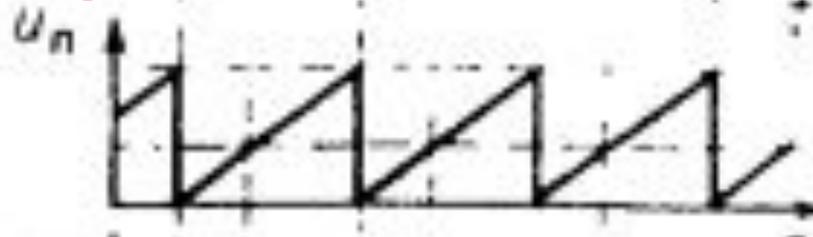
$t_{п}$  – длительность паузы

# Выходной параметр ШИМ-коэффициент заполнения импульсов $\gamma_{и} = t_{и}/T$ .



Проходная характеристика ШИМ

**Если закон нарастания пилы – линейен**

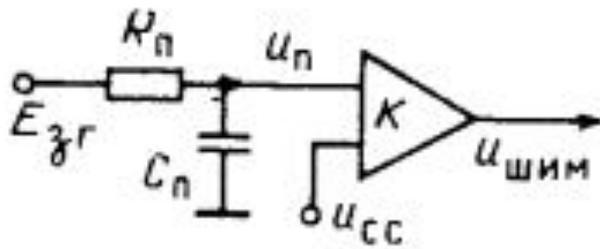


, то  $\gamma_{и} = t_{и\text{ макс}} (1 - u_{сс} / U_{и.макс}) / T$

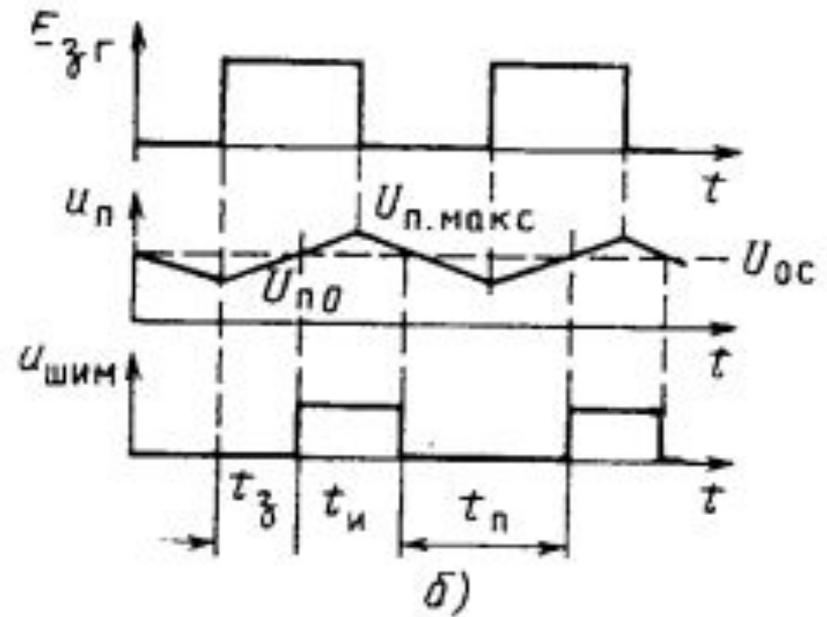
# Статический коэффициент передачи ШИМ

$$K_{\text{ШИМ}} = d\gamma_{\text{II}}/du_{\text{CC}} = -(t_{\text{II, макс}}/TU_{\text{II, макс}}),$$

# Простая схема ШИМ на интегральном компараторе

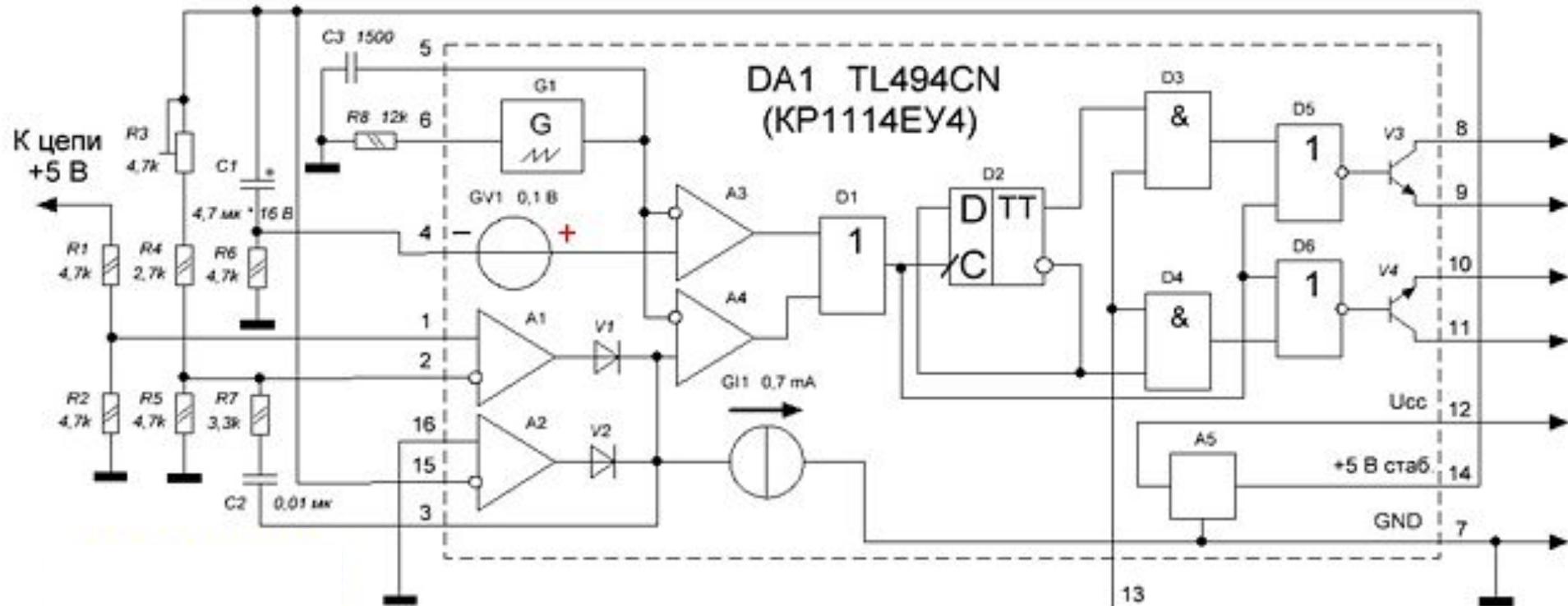


а)

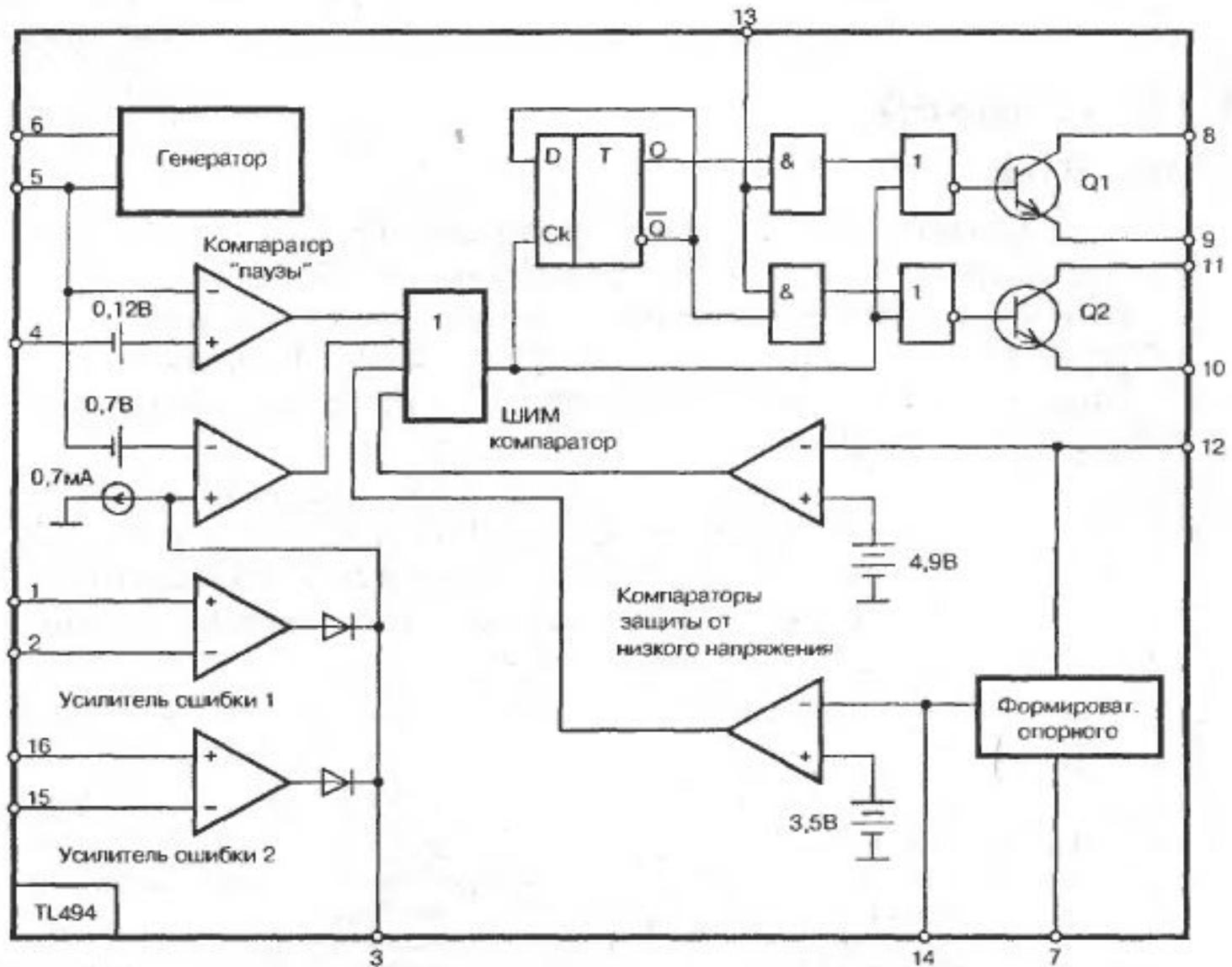


б)

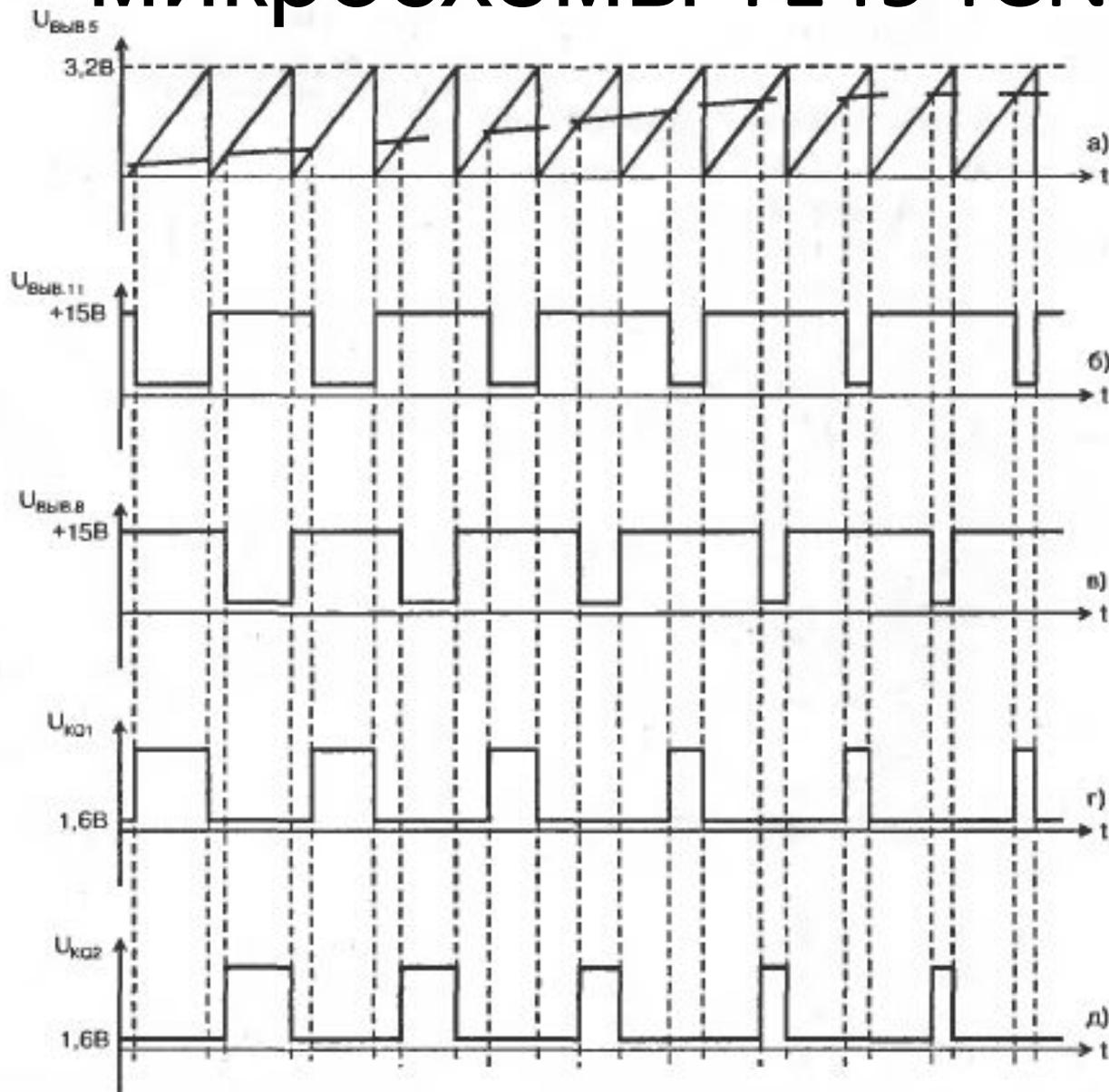
# Структура микросхемы TL494CN



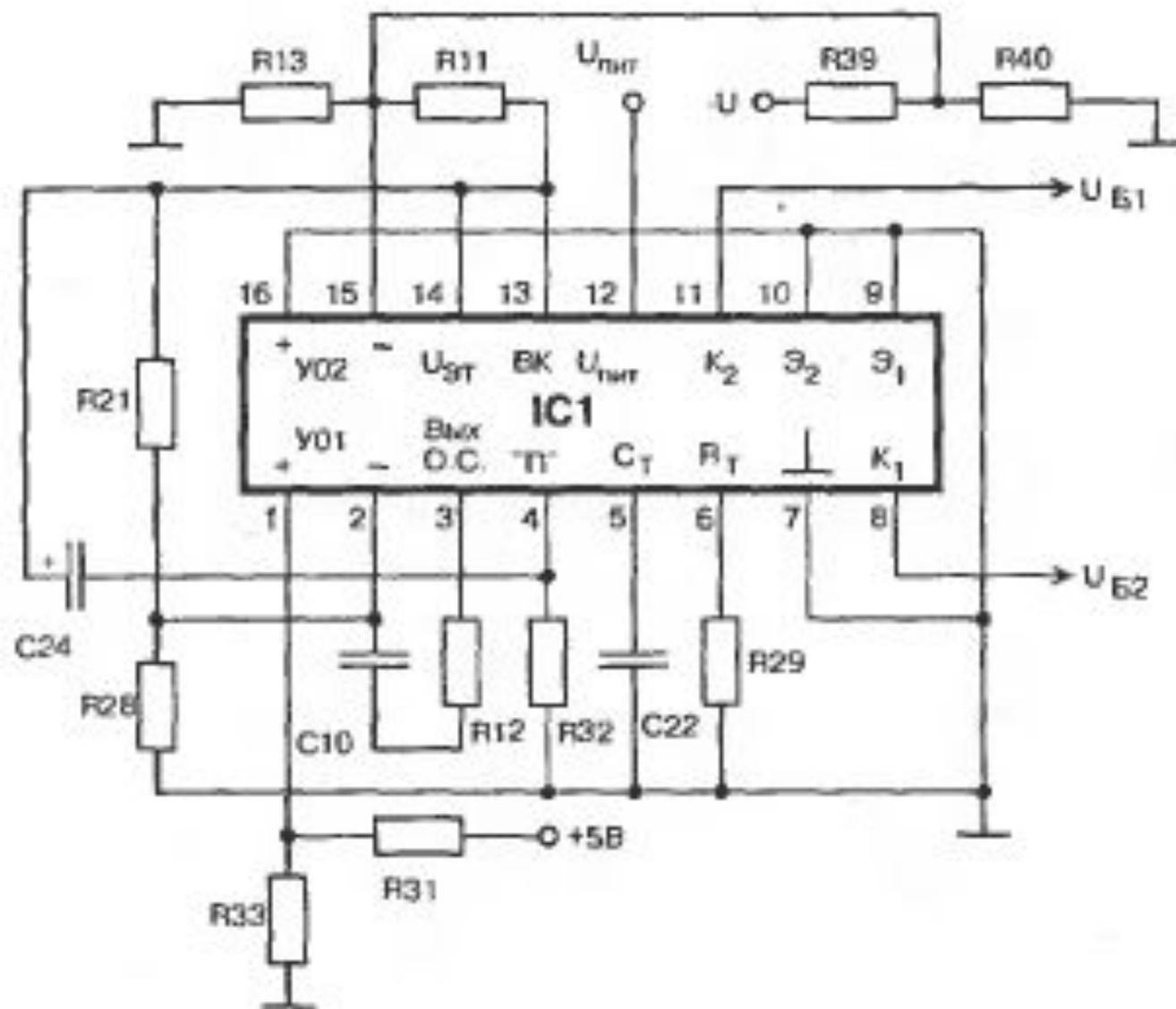
# Структура микросхемы TL494CN

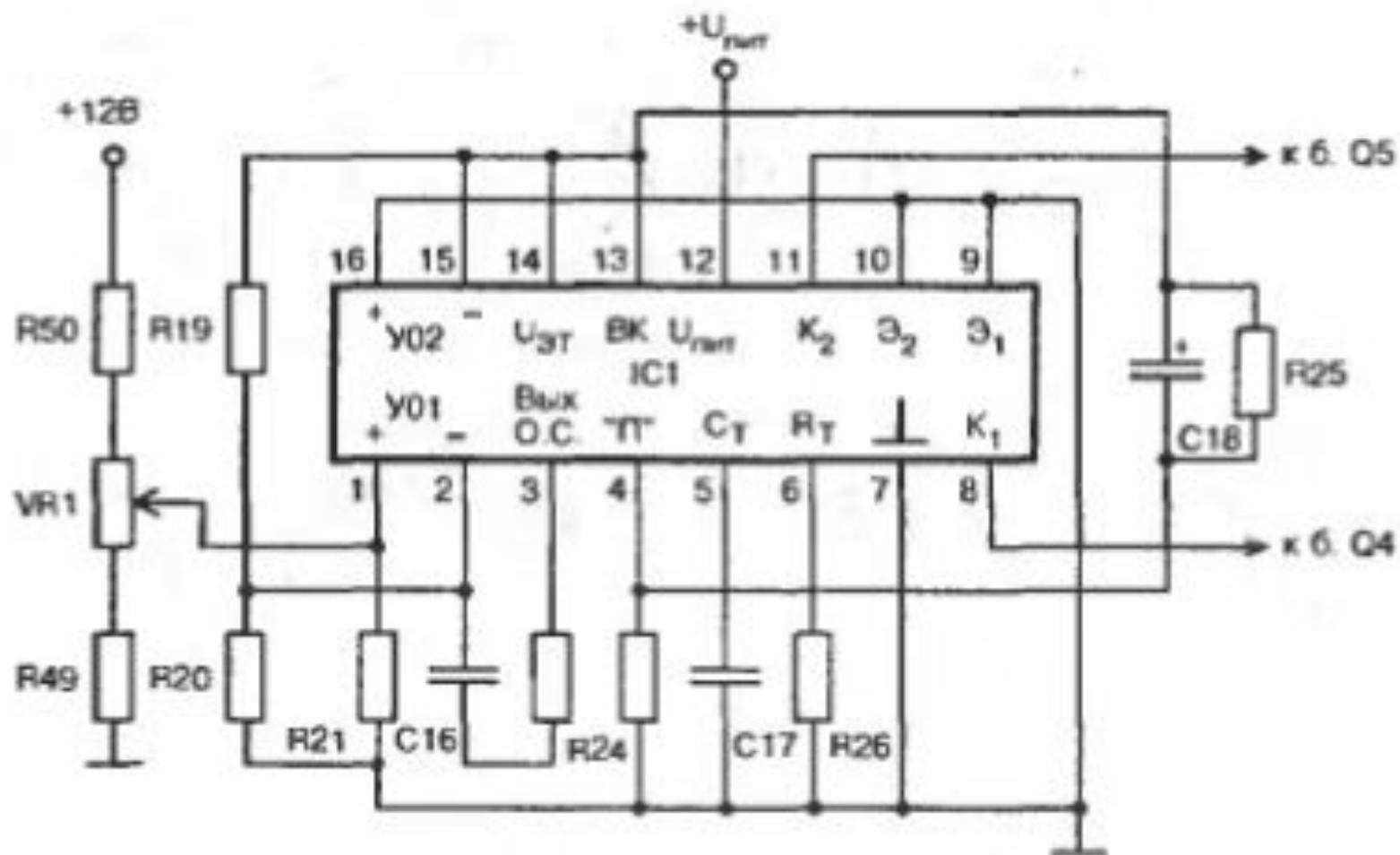


# Временные диаграммы микросхемы TL494CN

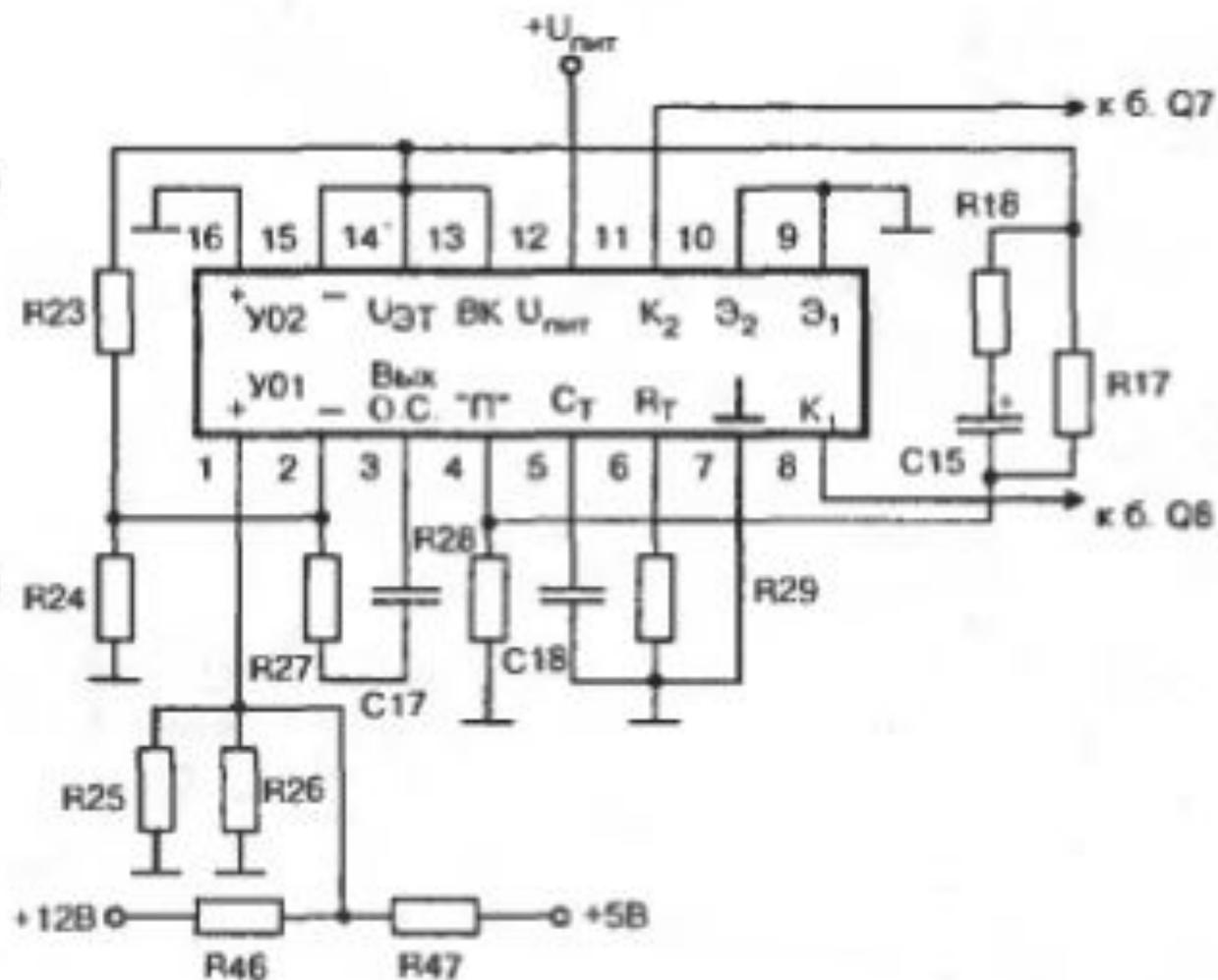


# PC-386





# PM-230W



# PM-230W

