

6.8 Двенадцатипульсовые схемы управляемых выпрямителей

6.8.1 Типы двенадцатипульсовых схемы управляемых выпрямителей и их описание

- | | |
|--------------------------------|---------------------|
| 1. 12п. последовательного типа | 12посл (рис.6.8.1) |
| 2. 12п. параллельного типа | 12п пар (рис.6.8.2) |

6.8.2 Условия получения 12 пульсового режима выпрямления

Для получения 12-пульсового режима выпрямления необходимо выполнить 2 условия:

1. Угол сдвига между одноименными линейными напряжениями ВО “У” и ВО “Д” должен составлять 30° эл;
2. Выпрямленные напряжения U_{d1} , U_{d2} выпрямительных мостов UD1 и UD2 должны быть равны.

Первое условие достигается тем, что вентильные обмотки трансформатора соединены в “У” и “Д”, векторные диаграммы которых приведены соответственно на рисунке 6.8.3.

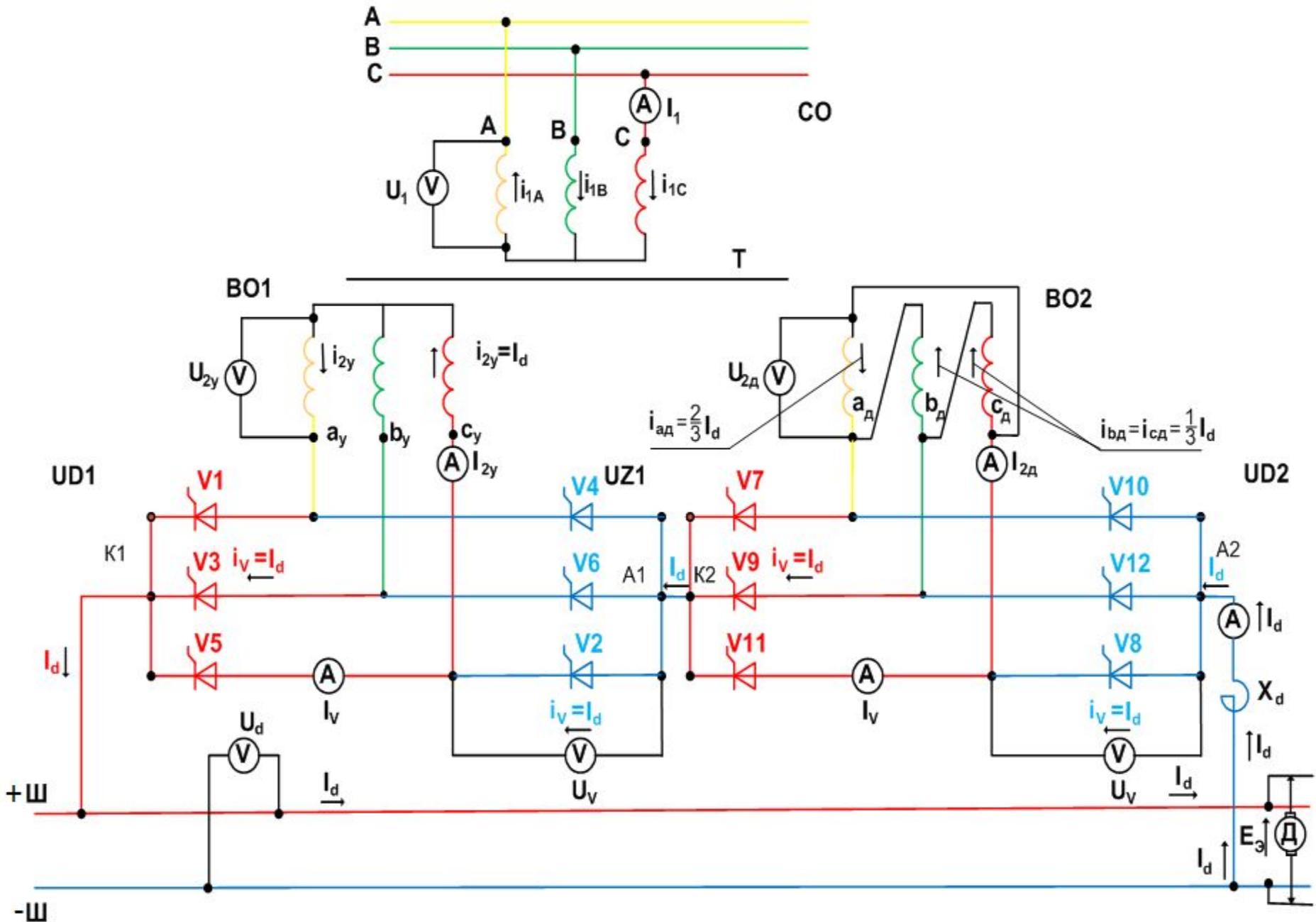


Рисунок 6.8.1 – Схема 12П выпрямителя последовательного типа

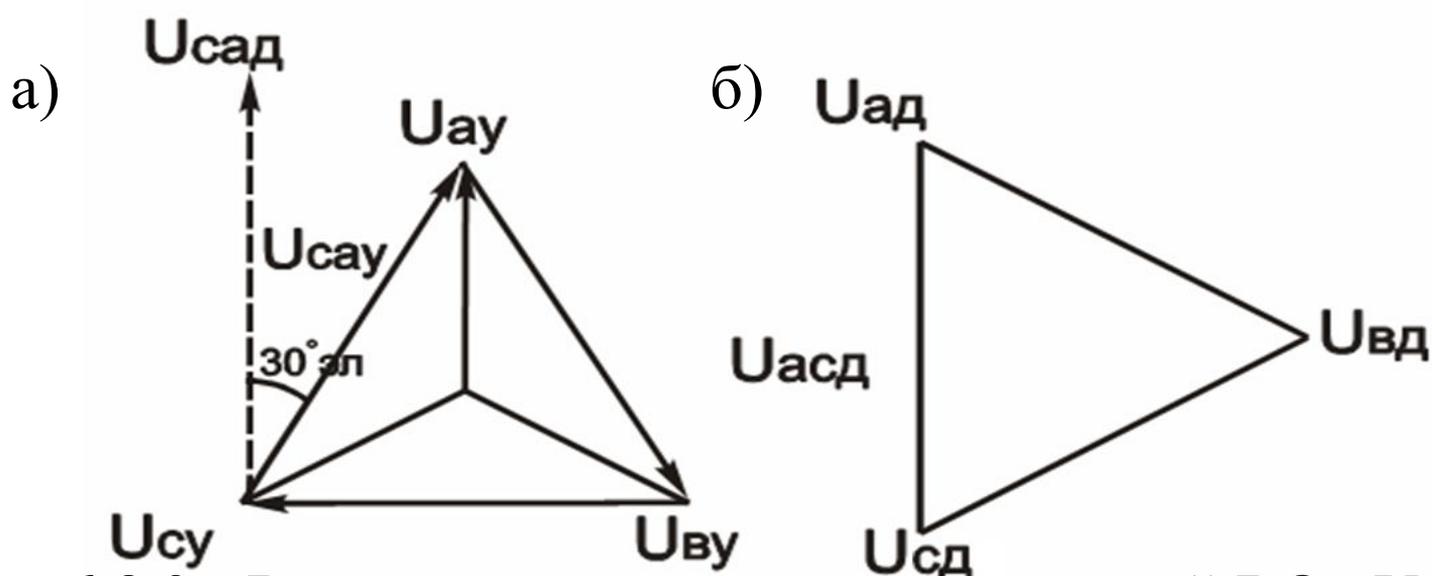


Рисунок 6.8.3 - Векторные диаграммы напряжений ВО «У» (а) и ВО «Д» (б).

Чтобы $U_{d1} = U_{d2}$ необходимо $U_{2ЛУ} = U_{2ЛД}$, (6.8.1)

Но в «У» $U_{2ЛУ} = \sqrt{3}U_{2ФУ}$, (6.8.2)

а в «Д» $U_{2ЛД} = U_{2ФД}$.

Подставив из (6.8.2) в (6.8.1), найдем связь действующего значения напряжения и числа витков ВО «У» и «Д»

$$U_{2ЛД} = \sqrt{3}U_{2ФУ}, \quad (6.8.3)$$

$$\omega_{2Д} = \sqrt{3}\omega_{2У}$$

6.8.3 Отличительные особенности схем

а) 12п. посл.

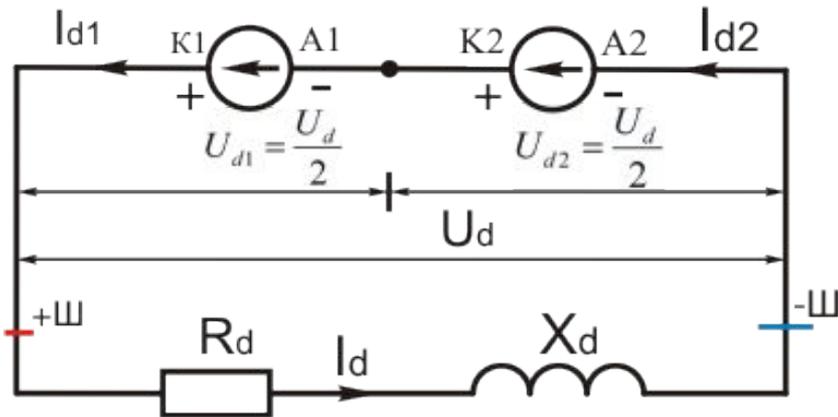
б) 12п. пар.

1. По включению UD1 и UD2

$$U_{d1} + U_{d2} = U_d,$$

$$U_{d1} = U_{d2} = \frac{U_d}{2}, \quad (6.8.4)$$

$$I_{d1} = I_{d2} = I_d$$



$$U_{d1} = U_{d2} = U_d \quad (6.8.5)$$

$$I_{d1} = I_{d2} = \frac{I_d}{2}$$

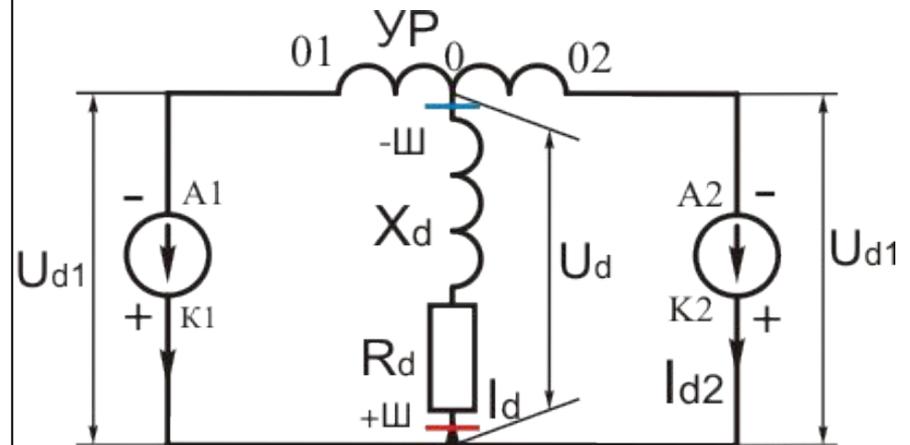


Рисунок 6.8.4 - Схемы замещения 12-пульсовых выпрямителей последовательного (а) и параллельного (б) типов

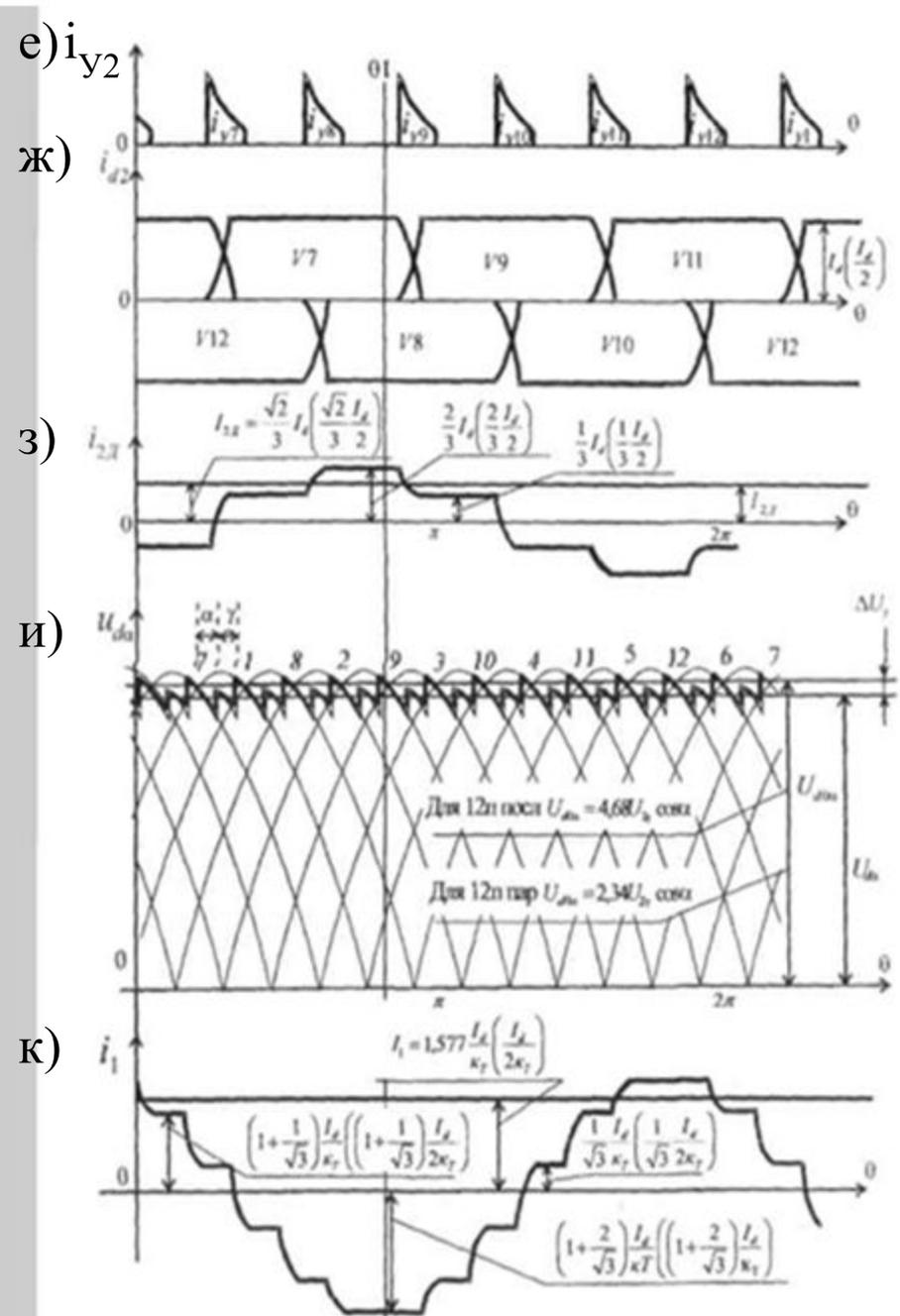
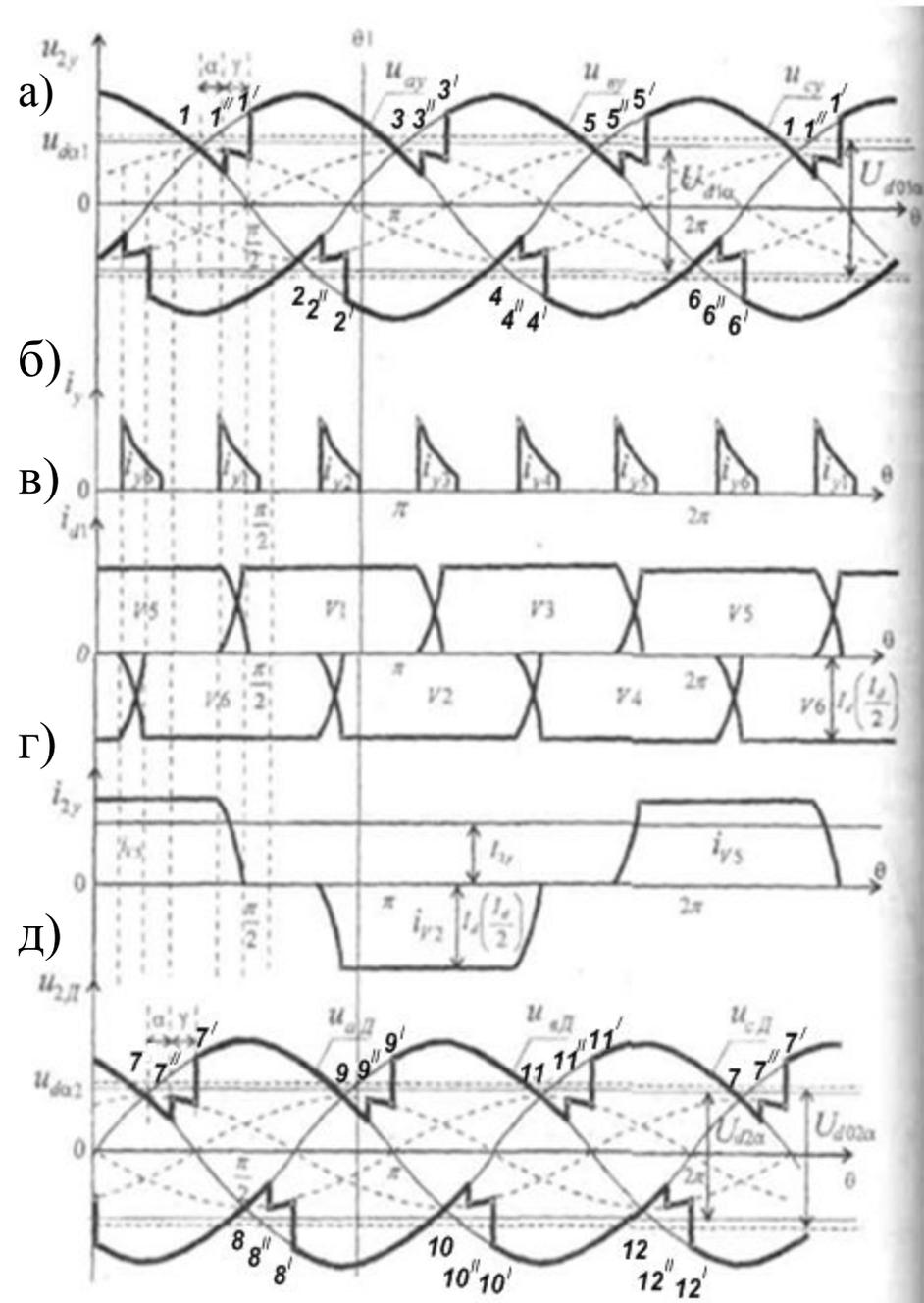


Рисунок 6.8.5 - Временные диаграммы напряжений u_{2y} (а), выпрямленного напряжения $u_{d\alpha 1}$ (а) и тока i_{2y} (г) ВО1 соединенной в "У", тока управления тиристоров UD1 i_{y1} (б), тока нагрузки i_{d1} и порядок его прохождения через тиристоры UD1 (в), напряжений $u_{2д}$ (д), выпрямленного напряжения $u_{d\alpha 2}$ (д), токи $i_{2д}$ (з) ВО2 соединенной в "Д", тока управления тиристоров i_{y2} (е), тока нагрузки i_{d2} и порядок его прохождения через тиристоры UD2 (ж), результирующего выпрямленного напряжения $U_{d\alpha 0}$ (и), токи сетевой обмотки i_1 (к)

6.8.5 Теория работы схемы

Примем, что напряжение в питающей сети, а следовательно во вторичных обмотках синусоидальное (6.8.6)

$$u_2 = \sqrt{2}U_2 \sin \Theta$$

Построим временные диаграммы $u_{2у}$, $u_{2д}$ с учетом сдвига их на 30° эл.

Рассмотрим работу схемы в момент Θ_1 В

UD1 работает V1, т.к. $u_{ay} \rightarrow \max$ и он открыт током i_{y1} ;

и V2, т.к. $u_{cy} \rightarrow \min$ и он открыт током управления i_{y2} .

Потенциал общего катода K1 принимает значение $u_{K1} = u_{ay}$

Потенциал общего анода A1 принимает значение $u_{A1} = u_{cy}$

Мгновенное значение выпрямленного напряжения

$$u_{d1} = u_{K1} - u_{A1} = u_{ay} - u_{cy}$$

(6.8.7)

Аналогично в UD2 работает V7, т.к. $u_{aД} \rightarrow \max$ и он открыт током i_{y7} ;

V8, т.к. и он открыт током управления i_{y8} .

Потенциал K2 принимает значение

$$u_{K2} = u_{aД}$$

Потенциал A2 принимает значение

$$u_{A2} = u_{сД}$$

Мгновенное значение выпрямленного напряжения

$$u_{d2} = u_{K2} - u_{A2} = u_{aД} - u_{сД} \quad (6.8.8)$$

Таблица 6.8.1 - Последовательность подачи импульсов тока управления и работы тиристоров УВ за период $0 \leq \Theta \leq 2\pi$

В UD1		
на тиристоры	V1, V3, V5	V2, V4, V6
подать ток управления	i_{y1}, i_{y3}, i_{y5}	i_{y2}, i_{y4}, i_{y6}
в точках	1", 3", 5"	2", 4", 6"
на угол α позже точек	1, 3, 5	2, 4, 6

В UD2		
на тиристоры	V7, V9, V11	V8, V10, V12
подать ток управления	i_{y7}, i_{y9}, i_{y11}	i_{y8}, i_{y10}, i_{y12}
в точках	7", 9", 11"	8", 10", 12"
на угол α позже точек	7, 9, 11	8, 10, 12

Таблица 6.8.2, а - Последовательность работы тиристоров в UD1 и мгновенное значение $U_{d\alpha 1}$ за полный период от 0 до 2π

Период времени между точками	1"		3"		5"		1"
		2"		4"		6"	
Работает тиристор катодной группы	V1		V3		V5		V1
Работает тиристор анодной группы	V6	V2		V4		V6	
Потенциал U_{k1}	U_{ay}		U_{by}		U_{cy}		U_{ay}
Потенциал U_{A1}	U_{by}	U_{cy}		U_{ay}		U_{by}	
Мгновенное значение $U_{d\alpha 1}$	U_{aby}	U_{acy}	U_{bcy}	U_{bay}	U_{cay}	U_{cby}	U_{aby}

Таблица 6.8.2, б - Последовательность работы тиристоров в UD1 и мгновенное значение $U_{d\alpha 2}$ за полный период от 0 до 2π

Период времени, между точками	7 "	8 "	9 "	10 "	11 "	12 "	7 "
Работает тиристоры катодной группы	V7		V9		V11		V7
Работает тиристоры анодной группы	V12	V8		V10		V12	
U_{K2}	U_{aD}		U_{bD}		U_{cD}		U_{aD}
U_{A2}	U_{bD}	U_{cD}		U_{aD}		U_{bD}	
$U_{d\alpha 2}$	U_{abD}	U_{acD}	U_{bcD}	U_{baD}	U_{caD}	U_{cbD}	U_{abD}

Таблица 6.8.2, в - Последовательность работы тиристоров в UD2 и мгновенные значения выпрямленного напряжения $U_{d\alpha}$ за полный период от 0 до 2π

Период времени между точками	7"	8"	9"	10"	11"	12"
Работает тиристор катодной группы	$V7$		$V9$		$V11$	
Работает тиристор анодной группы	$V12$	$V8$		$V10$		$V12$
Мгновенное значение $U_{d\alpha 2}$	U_{abD}	U_{acD}	U_{bcD}	U_{baD}	U_{caD}	U_{cbD}
Ток в фазе a_d	$\frac{1}{3}I_d \downarrow$	$\frac{2}{3}I_d \downarrow$	$\frac{1}{3}I_d \downarrow$	$\frac{1}{3}I_d \uparrow$	$\frac{2}{3}I_d \uparrow$	$\frac{1}{3}I_d \uparrow$
Ток в фазе b_d	$\frac{2}{3}I_d \uparrow$	$\frac{1}{3}I_d \uparrow$	$\frac{1}{3}I_d \downarrow$	$\frac{2}{3}I_d \downarrow$	$\frac{1}{3}I_d \downarrow$	$\frac{1}{3}I_d \uparrow$
Ток в фазе c_d	$\frac{1}{3}I_d \downarrow$	$\frac{1}{3}I_d \uparrow$	$\frac{2}{3}I_d \uparrow$	$\frac{1}{3}I_d \uparrow$	$\frac{1}{3}I_d \downarrow$	$\frac{2}{3}I_d \downarrow$

Примечание: в схеме параллельного типа вместо I_d (подставлять $I_d/2$)

6.8.6а Распределение тока в фазах ВО1, соединенной в Y

Если вентиляльная обмотка ВО1 соединяется в Y, то в любой момент времени работают две фазы .

В момент Θ_1 , когда работают V1 и V2, ток I_d проходит через фазы a_y , c_y (рисунок 6.4.1 и 6.4.2).

Таким образом в любой момент времени ток в фазах вентиляльных обмотках ВО1 проходит при работе тиристорov включенных в данную фазу и равен I_d .

Примечание: В 12П пар. схеме вместо I_d подставлять

6.8.6 (б) Особенности распределения тока в фазах ВО2, соединенной в «Д»

Если вентиляльная обмотка ВО2 соединяется в Д, то в любой момент времени работают все фазы a_d, b_d, c_d .

Ток распределяется обратно пропорционально сопротивлению цепи тока.

В момент $\Theta 1$, когда работают V7 и V8, токи $i_{aD} = \frac{2}{3} I_d$, а токи

$$i_{bD} = i_{cD} = \frac{1}{3} I_d.$$

Т.о., ток в фазе начало и конец которой подключен к работающим тиристорам, равен $\frac{2}{3} I_d$, а в остальных фазах $\frac{1}{3} I_d$.

6.8.6 (в) Распределение тока в фазах СО

Мгновенное значение токов в фазах СО

$$i_1 = - \left\{ \frac{i_{2y}}{K_{TY}} + \frac{i_{2д}}{K_{ТД}} \right\}, \quad (6.8.9)$$

где K_{TY} – коэффициент трансформации обмотки звезда

$$K_{TY} = \frac{U_1}{U_{2y}}, \quad (6.8.10)$$

где $K_{ТД}$ – коэффициент трансформации обмотки треугольник

$$K_{ТД} = \frac{U_1}{U_{2д}} = \frac{U_1}{\sqrt{3}U_{2y}} = \frac{K_{TY}}{\sqrt{3}} \quad (6.8.10)$$

С учетом (6.8.10)
$$i_1 = - \left[i_{2y} + i_{2д} \sqrt{3} \right] \frac{1}{K_{TY}} \quad (6.8.11)$$

По данным таблиц 1 и 2 с учетом (6.8.11) построим диаграммы $i_d, i_{2y}, i_{2д}, i_1$.

6.8.7 Основные расчетные соотношения.

6.8.7а Среднее значение выпрямленного напряжения

По аналогии с разделом 6.8.3 с учетом соотношений (6.8.4) и (6.8.5) рассмотрим основные расчетные соотношения и их вывод.

Из 6.7.2 для б п м известно

$$U_{d0\alpha}^{(6)} = 2,34 \cdot U_{2y} * \cos \alpha \quad (6.8.I2)$$

Тогда

а) для схемы 12п посл

$$\begin{aligned} U_{d0\alpha} &= U_{d0_{1\alpha}} + U_{d0_{2\alpha}} = \\ &= 2U_{d0\alpha}^{(6)} = 4,68U_{2y} * \cos \alpha \end{aligned}$$

$$(6.8.I3)$$

б) для схемы 12п пар

$$\begin{aligned} U_{d0\alpha} &= \frac{U_{d0_{1\alpha}} + U_{d0_{2\alpha}}}{2} = \\ &= U_{d0\alpha}^{(6)} = 2,34U_{2y} * \cos \alpha \end{aligned}$$

$$(6.8.I3')$$

6.8.76 Расчетные параметры диодного плеча

для схемы 12п посл

$$U_{v\max} = U_{2\dot{E}\max} = \sqrt{3} \left(\sqrt{2} U_{2y} \right) = \sqrt{6} U_{2y} \quad (6.4.14)$$

с учетом (6.8.I)

$$U_{v\max} = \frac{\sqrt{6} U_{d0}}{4,68} = 0,529 U_{d0} \quad (6.8.5),$$

для схемы 12п пар

$$U_{v\max} = \sqrt{6} U_{2y} \quad (6.8.I4)'$$

с учетом (6.8.I')

$$U_{v\max} = \frac{\sqrt{6} U_{d0}}{2,34} = 1,045 U_{d0} \quad (6.8.I5)'$$

Максимальное значение тока диодного плеча

$$I_{v\max} = I_d \quad (6.8.16)$$

$$I_{v\max} = \frac{I_d}{2} \quad (6.8.16)'$$

Среднее значение тока диодного плеча

$$I_v = \frac{I_d}{3} \quad (6.8.17)$$

$$I_v = \frac{1}{3} \cdot \frac{I_d}{2} = \frac{I_d}{6} \quad (6.8.17)'$$

6.8.7в Расчетные параметры обмоток трансформатора

Действующее значение тока ВО1 “У”

$$I_{2y} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \cdot \left[I_d^2 \cdot \frac{2\pi}{3} \right] \cdot 2} = \sqrt{\frac{2}{3}} I_d \quad (6.8.18) \quad \left| \quad \begin{array}{l} \text{12п посл} \\ \text{12п пар} \end{array} \right. \quad I_{2y} = \sqrt{\frac{2}{3}} \cdot \frac{I_d}{2} \quad (6.8.18)'$$

Аналогично из временной диаграммы $i_{2Д}$ действующее значение тока ВО2 “Д” равно:

$$I_{2\ddot{A}} = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \cdot \left[\left(\frac{1}{3} I_d \right)^2 \frac{2\pi}{6} + \left(\frac{2}{3} I_d \right)^2 \frac{2\pi}{6} + \left(\frac{1}{3} I_d \right)^2 \frac{2\pi}{6} \right] \cdot 2} = \sqrt{\frac{2}{3}} I_d \quad (6.8.19) \quad \left| \quad I_{2\ddot{A}} = \frac{\sqrt{2}}{3} \cdot \frac{I_d}{2} \quad (6.8.19)'\right.$$

Из диаграммы i_1 действующее значение тока I_1 СО равно:

$$I_1 = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \cdot \left[2 \left(\frac{I_d}{K_T} \cdot \frac{1}{\sqrt{3}} \right)^2 \frac{\pi}{6} + 2 \left(\frac{I_d}{K_T} \left(1 + \frac{1}{\sqrt{3}} \right) \right)^2 \frac{\pi}{6} + 2 \left(\frac{I_d}{K_T} \left(1 + \frac{2}{\sqrt{3}} \right) \right)^2 \frac{\pi}{3} \right] \cdot 2} = 1,577 \cdot \frac{I_d}{2K_T} \quad (6.8.20) \quad \left| \quad (6.8.20)'\right.$$

6.8.7г Расчетная мощность вентиляльных обмоток

12п посл

$$S_2 = S_{2y} + S_{2д} = 2 \cdot S_{2y} = 2 \cdot m_{2y} \cdot U_{2y} \cdot I_{2y} =$$

$$= 2 \cdot 3 \cdot \frac{U_{d0}}{4,68} \cdot \sqrt{\frac{2}{3}} \cdot I_d = 1,047 P_d \quad (6.8.21)$$

12п пар

$$S_2 = 1,047 P_d \quad (6.8.21')$$

Расчетная мощность СО

$$S_1 = m_1 \cdot I_1 \cdot U_1 = 3 \cdot \frac{1,57 I_d}{K_T} \cdot \frac{K_T \cdot U_{d0}}{4,68} =$$

$$= 1,012 P_d \quad (6.8.22)$$

$$S_1 = 1,012 P_d \quad (6.8.22)'$$

Мощность УР

$$S_{ур} = 0 \quad (6.8.23)$$

$$S_{ур} = 0,02 P_d \quad (6.8.23)'$$

Типовая мощность трансформатора

$$S_T = \frac{S_1 + S_2}{2} = 1,029 P_d \quad (6.8.24)$$

$$S_T = (1,029 + 0,02) P_d \quad (6.8.24)'$$

Таблица 6.8.3 - Основные расчетные соотношения.

	12п. посл	12п. пар.
$U_{d0\alpha}$	$U_{da1} + U_{da2} = 4,68U_{2y} \times \cos\alpha$	$\frac{U_{da1} + U_{da2}}{2} = 2,34U_{2y} \times \cos\alpha$
$U_{V \max}$	$\sqrt{6}U_{2y}$ или $0,525U_{d\alpha}$	$\sqrt{6}U_{2y}$ или $1,045U_{d\alpha}$
$I_{V \max}$	I_d	$I_d/2$
I_V	$I_d/3$	$\frac{1}{3} \cdot \frac{I_d}{2} = \frac{I_d}{6}$
I_{2y}	$\sqrt{\frac{2}{3}}I_d$	$\sqrt{\frac{2}{3}}I_d/2$
$I_{2Д}$	$\frac{\sqrt{2}}{3}I_d$	$\frac{\sqrt{2}}{3}I_d/2$
$S_{2y}, S_{2Д}$	$3I_2, U_2 = 0,52P_d$	$0,52P_d$
I_1	$1,577 \frac{I_d}{x_r}$	$1,577 \frac{I_d}{2x_r}$
S_1	$3 \cdot I_1 \cdot U_1 = 1,577 \frac{I_d}{x_r} \times$ $\times \kappa_r \cdot \frac{U_{D0}}{4,68} \cdot 3 = 1,012P_d$	$3 \cdot 1,577 \frac{I_d}{2x_r} \cdot \frac{\kappa_r \cdot U_{d0}}{2,34} =$ $= 1,012P_d$
S_T	$1,029P_d$	$1,049P_d$

6.8.8 Угол коммутации

Угол коммутации равен

$$\gamma = \arccos \left(\cos \alpha - \frac{2k_{cx} \cdot I_d \cdot X_V}{\sqrt{6}U_{2y}} \right) - \alpha \quad (6.8.25)$$

Из (6.8.25) видно, что при изменении тока $0 \leq I_d \leq I_{d \max}$,
угол коммутации γ изменяется в пределах $0 \leq \gamma \leq \gamma_{\max}$ (6.8.26)

Индуктивное сопротивление фазы цепи коммутации определяется по формуле

$$X_V = \frac{3 \cdot U_{2Y}^2}{S_{1H}} \cdot \frac{u_K}{100} \cdot 10^3, \quad (6.8.27)$$

где U_{2Y} – номинальное действующее значение фазных напряжений вентиляльных обмоток, соединенных в «звезду», кВ;

u_K – напряжение КЗ цепи коммутации, %;

S_{1H} – номинальная мощность сетевой обмотки, кВА.

Напряжение короткого замыкания цепи коммутации равно

$$u_K = u_{KC} + u_{KT}, \quad (6.8.28)$$

где u_{KT} – коммутационное напряжение КЗ преобразовательного трансформатора, %;

u_{KC} – напряжение КЗ питающей цепи, %.

$$u_{KC} = \frac{S_{1H}}{S_{K3}} \cdot 100\%, \quad (6.8.29)$$

где S_{K3} – мощность КЗ на шинах, питающих преобразовательный трансформатор, кВА.

6.8.9 Внешние характеристики управляемого выпрямителя

Внешней характеристикой управляемого выпрямителя называется зависимость

$$U_{d\alpha} = f(I_d)$$

Согласно теории работы УВ выпрямленное напряжение с увеличением тока нагрузки возрастает и равно

$$U_{d\alpha} = U_{d0\alpha} - \Delta U_\gamma - \Delta U_\Pi \quad (6.8.30)$$

Через известные параметры схемы и преобразовательного трансформатора выпрямленное напряжение УВ определяется уравнением

$$U_{d\alpha} = U_{d0} \left[\cos \alpha - A \frac{u_{K3}}{100} \cdot \frac{I_d}{I_{dH}} \right] - \Delta U_\Pi \quad (6.8.31)$$

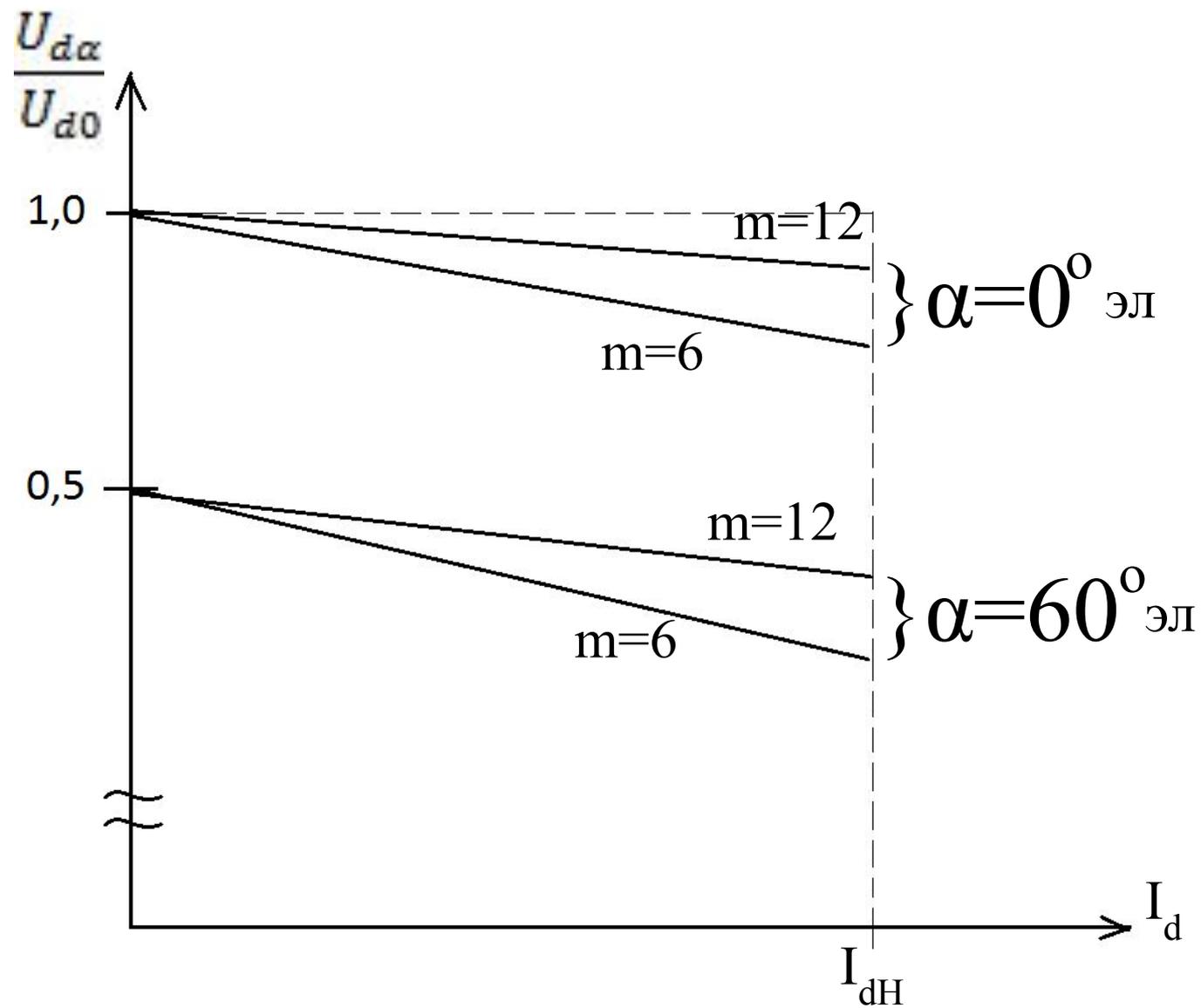


Рисунок 6.8.6 – Внешние характеристики 6 и 12 импульсных управляемых выпрямителей при $\alpha=0^\circ$ эл и $\alpha=60^\circ$ эл

Падение напряжения в тиристорах управляемого выпрямителя

$$\Delta U_{\Pi} = ps \left[U_{(TO)} + \frac{K_{CX} I_d}{3 \cdot a} \cdot r_T \right], \quad (6.8.32)$$

где p – число последовательно работающих плеч преобразователя;

$p=4$ для 12 П.ПОСЛ.

$p=2$ для 12 П.ПАР.

s, a – число последовательно и параллельно включенных тиристоров в одном плече УВ;

A – коэффициент наклона входной характеристики схемы ($A=0,5$ для $m=6$; $A=0,266$ для $m=12$);

$u_{KЗ}$ – напряжение короткого замыкания цепи коммутации;

U_{TO}, r_T – пороговое напряжение и дифференциальное сопротивление тиристора

6.8.10(a) Коэффициент мощности

Коэффициентом мощности выпрямителя называется отношение активной мощности, потребляемой из сети к полной мощности, потребляемой из сети и равен

$$\lambda = \frac{P_{1a}}{S_1} = \frac{m_1 U_1 I_{1(1)} \cos \varphi_{1(1)}}{m_1 U_1 I_1} = \frac{I_{1(1)}}{I_1} \cos \varphi_{1(1)}, \quad (6.8.33)$$

где P_{1a} , S_1 – активная и полная мощность потребляемая выпрямителем из сети, возвращаемая инвертором в сеть;

$I_{1(1)}$, I_1 – действующее значение основной гармоники и полного тока фазы СО;

$\varphi_{1(1)}$ – сдвига тока $i_{1(1)}$ относительно напряжения u_1 .
Отношение $v = \frac{I_{1(1)}}{I_1}$ называется коэффициентом искажения тока

При идеальном трансформаторе ($\gamma=0$)

$$v=0,955 \text{ для } m=6$$

$$v=0,988 \text{ для } m=12$$

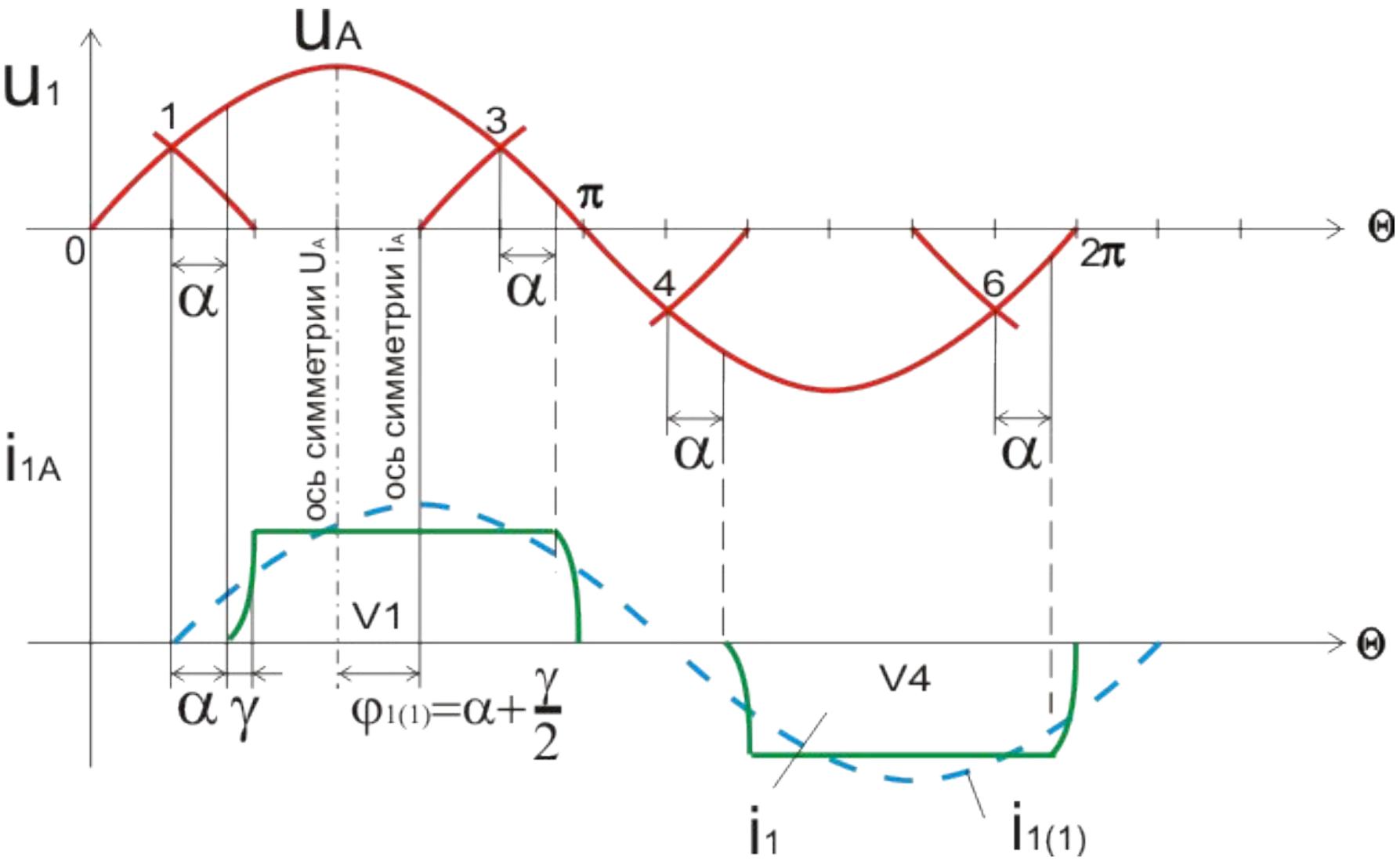


Рисунок 6.8.7 - Временные диаграммы напряжения и тока фазы А

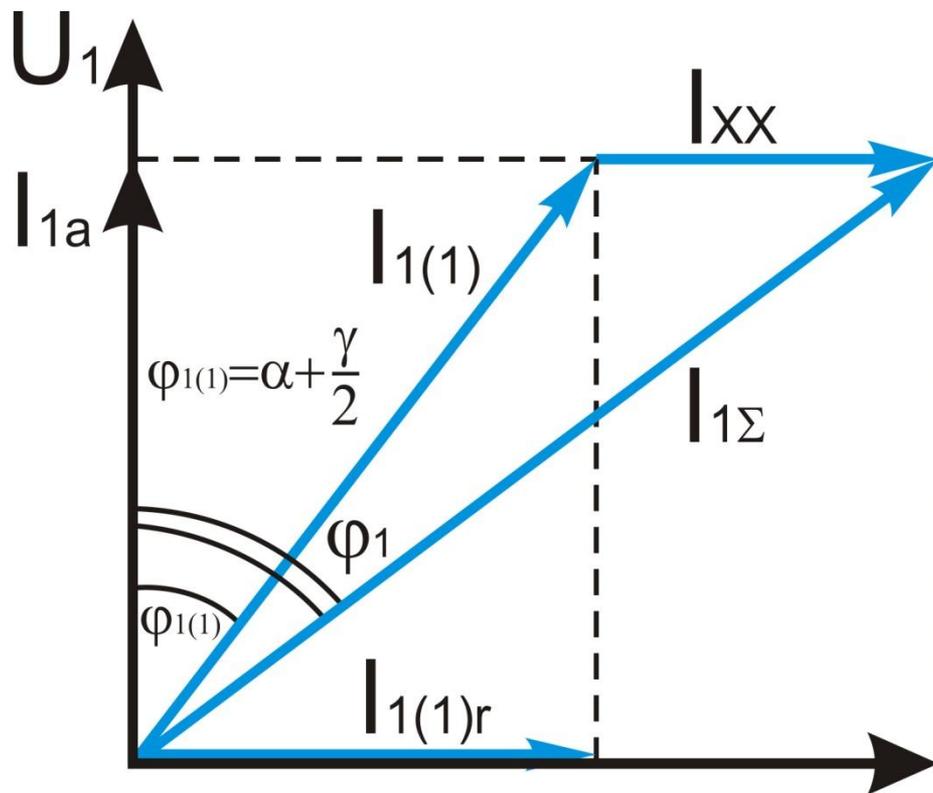


Рисунок 6.8.8 – Векторная диаграмма токов сетевой обмотки выпрямителя

Угол сдвига основной гармоники тока относительно напряжения

$$\varphi_{1(1)} = \alpha + \frac{\gamma}{2} \quad (6.8.34)$$

Активная составляющая основной гармоники тока

$$I_{1a} = I_{1(1)a} = I_{1(1)} \cos\left(\alpha + \frac{\gamma}{2}\right) \quad (6.8.35)$$

Реактивная составляющая основной гармоники тока

$$I_{1(1)r} = I_{1(1)} \sin\left(\alpha + \frac{\gamma}{2}\right) \quad (6.8.36)$$

Полный реактивный ток с учетом тока $I_{x.x}$ трансформатора

$$I_{1r} = I_{1(1)} \sin\left(\alpha + \frac{\gamma}{2}\right) + I_{xx} \quad (6.8.37)$$

Полный ток потребляемый из сети

$$I_{1\Sigma} = \sqrt{I_{1a}^2 + I_{1r}^2} \quad (6.8.38)$$

6.8.10,б Угол сдвига тока относительно напряжения сетевой обмотки

Определим $\cos\varphi$ инвертора с учетом тока холостого хода.

После подстановки значения I_{1a} из (6.8.35), I_{1r} из (6.8.37) из (6.8.38) и ряда преобразований значения $\cos\varphi$ определяется из выражения

$$\cos \varphi_1 = \frac{I_{1a}}{I_{1\Sigma}} = \frac{I_{1(1)} \cos\left(\alpha + \frac{\gamma}{2}\right)}{\sqrt{\left[I_{1(1)} \cos\left(\alpha + \frac{\gamma}{2}\right) \right]^2 + \left[I_{1(1)} \sin\left(\alpha + \frac{\gamma}{2}\right) + I_{XX} \right]^2}} \quad (6.8.39)$$

6.8.10,в Коэффициент мощности

Коэффициент мощности УВ с учетом коэффициента искажения v и $\cos\varphi_1$ (6.8.39) равен

$$\lambda = v \frac{\cos\left(\alpha + \frac{\gamma}{2}\right)}{\sqrt{1 + \left(\frac{I_{XX} \%}{100} \cdot \frac{I_{dH}}{I_d}\right)^2 + 2\left(\frac{I_{XX} \%}{100} \cdot \frac{I_{dH}}{I_d}\right) \sin\left(\alpha + \frac{\gamma}{2}\right)}} \quad (6.8.40)$$

На рисунке 6.8.10 показана зависимость коэффициента мощности шести и двенадцатипульсового выпрямителя от тока нагрузки I_d и коэффициента мощности шести и двенадцатипульсового инвертора от входного тока $I_{И}$

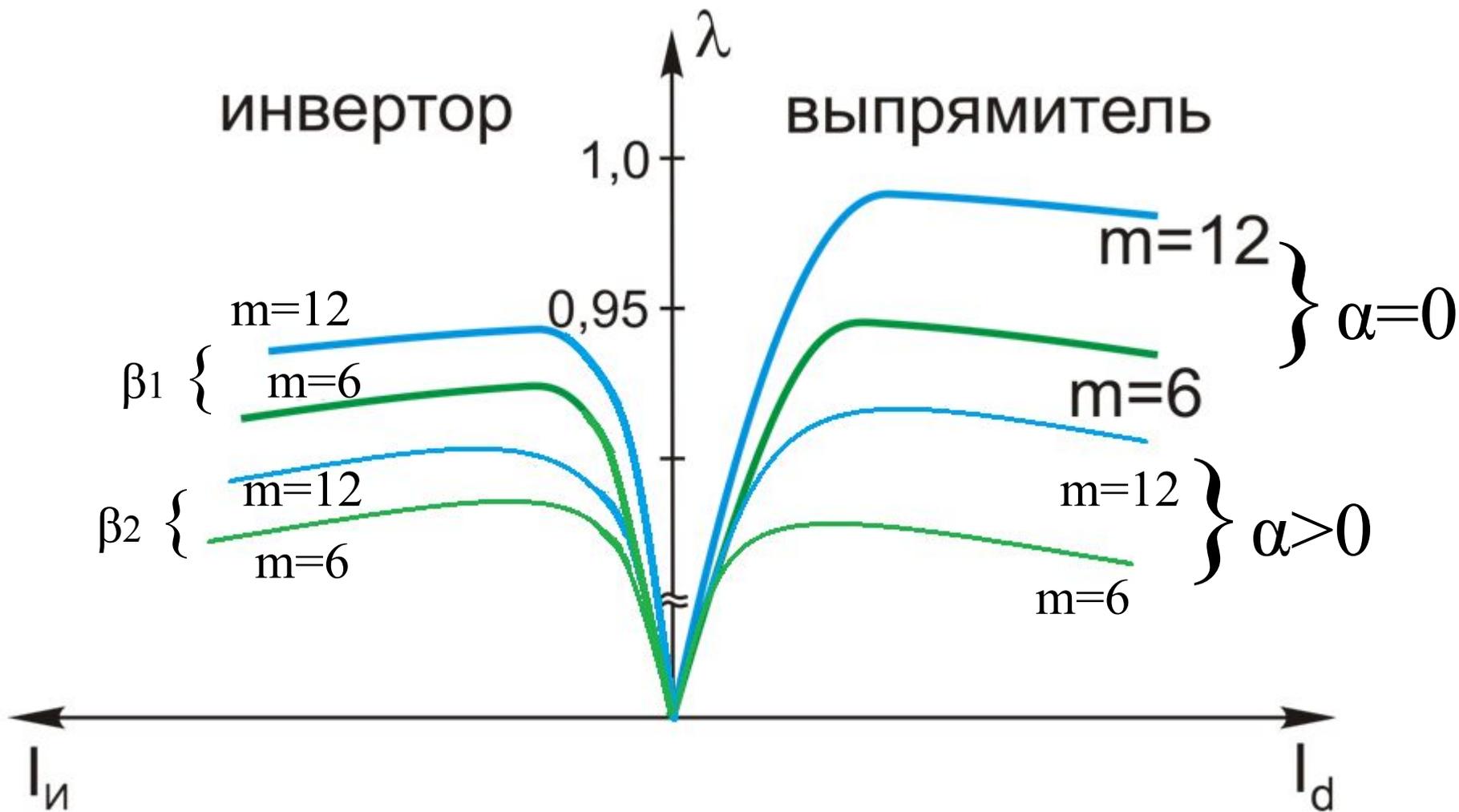


Рисунок 6.8.10 – Коэффициент мощности 6 и 12 пульсовых управляемых выпрямителей и инверторов

6.8.11 Коэффициент полезного действия (КПД)

КПД выпрямителя называется отношение активной мощности на выходе выпрямителя $P_{d\alpha}$ передаваемой электроподвижному составу (ЭПС) полной мощности, потребляемой выпрямителем из сети

$$\eta = \frac{P_{d\alpha}}{P_{d\alpha} + \Delta P_{d\alpha}} = \frac{1}{1 + \frac{\Delta P_{d\alpha}}{P_{d\alpha}}} = \frac{1}{1 + \frac{\Delta P_{d\alpha}}{U_{d\alpha} \cdot I_d}} \quad (6.8.41)$$

Мощность отдавания выпрямителем ЭПС через КС

$$P_{d\alpha} = U_{d\alpha} \cdot I_d \quad (6.8.42)$$

6.8.11б Суммарные потери мощности в преобразовательном агрегате

$$\Delta P_d = \Delta P_T + \Delta P_{\Pi} + \Delta P_{C\gamma} + \Delta P_{O\chi} + \Delta P_y \quad (6.8.43)$$

Потери мощности в преобразовательном трансформаторе

$$\Delta P_T = \Delta P_{XX} + \left(\frac{I_d}{I_{dH}} \right)^2 \Delta P_{K3} \quad (6.8.44)$$

где ΔP_{XX} ($\Delta P'_{XX}$) - потери холостого хода (в стали);

ΔP_{K3} ($\Delta P'_{K3}$) – потоки К.З. (в меди) при номинальном токе нагрузки

Потери мощности в диодных и тиристорных плечах

$$\Delta P_{\Pi} = I_d \cdot p \cdot s \left(U_{TO} + r_T \frac{K_{CX} \cdot I_d}{a} \right) \frac{K_{CX}}{3} \quad (6.8.45)$$

где a , s – число параллельно и последовательно включенных П.П. в плече;

P – число последовательно работающих плеч преобразователя;

K_{CX} – коэффициент схемы

**Потери мощности в сглаживающих реакторах сглаживающих устройств
(фильтров)**

$$\Delta P_{\text{СУ}} = r_{\text{СУ}} \cdot I_{\text{д}}^2 \quad (6.8.46)$$

где $r_{\text{су}}$ – активное сопротивление сглаживающего реактора

Мощность системы управления

$$\Delta P_{\text{у}} = 0 \quad \text{для диодов} \quad (6.8.47)$$

Мощность системы охлаждения

а) при естественном охлаждении

$$\Delta P_{\text{ОХ}} = 0 \quad \text{при } V = 0 \quad (6.8.48)$$

б) при принудительном охлаждении

$$\Delta P_{\text{ОХ}} = 2 \text{кВт} \quad \text{при } V > 0 \quad (6.8.49)$$

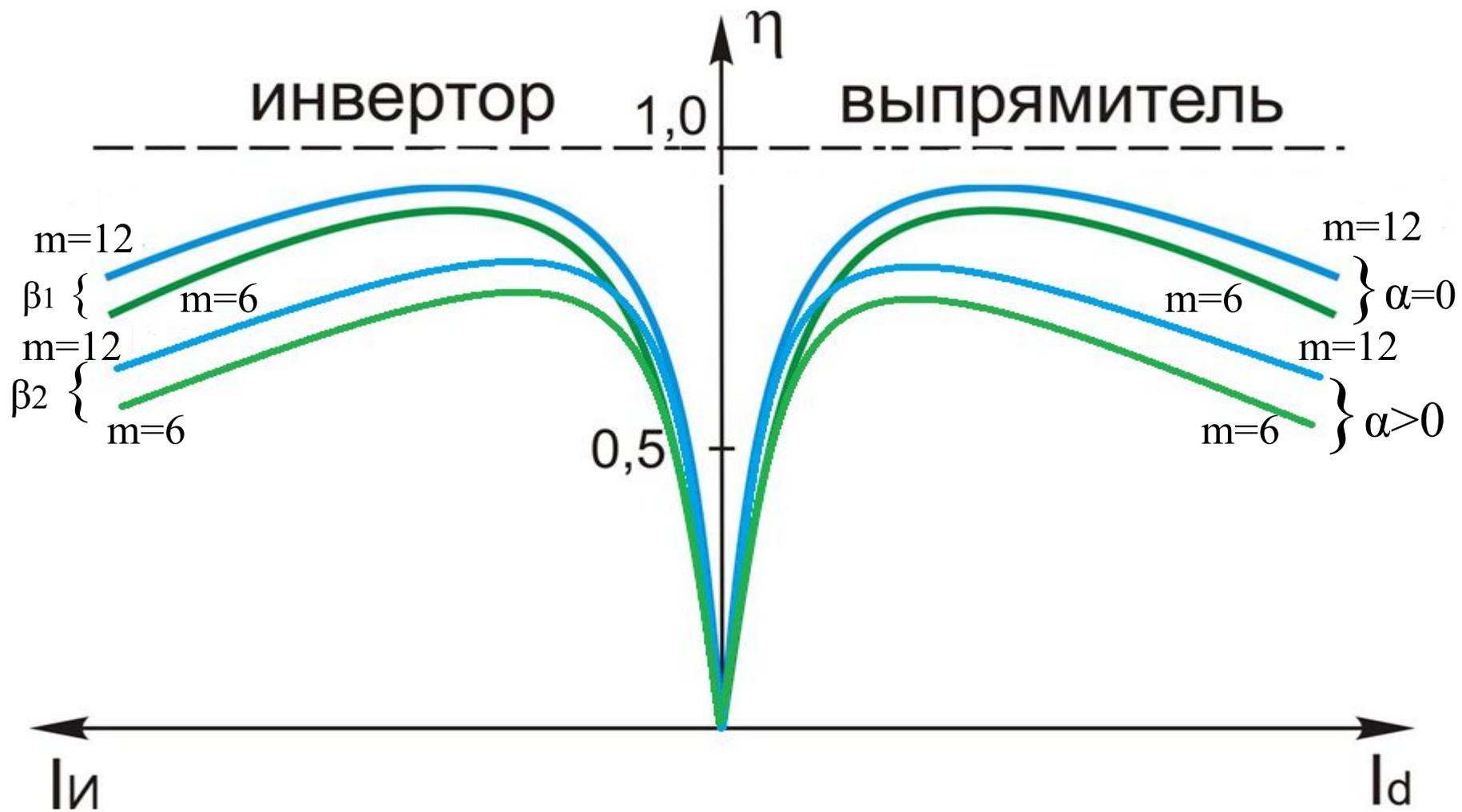


Рисунок 6.8.11 – Коэффициент полезного действия 6 и 12 импульсных управляемых выпрямителей и инверторов.