

# Схемы выпрямления с умножением напряжения

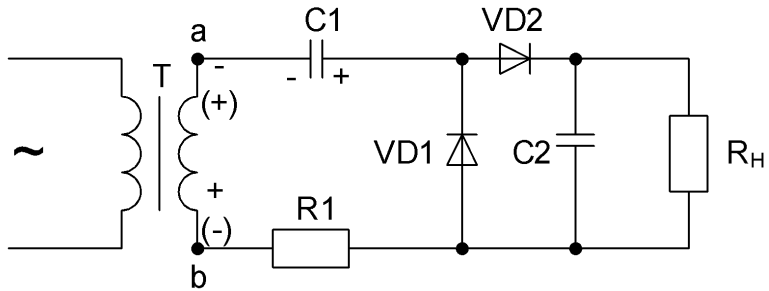


Рис. 3.24 . Однополупериодная схема удвоения

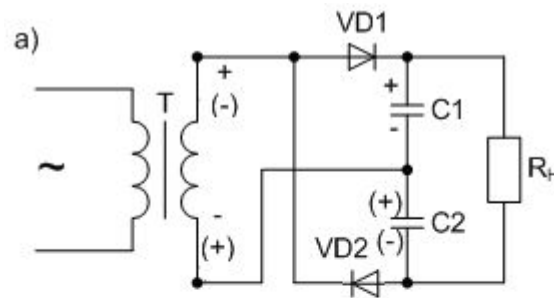
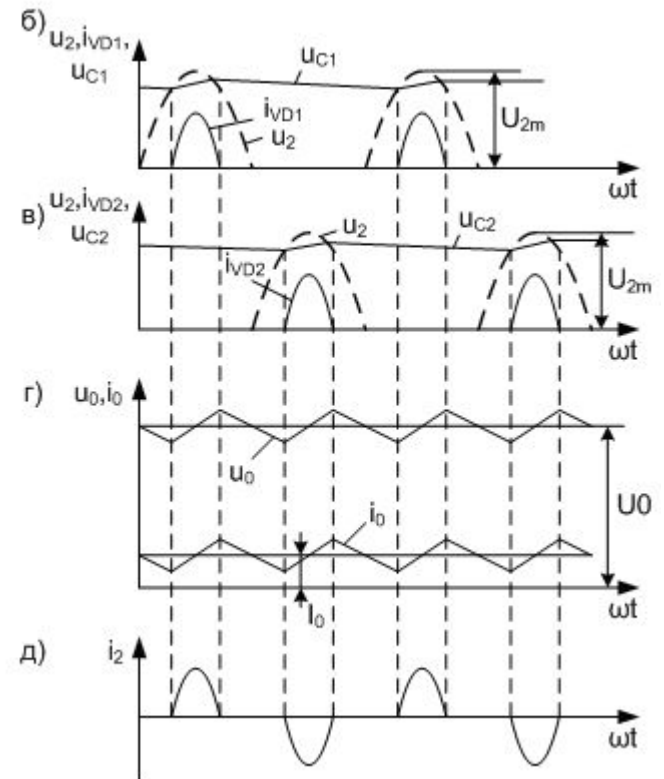


Рис. 3.25. Двухполупериодная схема удвоения (а) и зависимости напряжений и токов от времени (б-д)



## Схемы выпрямления с умножением напряжения

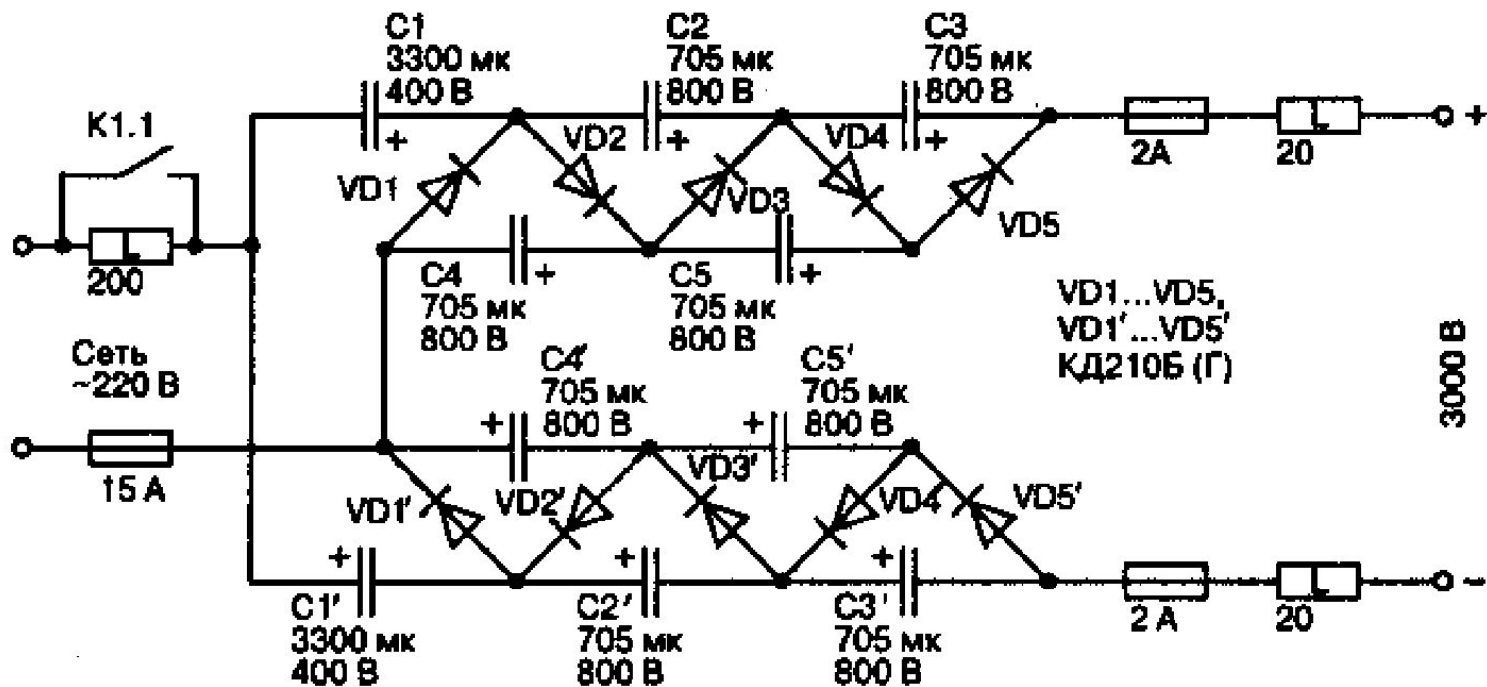


Рисунок. Схема умножения симметричная двух полупериодная

## Бестрансформаторные схемы выпрямления

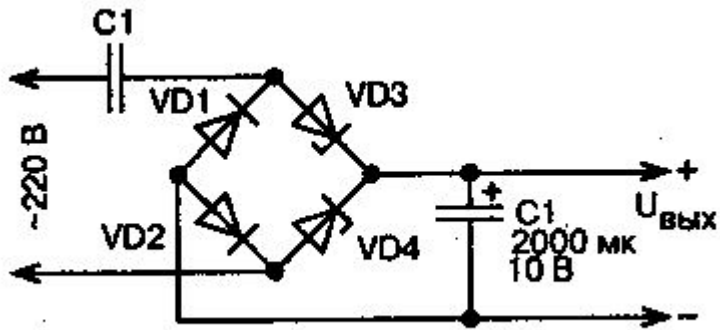


Рис. 3.27. Бестрансформаторная маломощная схема выпрямления с гасящим конденсатором

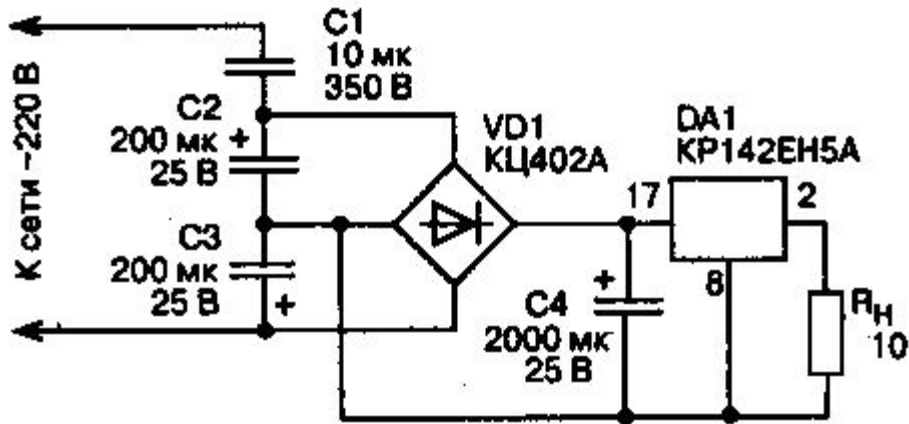


Рис. 3.28. Бестрансформаторная схема выпрямления с конденсаторным делителем

# СГЛАЖИВАЮЩИЕ ФИЛЬТРЫ

$$U = \frac{mU_m}{\pi} \sin \frac{\pi}{m} \left[ 1 + \frac{2}{m^2 - 1} \cos(mf)x - \frac{2}{(2m)^2 - 1} \cos(2mf)x + \frac{2}{(3m)^2 - 1} \cos(3mf)x - \dots \right]$$

Таблица 4.1

Схемы выпрямления	Гармоники пульсирующего напряжения							
	Первая		Вторая		Третья		Четвертая	
	Частота Гц	Амплитуда, В	Частота Гц	Амплитуда, В	Частота Гц	Амплитуда, В	Частота Гц	Амплитуда, В
Однофазная, двухполупериодная и мостовая	100	0,667	200	0,133	300	0,057	400	0,057
Трех фазная, однополупериодная	150	0,250	300	0,057	450	0,025	600	0,014
Трех фазная, мостовая	300	0,057	600	0,014	500	0,066	1200	0,003

# Значения психометрических коэффициентов

f, Гц	50	100	150	200	300	400	450	500	600	
$a_n$	0.0071	0.00891	0.0355	0.00891	0.295	0.484	0.582	0.505	0.861	
f, Гц	700	750	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500
$a_n$	0.902	0.955	1.0	1.072	1.122	1.072	1.0	0.555	0.505	0.861
f, Гц	1600	1600	1800	2000	2500	3000	4000	5000		
$a_n$	0.824	0.824	0.760	0.708	0.617	0.525	0.375	0.177	0.016	

# Допустимое напряжение пульсации

Аппаратура или цепи	Напряжение питания, В		Допустимое напряжение пульсации	
	Номинальное $U_H$	Рабочее $U_P$	Эффективное (действующее) $U_{эфф}$ , В	Псофометрическое $U_{псоф}$ , В
Цепи питания аппаратуры систем передачи воздушных кабельных и радиорелейных линий	24	21,6-26,4	0,250**	-
	21,2	20,6-1,8*	0,015***	-
Вспомогательные цепи аппаратуры связи (цепи сигнализации и др.)	24	21,6-26,4	1,2	-
	24	21,6-26,4	-	$2,4 \cdot 10^{-3}$
Коммутаторы ручных телефонных станций	24	21,6-26,4	0,24	-
Аппаратура тонального телеграфирования	60	58-60	-	$5 \cdot 10^{-3}$
Аппаратура автоматических телефонных станций декадно-шаговой системы	60	54-72	-	$5 \cdot 10^{-3}$
	60	54-66	0,6	$5 \cdot 10^{-3}$
Аппаратура автоматических телефонных станций координированной системы	60	58-66	3	-
	120	108-129*		-
Аппаратура автоматических телефонных станций квазиэлектронной системы				
Коммутационная аппаратура телеграфных станций				
Местные и линейные телеграфные цепи				
Электродвигатели телеграфных аппаратов				
* - действительно для аппаратуры, разработанной до .				
** - в полосе частот до 300 Гц.				
*** - на частоте 300 Гц и выше.				

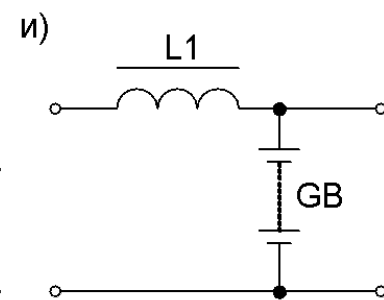
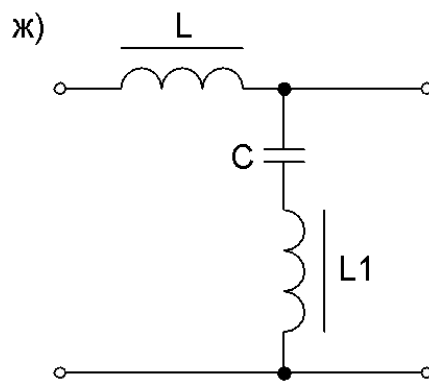
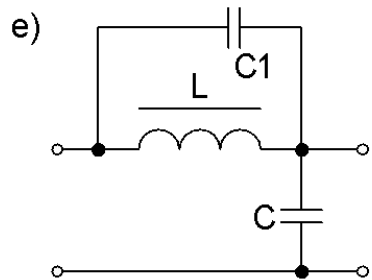
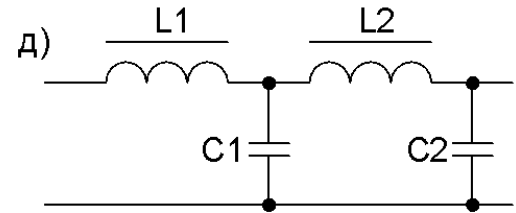
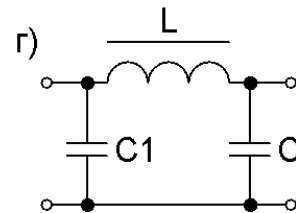
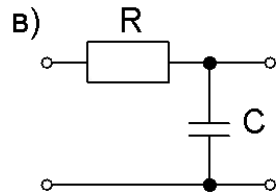
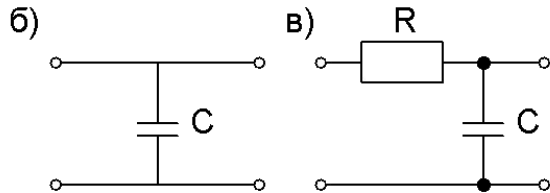
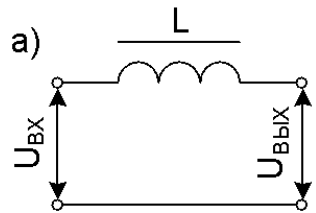
# Допустимое напряжение пульсации

Таблица 4.3

Напряжение питания, В		Допустимое напряжение пульсации			
Номи- нальное	рабочее для группы		эффективное (действующее) $U_{эфф}$ , В, для диапазона частот, Гц		псофометрическое $U_{псоф}$ , В
	первой	второй	до 300	от 300 до 20000	
24	21-28	21,6-26,4	0,10	0,01	0,002
60	54-72	54-66	0,250	0,015	0,002

Элементы аппаратуры или цепи	Допустимый коэффициент пульсации напряжения, %
Микронный цепи	0,0001-0,0005
Задающие генераторы радиопередатчиков	0,001-0,01
Усилители низкой частоты	0,1-0,5
Выходные каскады передатчиков:	0,005-0,1
телефонных	0,5-1,0
телеграфных	

# Схемы сглаживающих фильтров





# Коэффициент фильтрации

$$U = \sqrt{\left(\frac{U_1}{\sqrt{2}}\right)^2 + \left(\frac{U_2}{\sqrt{2}}\right)^2 + \dots + \left(\frac{U_n}{\sqrt{2}}\right)^2} = \sqrt{0.5(U_1^2 + U_2^2 + \dots + U_n^2)}$$

$$U_{\hat{a}\hat{u}\hat{o}} = \sqrt{0,5 \left[ (U_1 / k_1)^2 + (U_2 / k_2)^2 + \dots + (U_n / k_n)^2 \right]}$$

$$k_n / k_1 = f_n / f_1$$

$$k_n = k_1 (f_n / f_1)$$

$$U_{\hat{a}\hat{u}\hat{o}} = \frac{1}{k_1} \sqrt{0,5 \left[ U_1^2 + \left(\frac{U_2 f_1}{f_2}\right)^2 + \dots + \left(\frac{U_n f_1}{f_n}\right)^2 \right]}$$

$$k_1 = \frac{1}{U_{\hat{a}\hat{u}\hat{o}}} \sqrt{0,5 \left[ U_1^2 + \left(\frac{U_2 f_1}{f_2}\right)^2 + \dots + \left(\frac{U_n f_1}{f_n}\right)^2 \right]}$$

$$k_1 = \frac{1}{U_{\hat{a}\hat{u}\hat{o}}} \sqrt{0,5 \left[ (U_1 \alpha_1)^2 + \left(\frac{U_2 \alpha_2 f_1}{f_2}\right)^2 + \dots + \left(\frac{U_n \alpha_n f_1}{f_n}\right)^2 \right]}$$

# Коэффициент фильтрации(продолжение)

$$k_1 = \frac{1}{U_{\hat{a}\hat{u}\hat{o}}} \sqrt{0,5 \left[ U_1^2 + \left( \frac{U_2 f_1^2}{f_2^2} \right)^2 + \dots + \left( \frac{U_n f_1^2}{f_n^2} \right)^2 \right]}$$

$$U_{n\hat{a}\hat{o}} = i_n \sqrt{(r + R_H)^2 + (\omega_n L)^2}$$

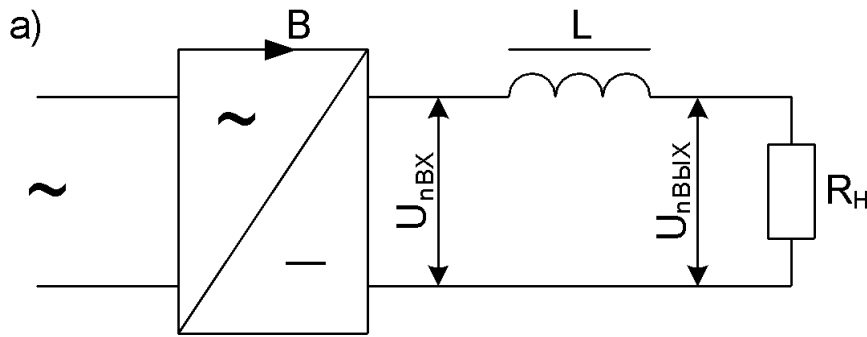
$$U_{n\hat{a}\hat{u}\hat{o}} = i_n R_H$$

$$k_n = \frac{U_{n\hat{a}\hat{o}}}{U_{n\hat{a}\hat{u}\hat{o}}} = \frac{i_n \sqrt{(r + R_H)^2 + (\omega_n L)^2}}{i_n R_H} = \frac{\sqrt{(r + R_H)^2 + (\omega_n L)^2}}{R_H}$$

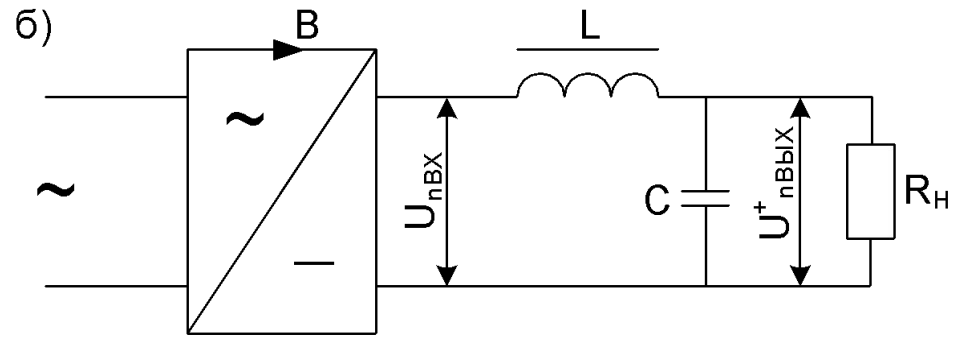
$$k_n = \omega_n L / R_H$$

$$L = k_n R_H / \omega_n = k_n R_H / 2\pi f_n$$

# Коэффициент фильтрации(продолжение)



$$U_{n\hat{\alpha}\tilde{\sigma}} = i_n \sqrt{r^2 + (x_L + x_C)^2}$$



$$U_{n\hat{\alpha}\tilde{\sigma}} = i_n x_C$$

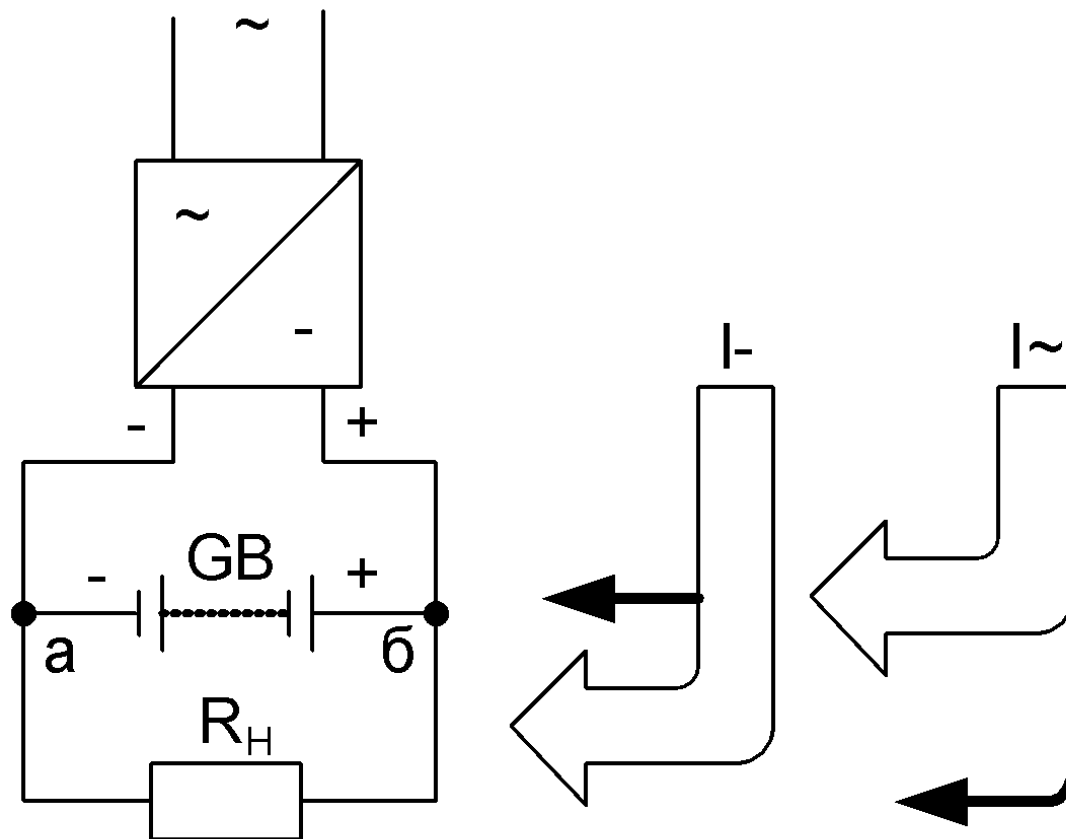
$$k_n = \frac{i_n \sqrt{r^2 + (x_L - x_C)^2}}{i_n x_C} = \frac{\sqrt{r^2 + (x_L - x_C)^2}}{x_C}$$

$$k_n = \frac{x_L - x_C}{x_C} = \frac{\omega_n L - (1/\omega_n C)}{1/\omega_n C} = \omega_n^2 LC - 1$$

$$LC = (k_n + 1) / (2\pi f_n)^2$$

# Сглаживающие фильтры с аккумуляторной батареей

$$R_{i\dot{a}} = R_{i\delta} + R_i + R_{\sigma 1} + R_{\sigma 2} + R_{\dot{a}}$$



# Сглаживающие фильтры с аккумуляторной батареей

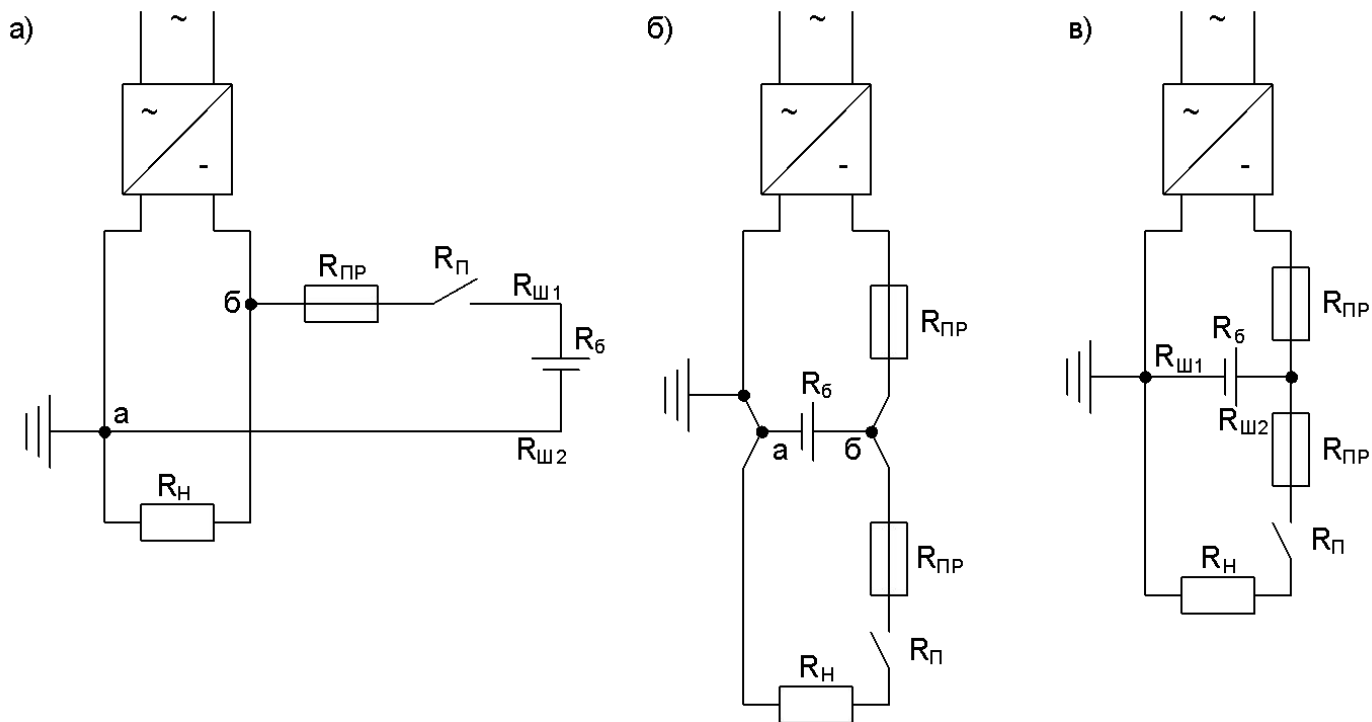


Рис. 4.4 .Схемы подключения аккумуляторной батареи к выпрямителю и нагрузке:  
а – двухпроводная; б – четырехпроводная; в- упрощенная двухпроводная

# Транзисторный сглаживающий фильтр

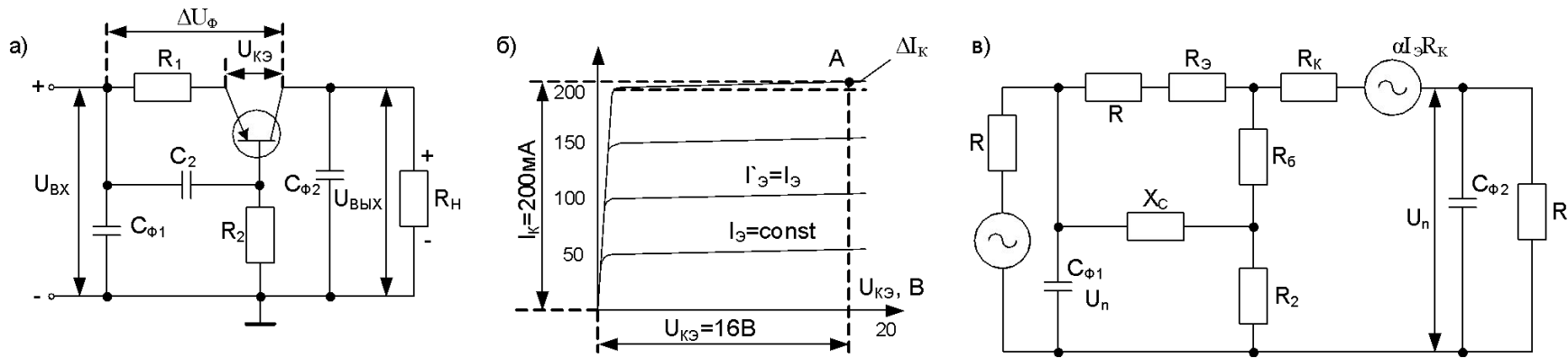


Рис.4.5.Схема П-образного транзисторного сглаживающего фильтра (а), выходные характеристики транзистора (б) и эквивалентная схема фильтра (в)

# Расчет транзисторных сглаживающих фильтров

$$R_{\Pi} = R_K = \frac{\Delta U_{KЭ}}{\Delta I_K} \quad R_0 = \frac{U_{\hat{E}Y}}{I_{\hat{E}}}$$

$$X_C = \frac{1}{2\pi m f_C C_2} \quad R_{\Phi} = R_1 + R_K \approx R_1 + \frac{U_{KЭ}}{I_0},$$

$$\Delta B_{\Phi} = R_{\Phi} I_0 = I_0 R_1 + U_{KЭ}, \quad C_2 \geq \frac{1}{2.3,14 \cdot f_{\Pi} R_1}$$

$$R_2 \approx \frac{\alpha_1 U_0 R_H}{U_0 (1 - \alpha_{KЭ}) - U \left(1 + \frac{R_H}{R_K} - \alpha_K\right) - I_0 R}$$

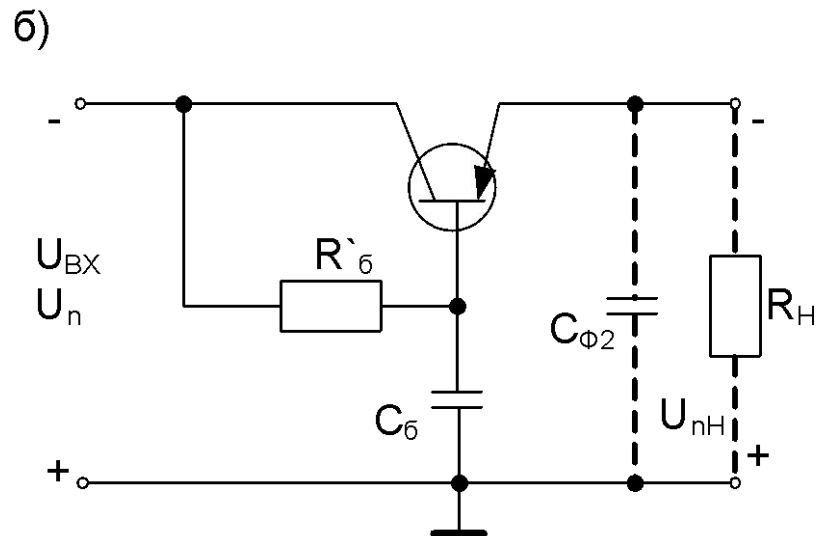
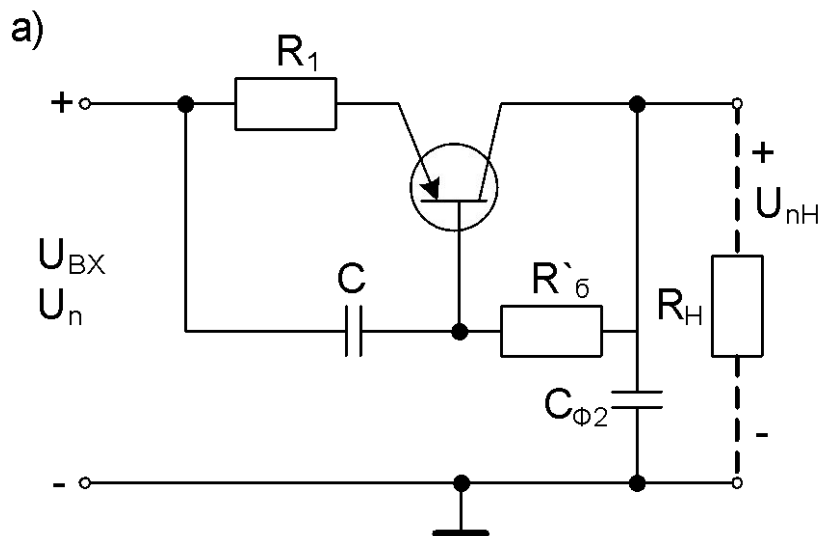
$$K_{\Pi} \approx \frac{R_1 R_2 R_K}{\left(\frac{1}{2\pi m f_{\Phi} C_1}\right)} \sqrt{\frac{1}{(R_2 + \alpha_i R_H)^2 \frac{1}{2\pi m f_{\Phi} C_2} + R_2 R_1^2}}$$

# Расчет транзисторных сглаживающих фильтров

$$L_{\text{ЭКВ}} = \frac{R_K}{6.28mf_c}$$

$$K_T \approx \frac{\alpha_i R_K \omega R_H}{R_2(1-\alpha_i)} \approx \beta R_K \omega_{\Pi} \frac{R_H}{R_2}$$

$$\beta = \frac{\alpha_i}{1-\alpha_i} \approx \frac{1}{1-\alpha_i}$$





# Расчет транзисторных сглаживающих фильтров

$$K_{\Gamma \text{ МАКС}} = \frac{R_K \omega_{\Phi} R_{i2} \alpha_H}{R_B (1 - \alpha_i)} \approx R_K \omega_{\Pi} C_{\Phi 2} \beta \frac{R_H}{R_B}$$

$$K_{\Gamma} \approx \frac{R_K R_{\Pi} \omega_{\text{ЭБ}}}{R_K + R_H} \frac{R_H}{R_B + R_K (1 - \alpha)} \frac{1}{\sqrt{1 + \left( \frac{R_B}{\omega_{\Pi} C_{\text{ЭБ}}} \frac{1}{1 + R_K / R_B} \right)^2}}$$

$$K_{\Phi} = \frac{U_{\Pi \text{ ВХ}}}{U_{\Pi \text{ ВЫХ}}}$$

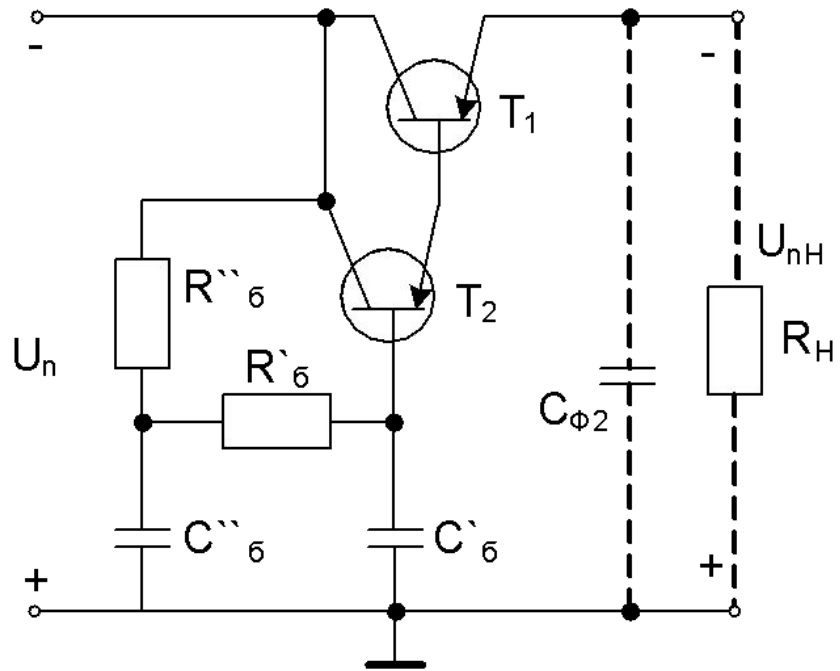
$$K_{\text{СГЛ}} = \left( \frac{U_{\Pi \text{ ВХ}}}{U_{0 \text{ ВХ}}} \right) / \left( \frac{U_{\Pi \text{ ВЫХ}}}{U_{0 \text{ ВЫХ}}} \right) = \frac{U_{\Pi \text{ ВХ}}}{U_{\Pi \text{ ВЫХ}}} \frac{U_{0 \text{ ВЫХ}}}{U_{0 \text{ ВХ}}} = K_{\Phi} \frac{U_{0 \text{ ВЫХ}}}{U_{0 \text{ ВХ}}}$$

$$Z_{\text{ВЫХ}} = \frac{\Delta U_{\text{ВЫХ} \Pi}}{\Delta I_{\text{НП}}}$$

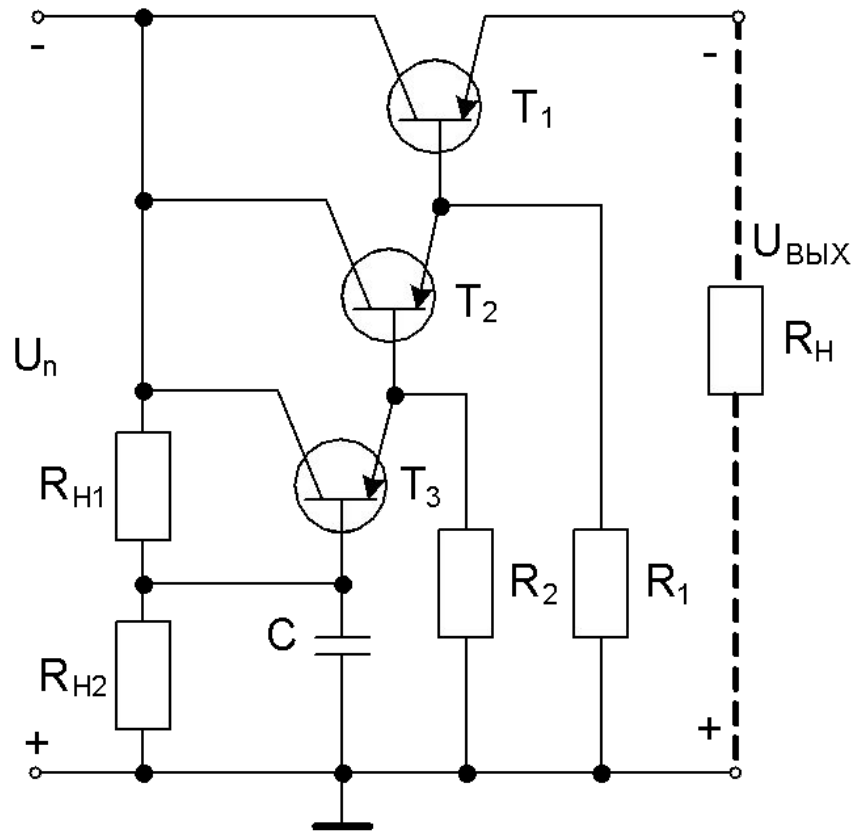
$$R_{\text{ВЫХ}} = \frac{U_{0 \text{ ВЫХ}}}{I_0}$$

# Схемы сглаживающих фильтров с составными транзисторами

a)



a)



# Параметры стабилизаторов

$$\delta_{1\hat{A}} = (U_{\hat{a}\tilde{\delta}\max} - U_{\hat{a}\tilde{\delta}}) / U_{\hat{a}\tilde{\delta}} \quad \delta_{1\hat{I}} = (U_{\hat{a}\tilde{\delta}} - U_{\hat{a}\tilde{\delta}\min}) / U_{\hat{a}\tilde{\delta}}$$

$$U_{\hat{a}\tilde{\delta}\max} = U_{\hat{a}\tilde{\delta}} (1 + \delta_{1\hat{A}}) \quad U_{\hat{a}\tilde{\delta}\min} = U_{\hat{a}\tilde{\delta}} (1 - \delta_{1\hat{I}})$$

$$\delta_H = (U_{H\max} - U_H) / U_H = (U_H - U_{H\min}) / U_H \quad \delta_U = (\Delta U_H / U_H) 100\%$$

$$\delta_1 = (\Delta U_H / U_H) 100$$

$$K_{HCU} = \Delta U_H U_{\hat{a}\tilde{\delta}} / U_H \Delta U_{\hat{a}\tilde{\delta}}$$

$$K_{HCI} = \Delta U_H I_H / U_H \Delta I_H$$

$$K_{\tilde{n}\hat{o}U} = \frac{\Delta U_{\hat{a}\tilde{\delta}}}{U_{\hat{a}\tilde{\delta}}} : \frac{\Delta U_H}{U_H}$$

$$R_{\hat{a}\hat{u}\tilde{\delta}} = \Delta U_H / \Delta I_H$$

$$\theta = \Delta U_H / \Delta T$$

$$\eta = P_H / P_{\hat{a}\tilde{\delta}}$$

$$n_n = (U_{\hat{I}\hat{I}} / U_H) 100$$

$$K_{\hat{o}U} = U_1 / U$$

$$K_{\hat{o}i} = I_1 / I$$

$$\cos \theta = P / S$$

# РЕГУЛИРОВАНИЕ И СТАБИЛИЗАЦИЯ НАПРЯЖЕНИЯ

## Способы регулирования напряжения

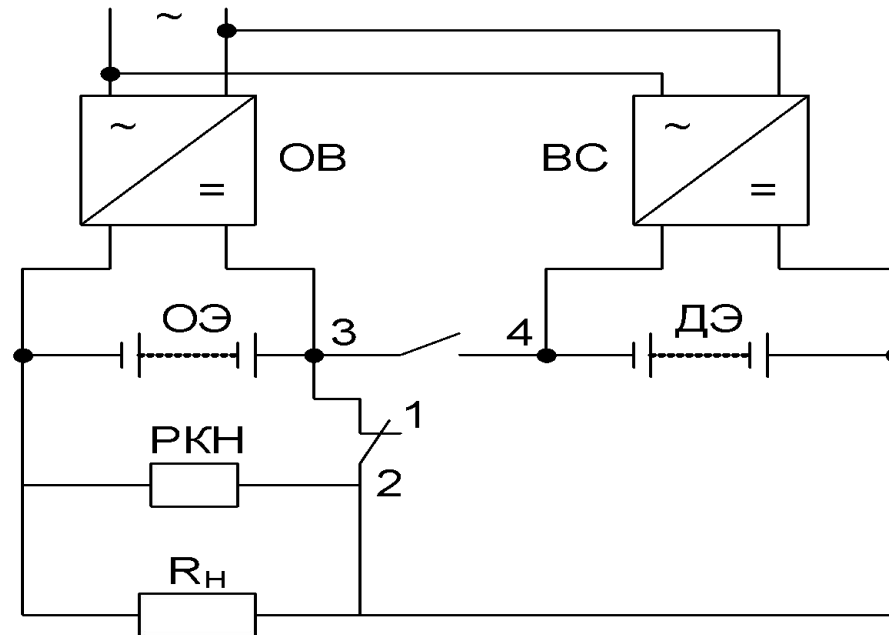


Рис. 5.1. Схема регулирования напряжения дополнительными аккумуляторами

## Способы регулирования напряжения

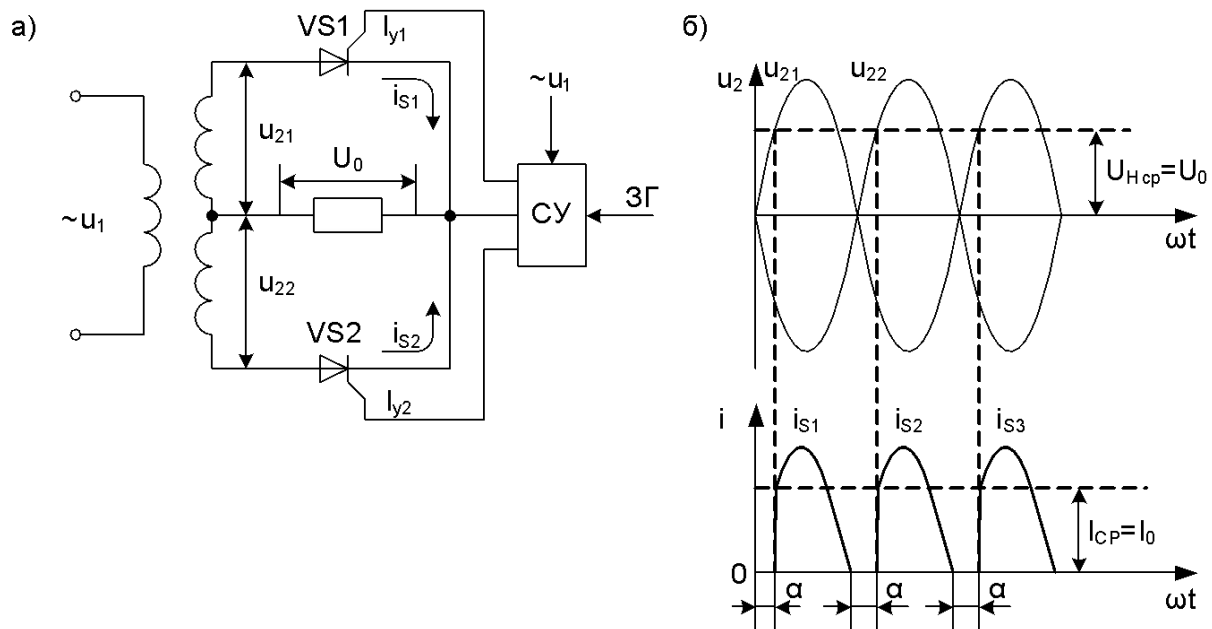
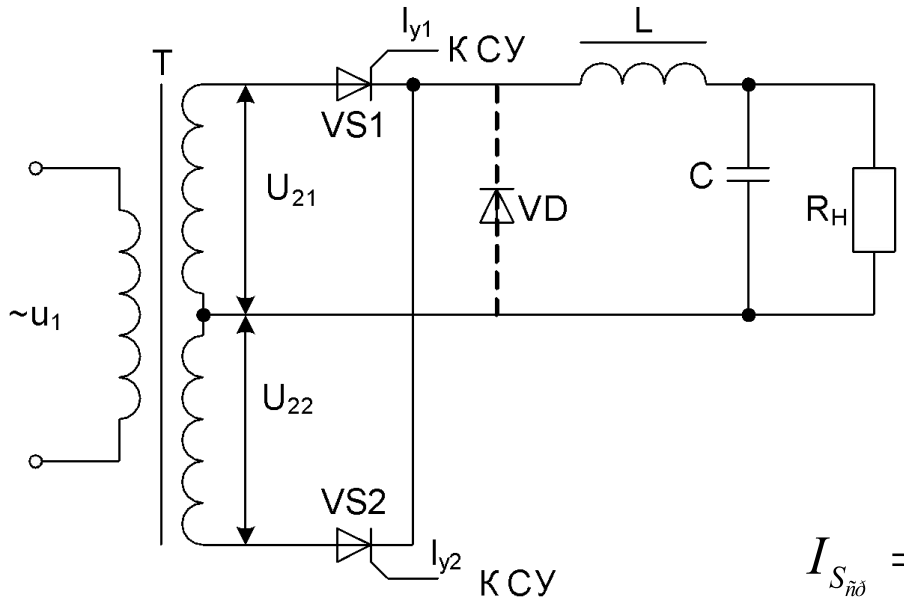


Рис. 5.2. Схема двухполупериодного тиристорного выпрямителя (а) и кривые изменения напряжения и токов (б и в)

# Включение схемы выпрямления на реактивную нагрузку



$$U_{0,\alpha} = \frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\pi} U_{2m} \sin \omega t d\omega t = \frac{U_{2m}}{\pi} (1 + \cos \alpha)$$

$$U_{\alpha-0} = \frac{2}{\pi} U_{2m} \quad U_{\alpha} = U_0 \left( \frac{1 + \cos \alpha}{2} \right)$$

$$I_{S_{\text{нб}}} = I_{0,\alpha} / 2$$

$$I_S = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_{\alpha}^{\pi} i_S^2 d\omega t} = K_{\delta} I_{0,\alpha} / 2$$

$$K_{\delta} = \frac{2\pi}{\sqrt{2}(1 + \cos \alpha)} \sqrt{\frac{1}{\pi} \left( \frac{\pi}{2} - \frac{\alpha}{2} + \frac{1}{4} \sin 2\alpha \right)} = \frac{\sqrt{\pi}}{1 + \cos \alpha} \sqrt{\pi - \alpha + \frac{1}{2} \sin 2\alpha}$$

$$I_1 = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_{\alpha}^{\pi} i_1^2 d\omega t} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_{\alpha}^{\pi} \frac{1}{K_T^2} d\omega t} = \frac{\sqrt{2}}{K_T} \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_{\alpha}^{\pi} i_S^2 d\omega t} = \frac{\sqrt{2}}{K_T} I_S = \frac{\sqrt{2}}{2} K_{\delta} \frac{I_{0,\alpha}}{2}$$

# Работы схемы (продолжение)

$$t_2 = \pi / \omega$$

$$t_3 = (\pi + \alpha) / \omega$$

$$t_5 = (2\pi + \alpha) / \omega$$

$$U_{0,\alpha} = \frac{1}{\pi} \int_{\alpha}^{\pi+\alpha} U_{2m} \sin \omega t d\omega t = \frac{2U_{2m}}{\pi} \cos \alpha$$

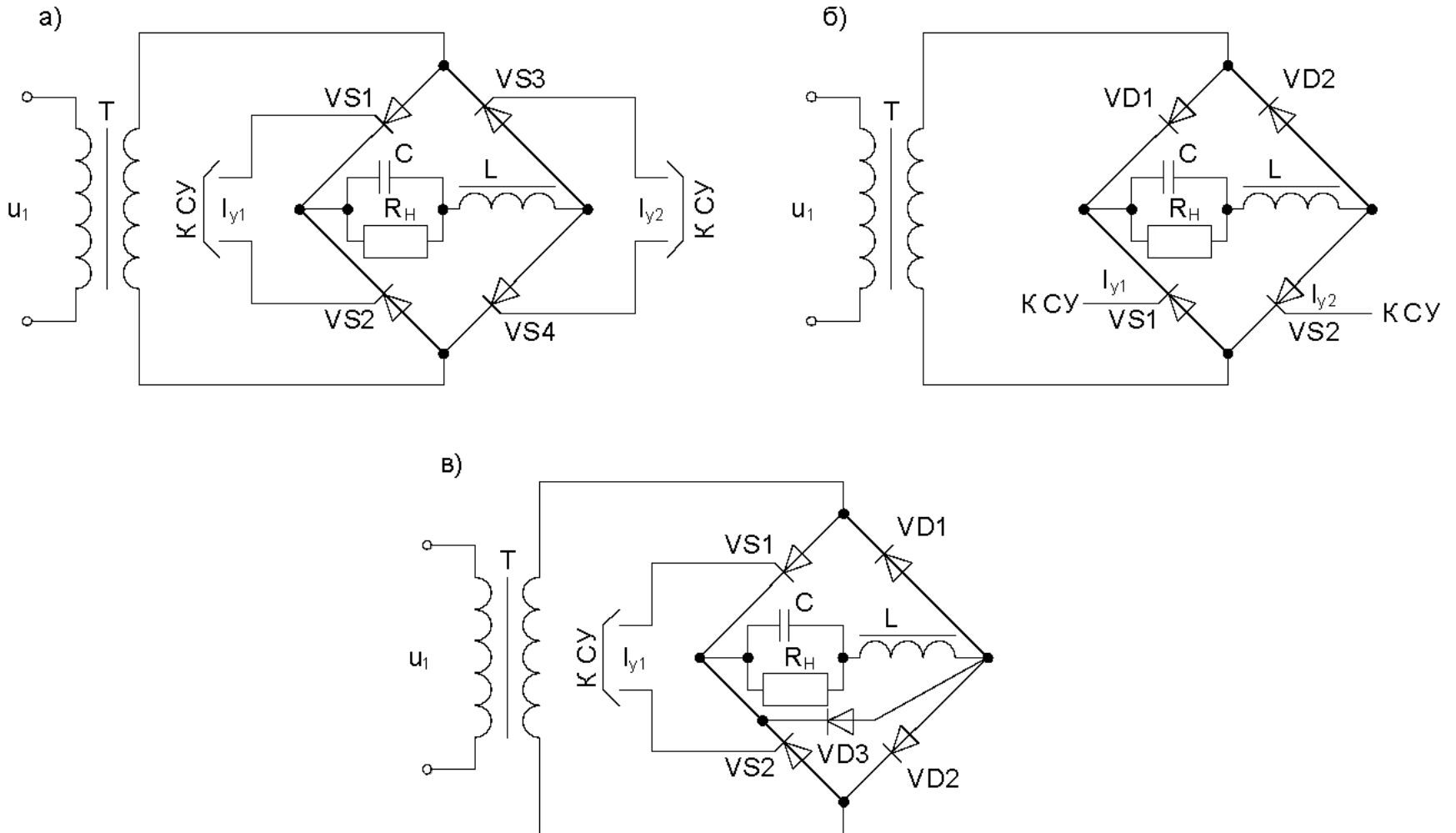
$$\omega L / R > \operatorname{tg} \alpha$$

$$L_{\hat{e}\delta} = (R / \omega) \operatorname{tg} \alpha$$

$$R_{\max} = \omega L / \operatorname{tg} \alpha$$

$$t_3 = (\pi + \alpha) / \omega$$

# Мостовые схемы





# Регулирование напряжения с помощью дросселей насыщения и вольтдобавочных трансформаторов

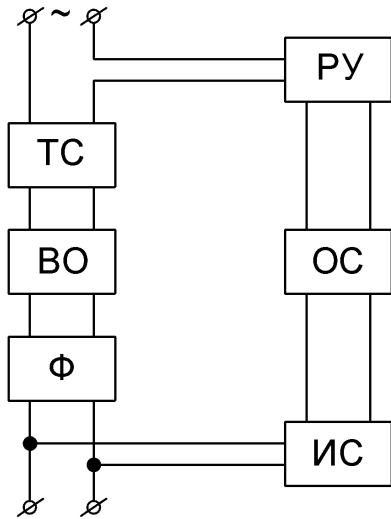


Рис.1 Упрощенная структурная схема выпрямительного устройства

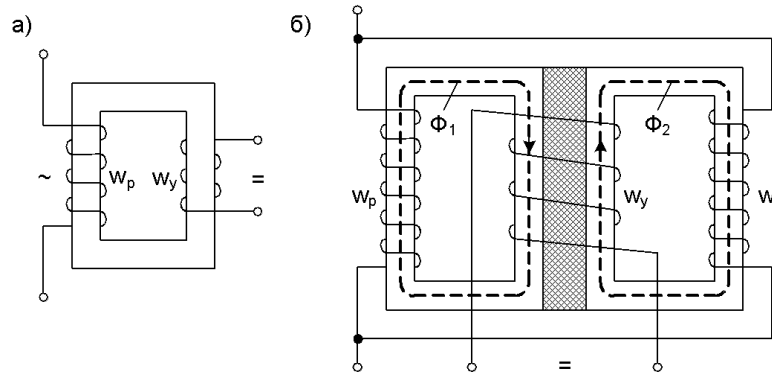
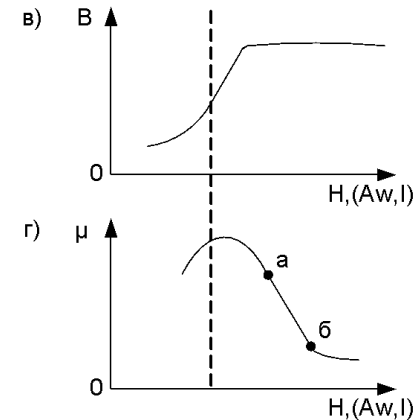


Рис.2 Схемы дросселя насыщения (а) и кривые намагничивания и магнитной проницаемости (б, в)



$$x_p = \omega L = \frac{2\omega w_p^2 Q_{\tilde{n}\tilde{d}} \mu}{l_{\tilde{n}\tilde{d}} \cdot 10^8} = A\mu$$

# Стабилизация напряжения

## Феррорезонансные стабилизаторы напряжения

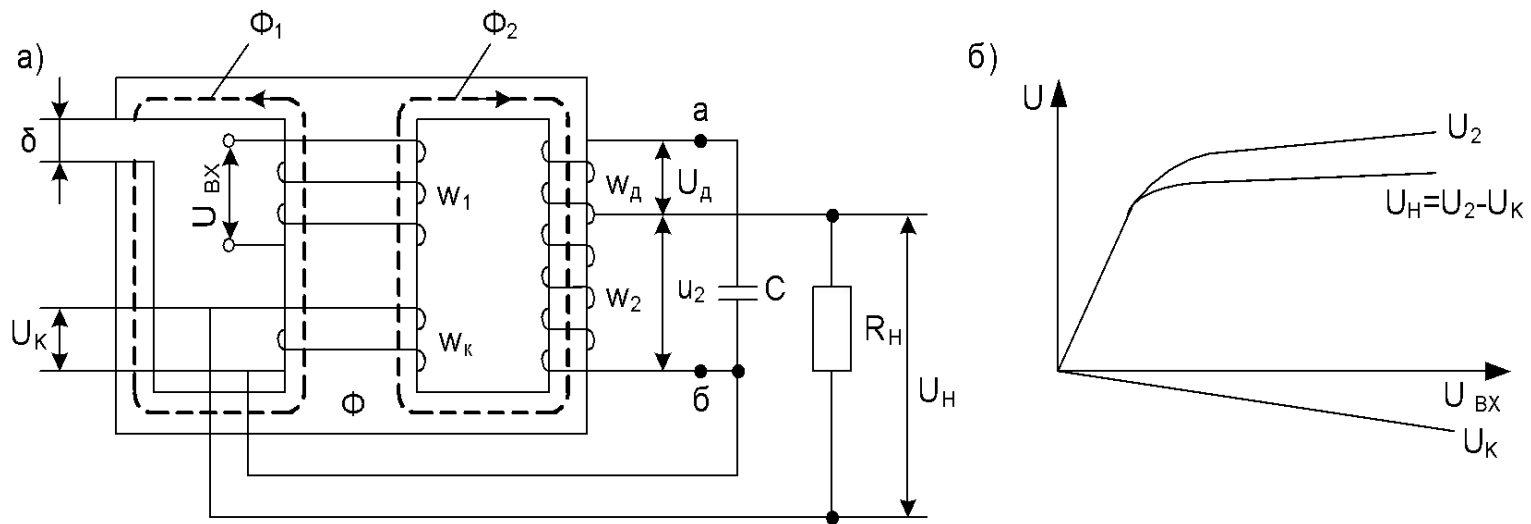


Рис.5.8. Схема феррорезонансного стабилизатора напряжения (а) и зависимости напряжений  $U_2$ ,  $U_K$  и  $U_H$  от  $U_{BX}$  (б)

# Регулирование напряжения с помощью дросселей насыщения и вольтодобавочных трансформаторов

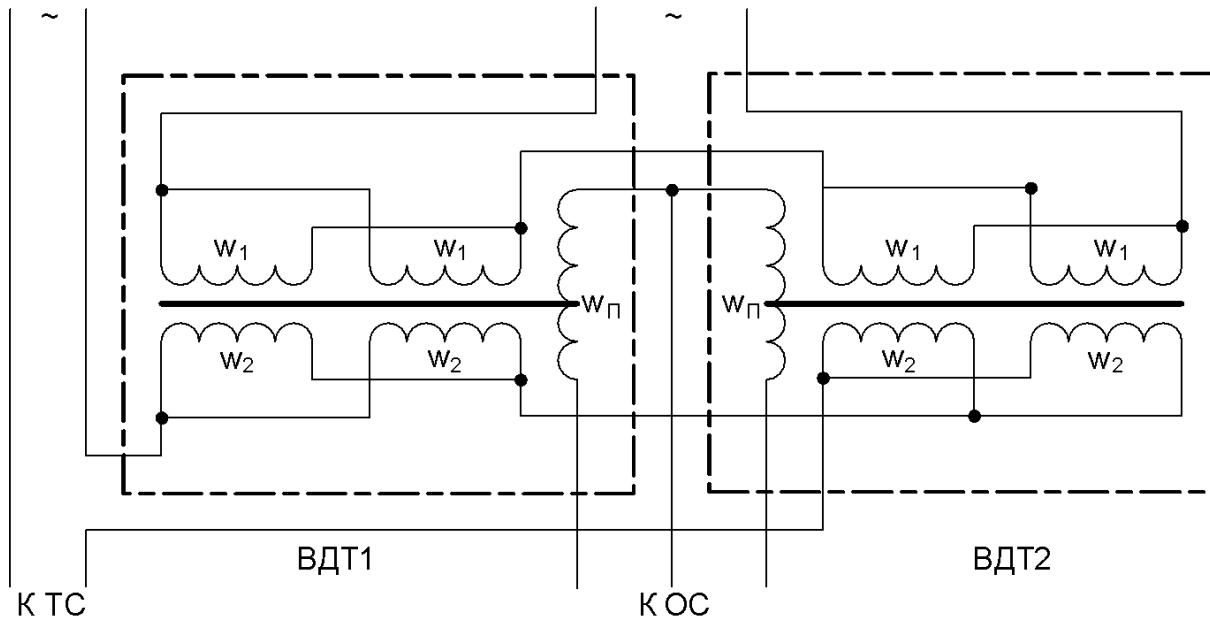


Рис.5.7. Схема вольтодобавочного трансформатора

## Параметрическая стабилизация

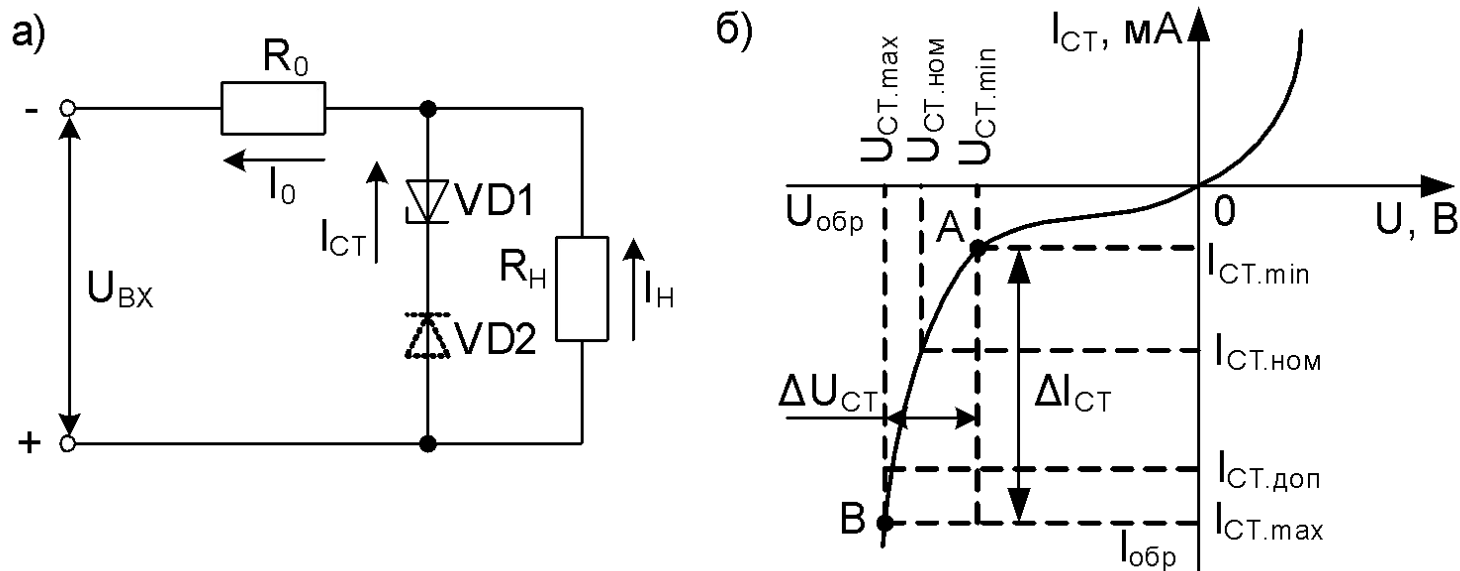


Рис.5.9. Схема параметрического стабилизатора напряжения (а) и вольт-амперная характеристика стабилитрона (б)

$$P_{\max} = U_{\tilde{u} \max} I_{\tilde{u} \max}$$

$$I_0 = I_{СТ} + I_H$$

$$U_{\tilde{a} \tilde{o}} = U_{R_0} + U_H = I_0 R_0 + I_H R_H$$

$$U_{СТ} = I_{СТ} \cdot r_D,$$

$$r_{\tilde{A}} = \Delta U_{\tilde{u} \tilde{o}} / \Delta I_{\tilde{u} \tilde{o}}$$

$$\Delta U_{\tilde{a} \tilde{o}} = \Delta U_{R_0} + \Delta U_{\tilde{u} \tilde{o}}$$

$$R_0 \gg r_D$$

$$\Delta U_{\tilde{u} \tilde{o}} \rightarrow 0$$

$$\Delta U_{\tilde{a} \tilde{o}} \approx \Delta U_{R_0}$$

# Параметрические стабилизаторы

$$I_{\tilde{n}\tilde{o}\tilde{a}\tilde{i}\tilde{i}} = \left[ I_H (U_{\tilde{a}\tilde{o}\tilde{\max}} - U_{\tilde{a}\tilde{o}\tilde{\min}}) + I_{\tilde{n}\tilde{o}\tilde{\min}} (U_{\tilde{a}\tilde{o}\tilde{\max}} - U_{\tilde{n}\tilde{o}\tilde{i}\tilde{i}}) \right] / (U_{\tilde{a}\tilde{o}\tilde{\min}} - U_{\tilde{n}\tilde{o}\tilde{i}\tilde{i}})$$

$$I_{\tilde{n}\tilde{o}\tilde{a}\tilde{i}\tilde{i}} \leq I_{\tilde{n}\tilde{o}\tilde{\max}}$$

$$R_0 = (U_{\tilde{a}\tilde{o}\tilde{\max}} - U_{\tilde{a}\tilde{o}\tilde{\min}}) / (I_{\tilde{n}\tilde{o}\tilde{a}\tilde{i}\tilde{i}} - I_{\tilde{n}\tilde{o}\tilde{\min}})$$

$$R_{\tilde{a}\tilde{u}\tilde{o}} = \Delta U_H / \Delta I_H \approx r_{\tilde{A}}$$

$$P_{\tilde{i}\tilde{i}} > (U_{\tilde{a}\tilde{o}\tilde{\max}} - U_{\tilde{n}\tilde{o}\tilde{i}\tilde{i}})^2 / R_0$$

$$K_{\tilde{n}\tilde{o}U} = (R_0 / r_{\tilde{A}})(U_H / U_{\tilde{a}\tilde{o}})$$

$$\Delta U_H = \Delta U_{\tilde{n}\tilde{o}} + \Delta U_{\tilde{n}\tilde{o}\tilde{o}} = (I_{\tilde{n}\tilde{o}\tilde{a}\tilde{i}\tilde{i}} - I_{\tilde{n}\tilde{o}\tilde{\min}}) r_{\tilde{A}} / 2 + \alpha_{cn} \Delta T U_{\tilde{n}\tilde{o}\tilde{i}\tilde{i}} / 100$$

# Компенсационные стабилизаторы напряжения

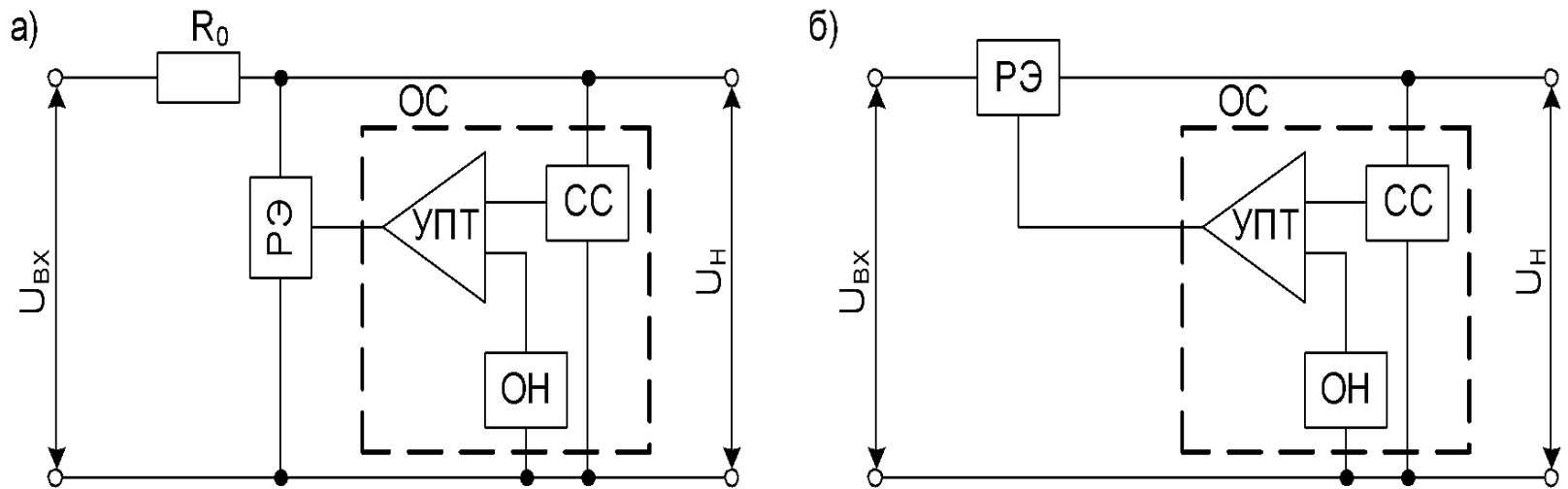
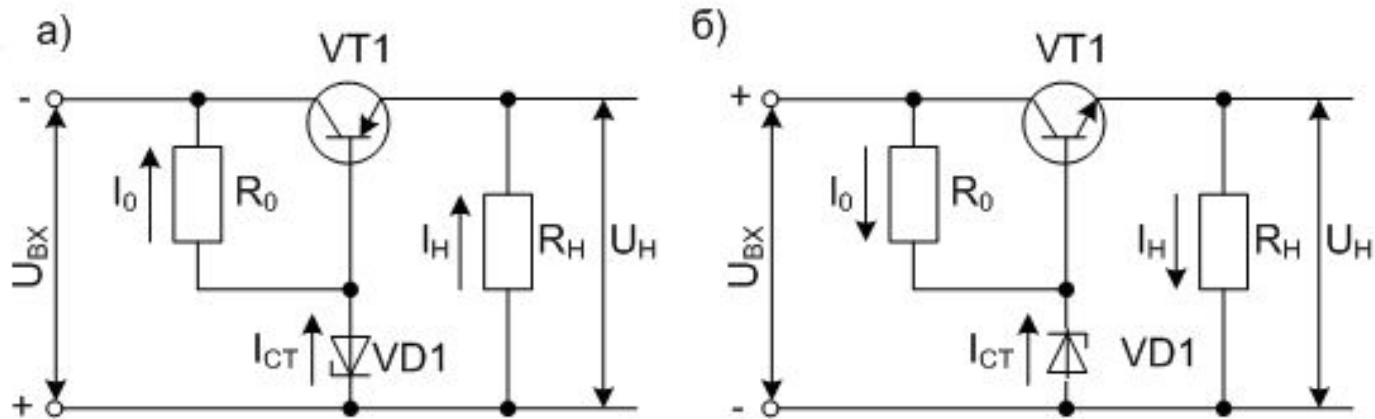


Рис. 5.10. Структурные схемы компенсационного стабилизатора напряжения параллельного (а) и последовательного (б) типов

# Транзисторные стабилизаторы напряжения



Стабилизаторы последовательного типа с транзисторами p-n-p (а), n-p-n (б) структурами

$$I_a \approx I_H / B + 1 \approx I_H / B \quad I_0 = I_{\tilde{n}\tilde{o}} + I_a \quad I_{\tilde{n}\tilde{o}} = I_0 - I_a \approx I_0 - \frac{I_H}{B}$$

$$U_{BX} = U_H + U_{ЭК} \quad U_{\hat{a}\tilde{o}} = U_{\tilde{n}\tilde{o}} + I_0 R_0 \quad I_0 = (U_{\hat{a}\tilde{o}} - U_{\tilde{n}\tilde{o}}) / R_0$$

$$I_{\tilde{n}\tilde{o}} = (U_{\hat{a}\tilde{o}} - U_{\tilde{n}\tilde{o}}) / R_0 - I_H / B \quad I_{H \max} \approx B \left[ I_{\tilde{n}\tilde{o} \max} - (U_{\hat{a}\tilde{o}} - U_{\tilde{n}\tilde{o}}) / R_0 \right]$$

$$I_{H \max} < P_{\hat{a}\tilde{i}\tilde{i}} / (U_{\hat{a}\tilde{o} \max} - U_H) \quad K_{\tilde{n}\tilde{o}} = R U_H / r_{\hat{A}} U_{\hat{a}\tilde{o}} \quad R_{\hat{a}\tilde{u}\tilde{o}} = (r_{\hat{A}} + h_{11\tilde{y}}) / h_{21\tilde{y}}$$

$$\eta = P_H / P_{\hat{a}\tilde{o}} = U_H I_H / [U_{\hat{a}\tilde{o}} (I_H + I_0)]$$

# Транзисторные стабилизаторы напряжения

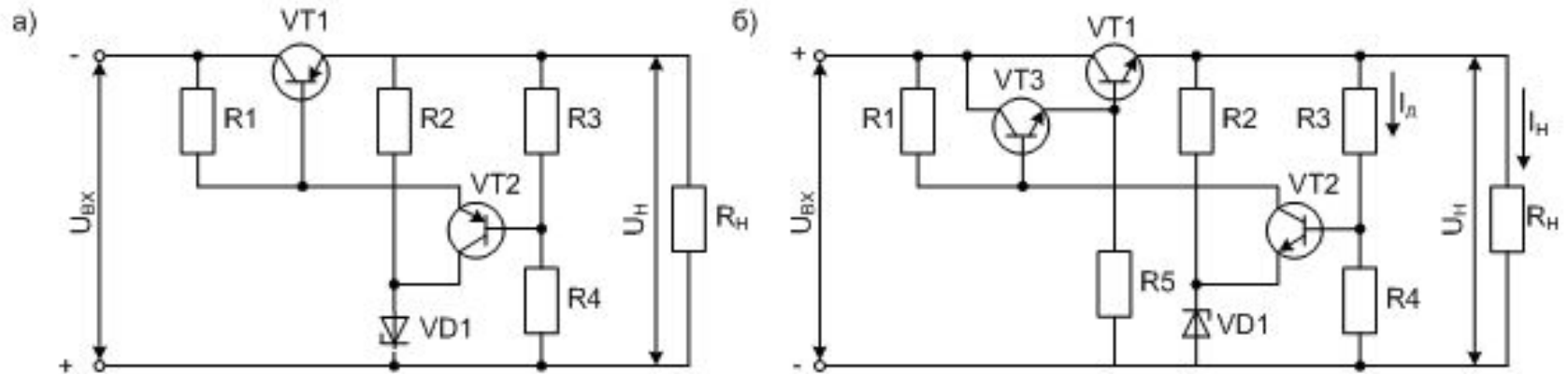


Рис. 5.10. Структурные схемы компенсационного стабилизатора напряжения параллельного (а) и последовательного (б) типов

$$K_{\tilde{u}\tilde{o}} \approx \frac{nR1}{h_{11VT2} + r_{\tilde{A}} + \frac{nR3}{\beta_2}} \frac{U_H}{U_{\hat{a}\tilde{o}}}$$

$$R_{\hat{a}\tilde{o}} \approx \frac{h_{11VT2} + r_{\tilde{A}} + \frac{nR3}{\beta_2}}{n} \left( \frac{h_{11VT1}}{R1} + \frac{1}{\beta_1} \right)$$

$$n = R4 / (R3 + R4)$$



# Импульсные стабилизаторы напряжения

$$T = t_{\dot{E}} + t_{\dot{i}} \quad U_{\text{ВЫХ}} = \frac{1}{T} \int_0^T U_{\text{ВХ}} dt = U_{\text{ВХ}} \frac{t_{\text{и}}}{T} \quad U_{\text{ВЫХ}} = K_3 U_{\text{ВХ}}$$

$$U_{\text{ВЫХ}} = U_{\text{ВХ}} \left[ 1 / (1 - K_3) \right]$$

$$U_{\text{ВЫХ}} = U_{\text{ВХ}} \left[ K_3 / (1 - K_3) \right]$$

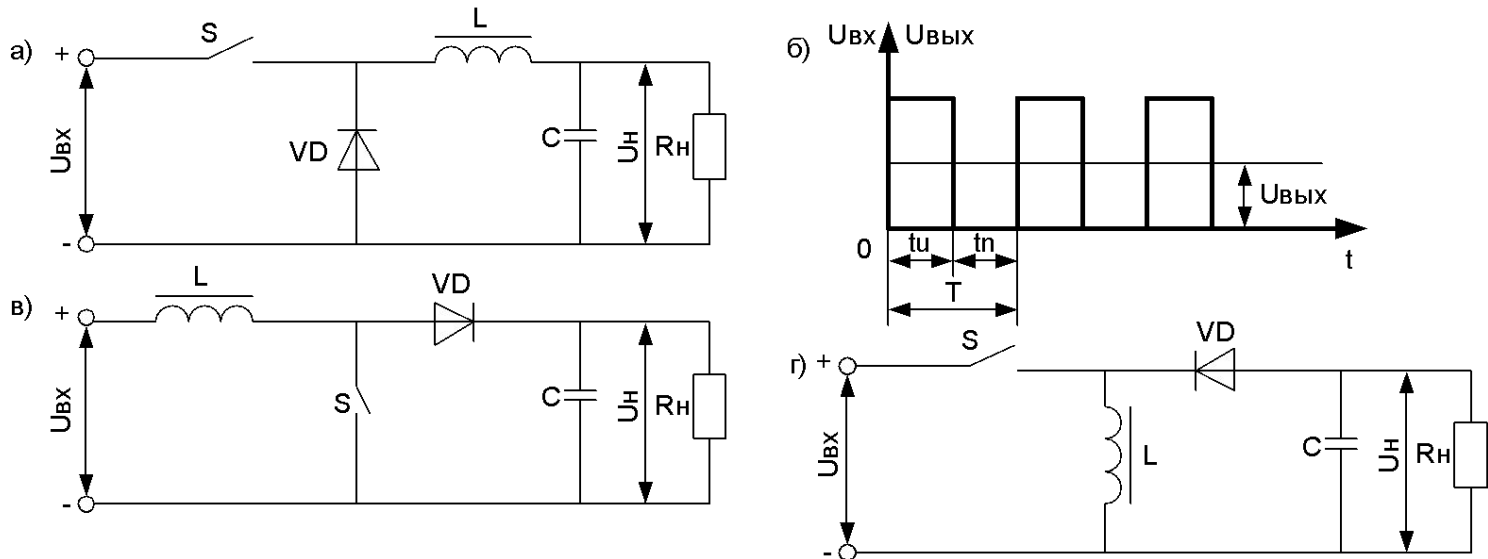


Рис.5.16. Функциональные схемы силовой цепи понижающего (а), повышающего (в) и полярно-инвертирующего (г) импульсных стабилизаторов напряжения; кривые изменения напряжений (б)

# Импульсные стабилизаторы напряжения

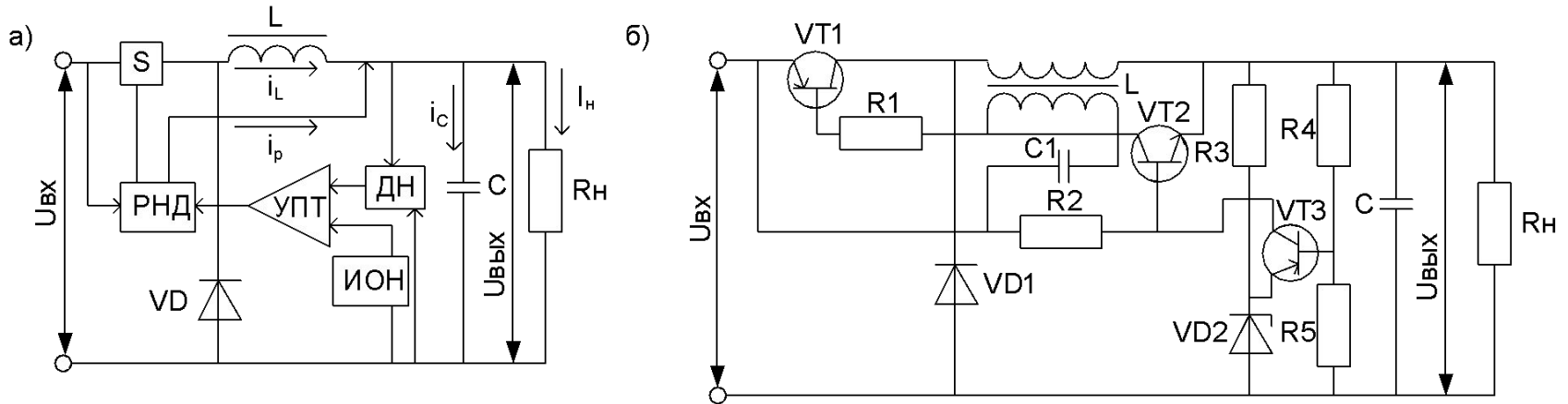


Рис. 5.17. Структурная (а), принципиальная (б) схемы импульсного стабилизатора напряжения

$$P_2 = I_p (U_{вх} - U_{вых}),$$

$$\Delta i_{Lmax} = \frac{U_{вх} - U_{вых}}{2L} t_u$$

$$i_{Lmax} = \frac{U_{вых}}{2L} t_{\Pi}$$

$$I_p \leq \frac{U_{вх} - U_{вых}}{2L} t_u$$

$$I_p \leq \frac{U_{вых}}{2L} T_{\Pi}$$

$$P_{2min} = [(U_{вх} - U_{вых}) / 2L] \cdot t_{\Pi}$$

# ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ

## Инверторы

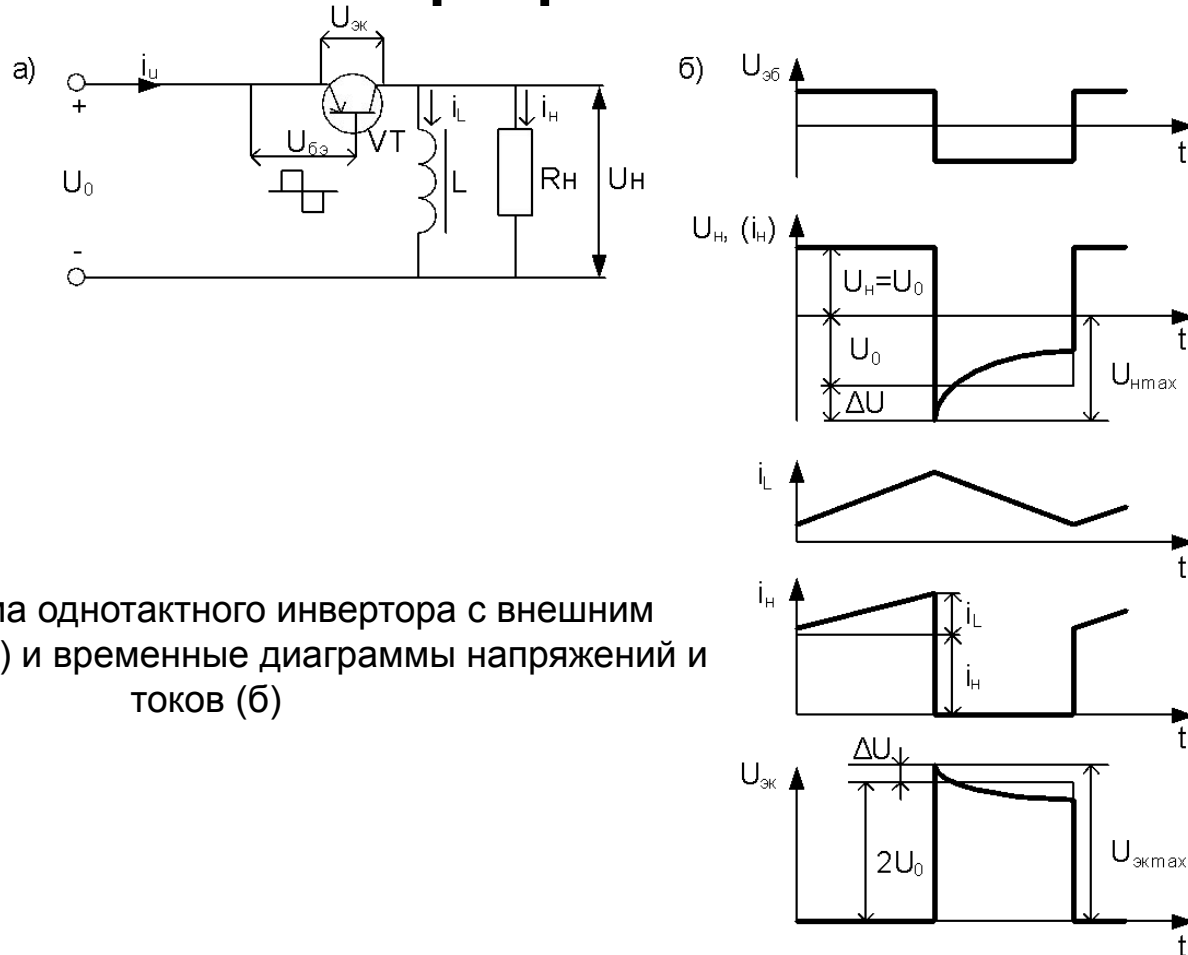


Рис. 6.2. Схема однофазного инвертора с внешним возбуждением (а) и временные диаграммы напряжений и токов (б)

# Инверторы

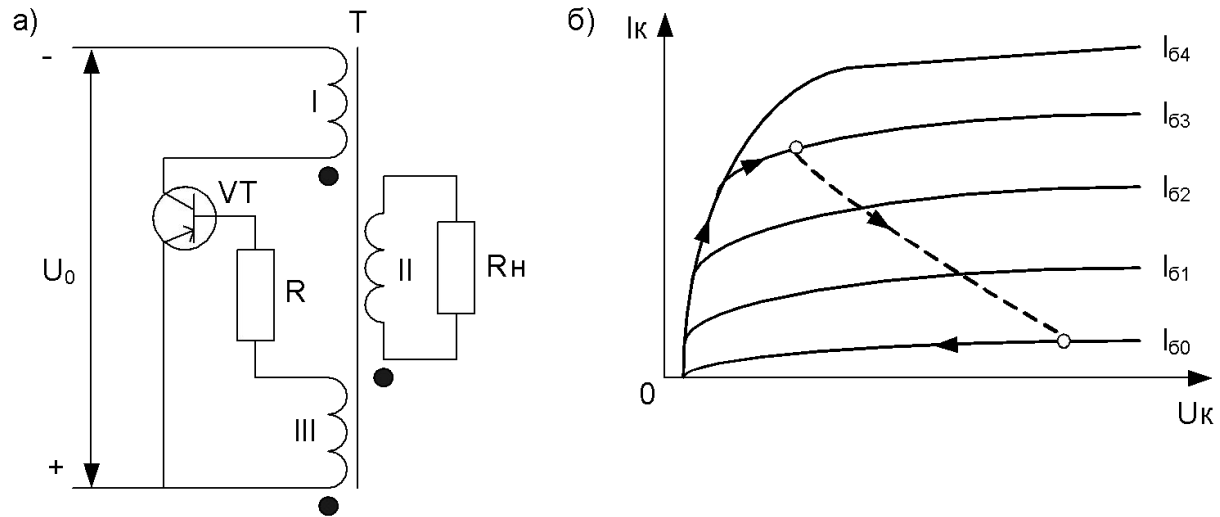


Рис. 6.3. Схема однотактного транзисторного инвертора с самовозбуждением (а) и выходные характеристики транзистора (б)

# Инверторы

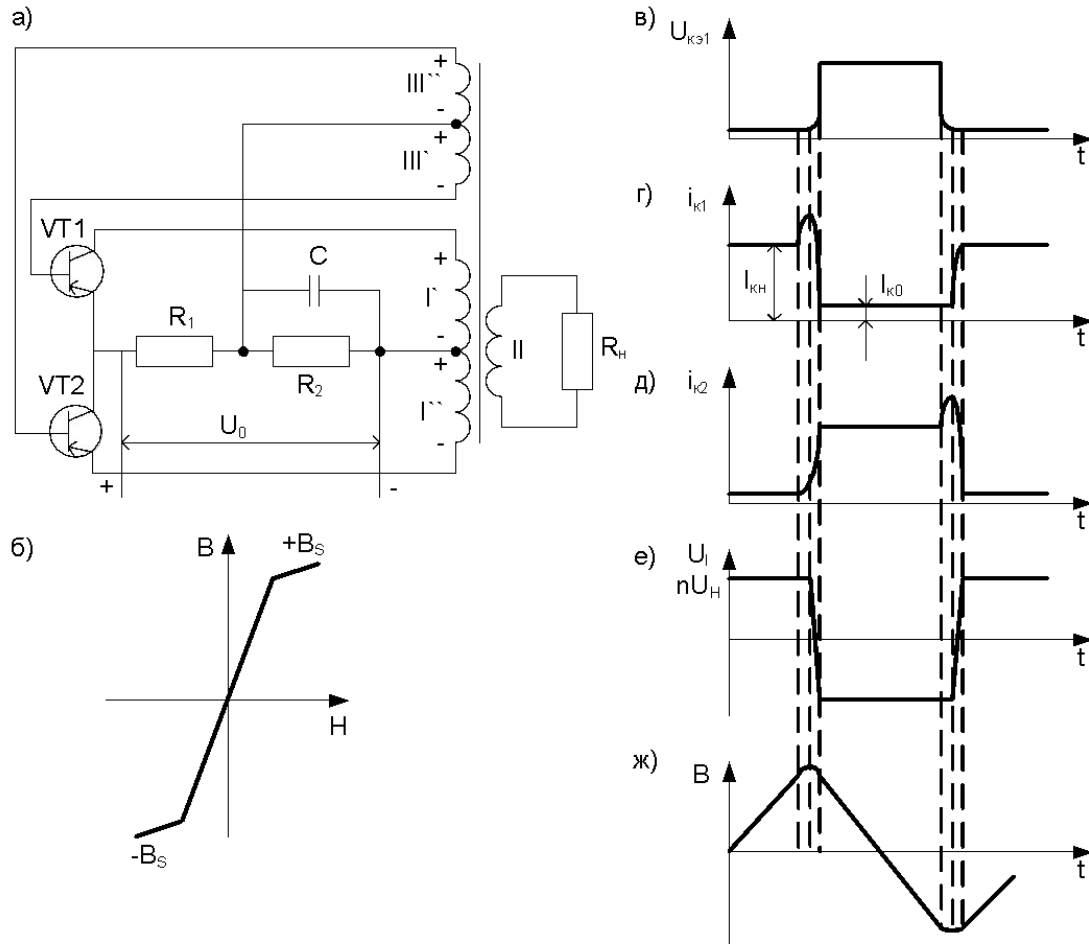


Рис. 6.4. Схема двухтактного транзисторного инвертора с самовозбуждением (а), характеристика намагничивания сердечника трансформатора (б); временные диаграммы напряжений и токов (в-е)

# Схема двухтактного инвертора с внешним возбуждением

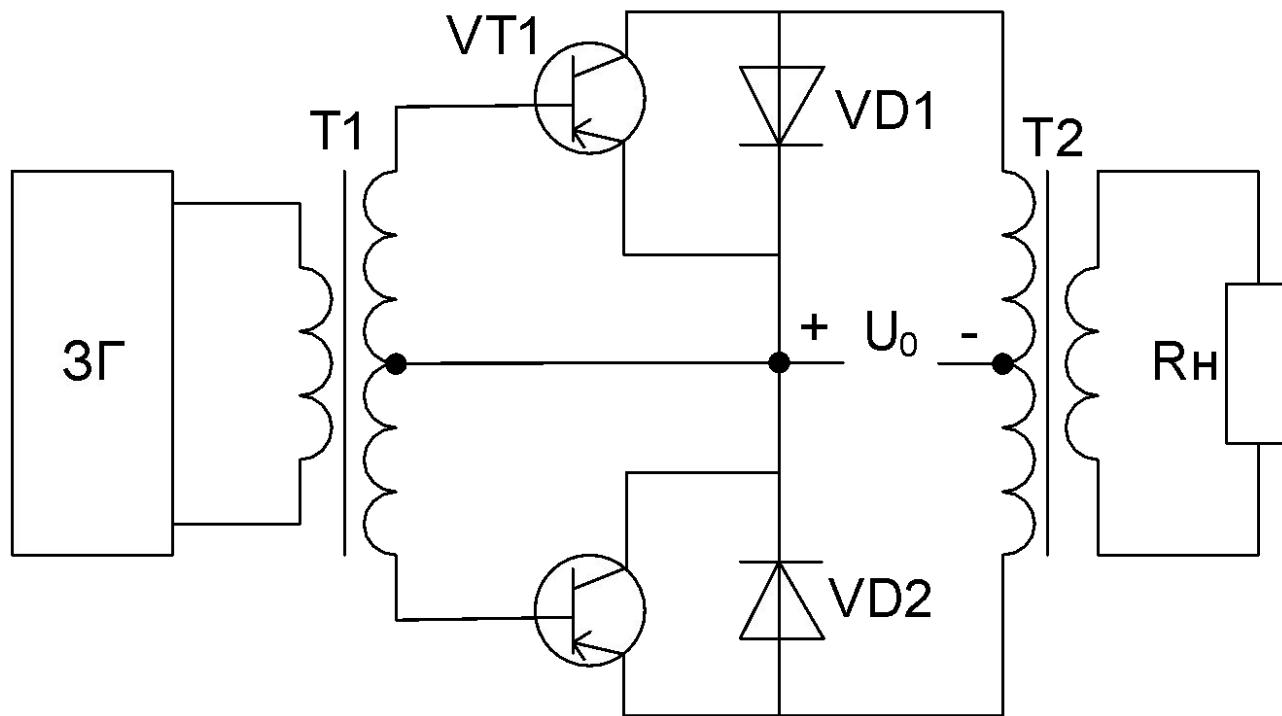


Рис. 6.5 Схема двухтактного инвертора с внешним возбуждением

# Тиристорные инверторы

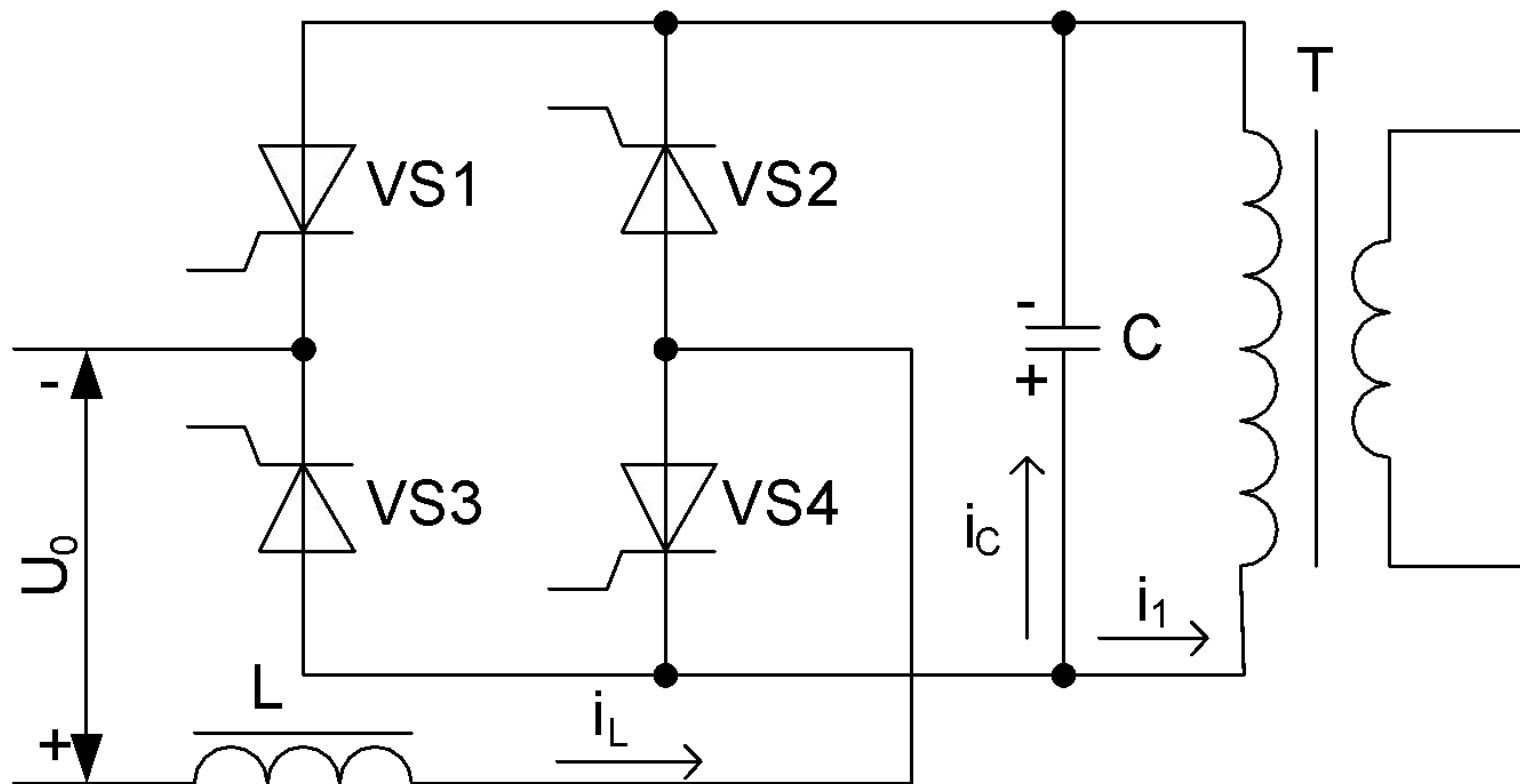
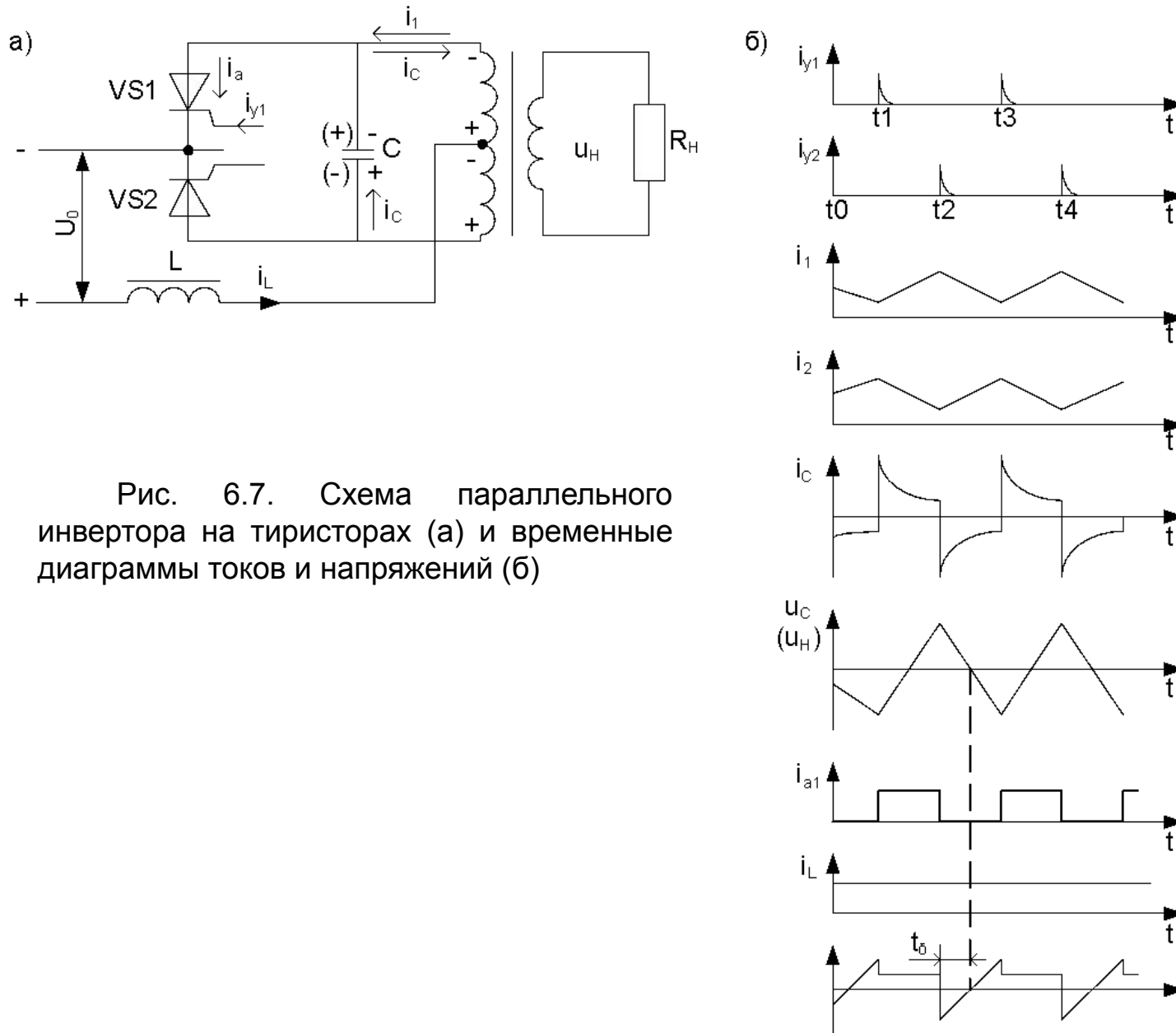


Рис. 6.6. Схема мостового параллельного тиристорного инвертора

# Тиристорные инверторы (продолжение)





# Преобразователи частоты

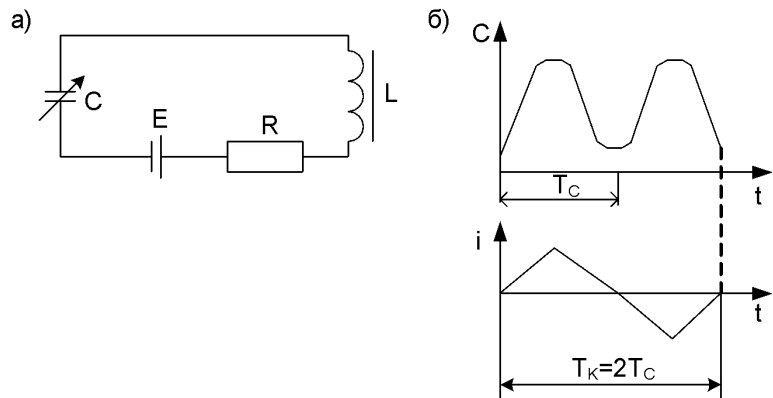


Рис. 6.9. Схема контура (а) и зависимости емкости конденсатора и тока в контуре от времени (б)

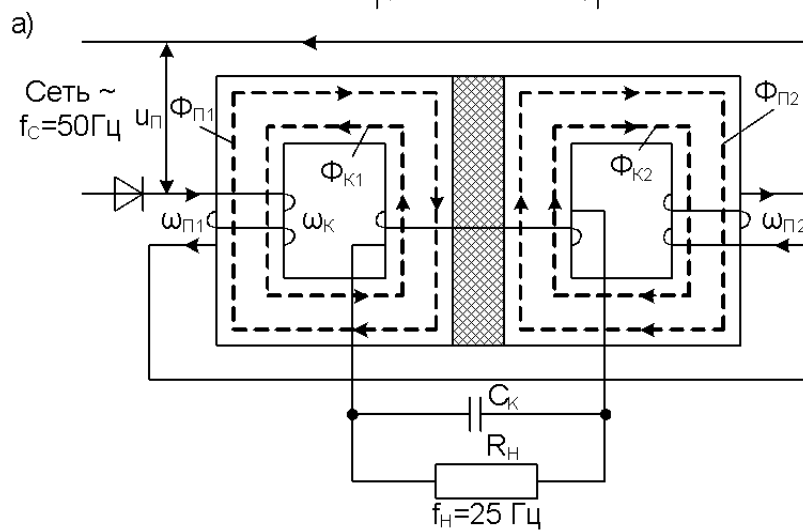
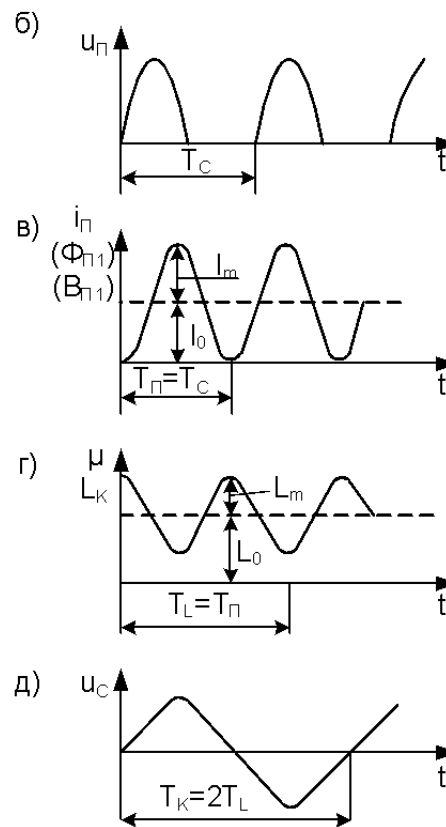


Рис. 6.10. Схема параметрического преобразователя частоты (а) и зависимости напряжений и токов от времени (б-д)



# ИСТОЧНИКИ БЕСПЕРЕБОЙНОГО ПИТАНИЯ

## Принципы построения ИБП



Рис. 7.1. Структурная схема ИБП типа off-line

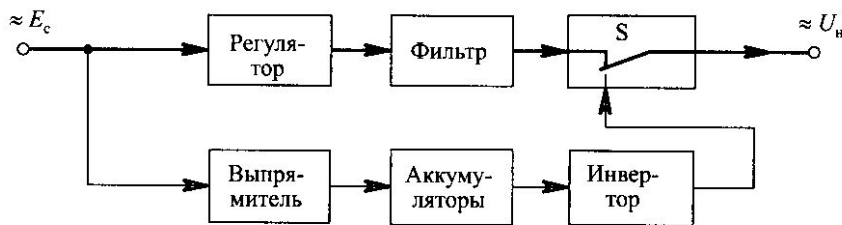


Рис. 7.2. Структурная схема ИБП типа line-interactive



Рис. 7.3. Структурная схема ИБП типа on-line

# Принципы построения ИБП



Рис. 7.4. Структурная схема ИБП типа on-line by-pass

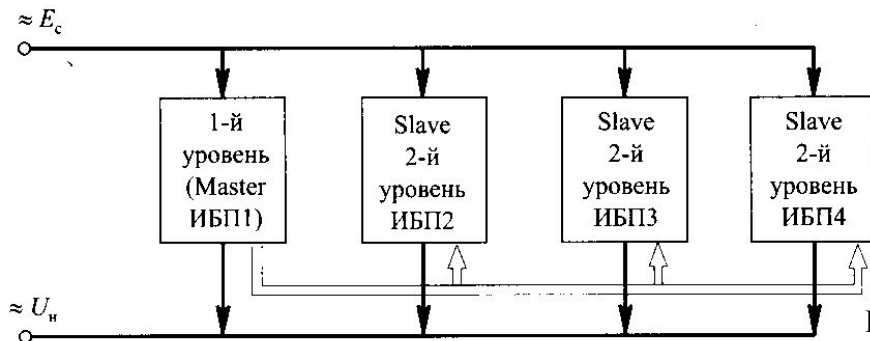


Рис. 7.5. Структурная схема системы ИБП типа master-slave

# Функциональные схемы ИБП

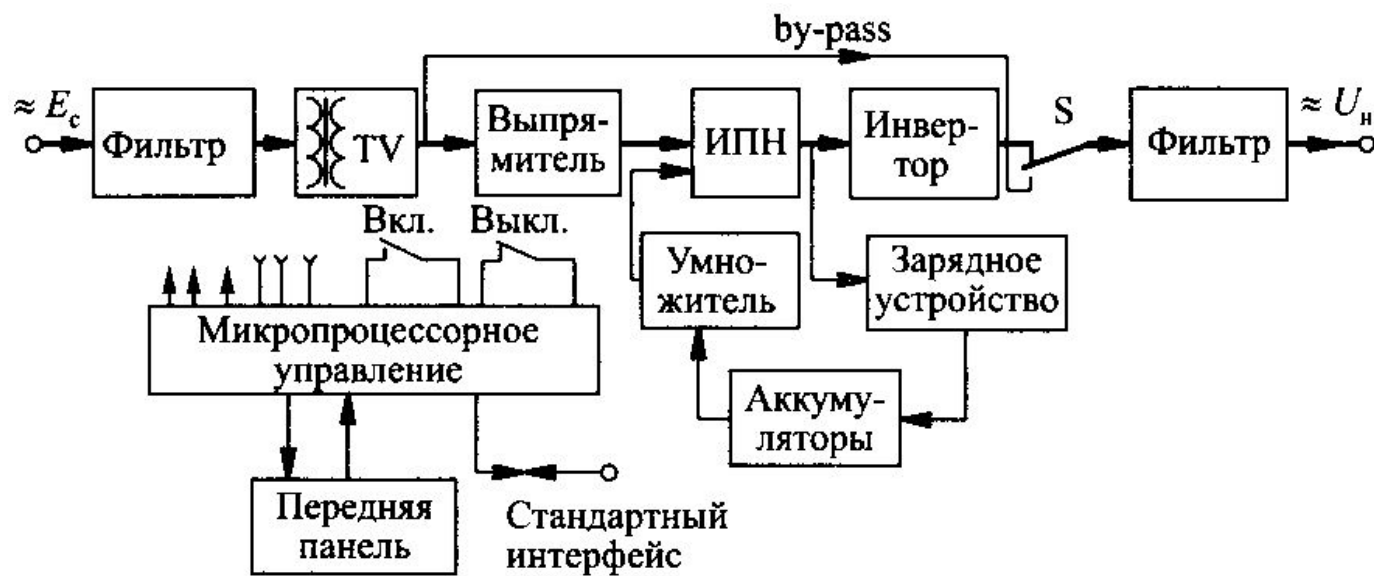


Рис. 7.6. Первый вариант блок-схемы ИБП типа on-line by-pass

# Функциональные схемы ИБП

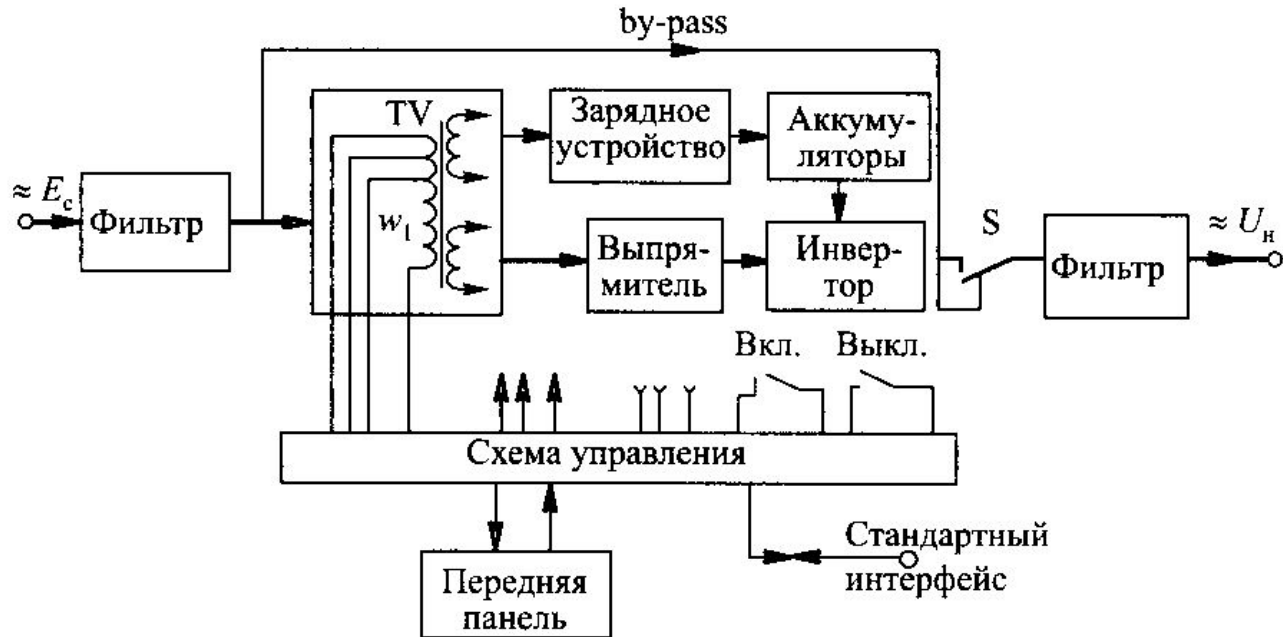


Рис.7.7. Второй вариант блок-схемы ИБП типа on-line by-pass

## Принцип построения универсального бесперебойного устройства электропитания в электросвязи

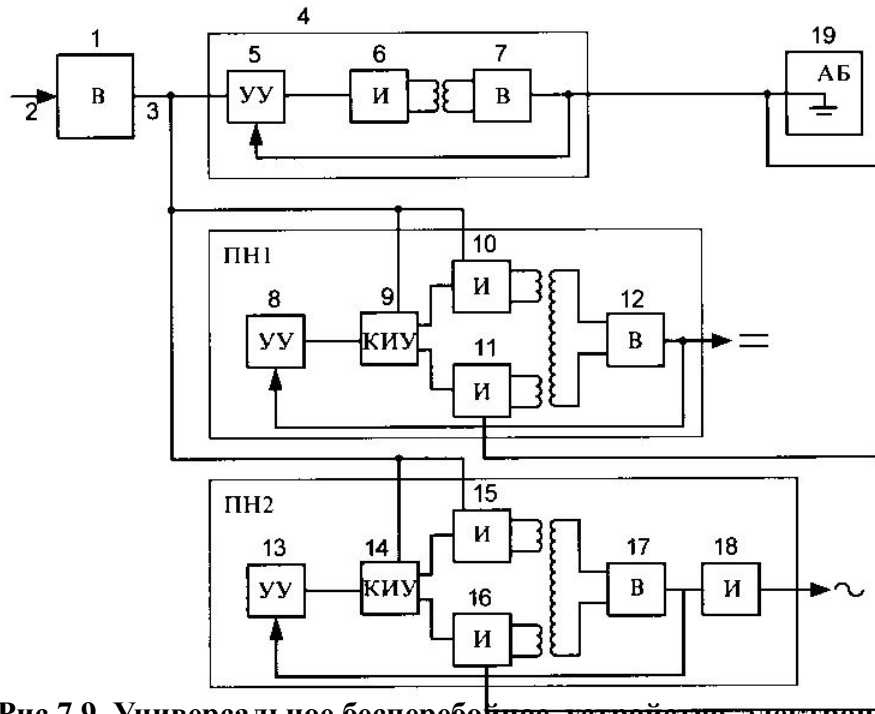


Рис.7.9. Универсальное бесперебойное устройство электропитания электросвязи :В- бестрансформаторный сетевой выпрямитель;4- зарядно-буферный выпрямитель ЗБВ с интегральным широтно-импульсным (ИШИМ) регулированием выходного напряжения ; ПН- высокочастотный преобразователь с ИШИМ регулированием: КИУ – коммутатор импульсов.