

Практическое занятие

ВТОРИЧНЫЕ ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ

К вторичным источникам питания относятся разные выпрямители.

Выпрямительные полупроводниковые диоды используются в однофазных и трехфазных выпрямителях с однополупериодным и двухполупериодным выпрямлением напряжения.

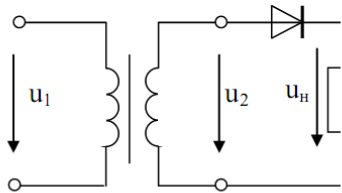


Рис. 14.1.1

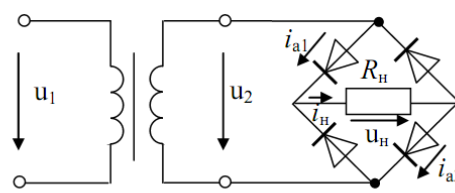


Рис. 14.1.2

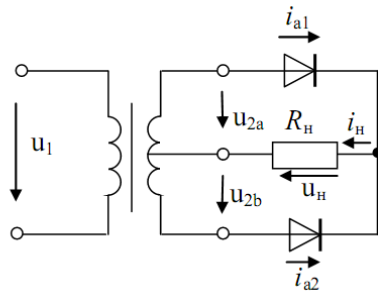


Рис. 14.1.3

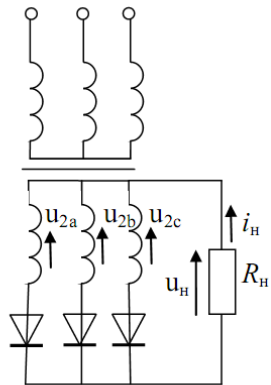


Рис. 14.1.4

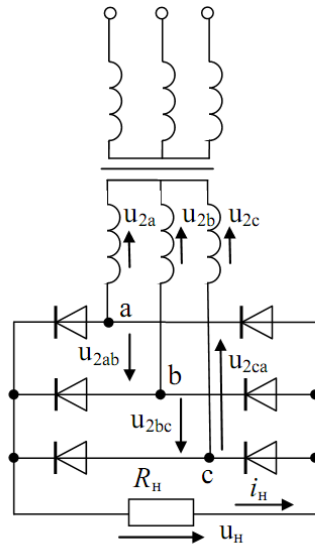


Рис. 14.1.5

Средние значения выпрямленного напряжения и тока в приемнике с сопротивлением R_H в схеме на рис. 14.1.1

$$U_H = \frac{\sqrt{2}}{\pi} U_2 = \frac{U_{2m}}{\pi} \approx 0,45 U_2; \quad (14.1.1)$$

$$I_H = \frac{U_H}{R_H}, \quad (14.1.2)$$

где $u_2 = U_{2m} \sin \omega t$ – мгновенное значение напряжения; $U_2 = \frac{U_{2m}}{\sqrt{2}}$ – действующее значение переменного синусоидального напряжения; U_{2m} – амплитудное значение напряжения.

Ток $I_{H,cp}$ является в данной схеме прямым током диода, то есть $I_{пр.ср} = I_{H,ср}$.

Максимальное обратное напряжение $U_{обр.мах.} = U_{2m}$.

Для надежной работы выпрямителей диоды должны выбираться с выполнением следующих условий

$$I_{пр.ср.} \geq I_{H,ср.} \text{ и } U_{обр.мах.} > \sqrt{2} U_2$$

примерно с превышением на 30%.

В двухполупериодном мостовом выпрямителе (смотри рис. 14.1.2) средние значения выпрямленного напряжения и тока определяются соотношениями

$$U_{H,ср} = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} U_2 = \frac{2}{\pi} U_{2m} \approx 0,9 U_2; \quad (14.1.3)$$

$$I_{H,ср} = \frac{U_{H,ср}}{R_H}. \quad (14.1.4)$$

Максимальное обратное напряжение –

$$U_{обр.мах.} = U_{2m} = \sqrt{2} U_2 = \frac{\pi}{2} U_H. \quad (14.1.5)$$

Средний прямой ток каждого диода –

$$I_{пр.ср.} = 0,5 I_{H,ср}. \quad (14.1.6)$$

Максимальный прямой ток диода в данной схеме –

$$I_{пр.мах.} = \frac{U_{2m}}{R_H} = \frac{\pi}{2} \times \frac{U_{H,ср}}{R_H}. \quad (14.1.7)$$

В двухполупериодном выпрямителе с выводом средней точки вторичной обмотки трансформатора (смотри рис. 14.1.3) $U_{2a} = U_{2b} = U_2$, расчет напряжения $U_{H,ср}$ и тока $I_{H,ср}$ в приемнике выполняется по

формулам (14.1.3) и (14.1.4), максимальный прямой ток диода – по формуле (14.1.7).

Максимальное обратное напряжение диода –

$$U_{\text{обр.маx}} = U_{ab} = 2U_2 = \pi U_{\text{н.ср}}. \quad (14.1.8)$$

В трехфазном выпрямителе с нейтральным выводом (смотри рис. 14.1.4) средние значения выпрямленных напряжения и тока определяются формулами

$$U_{\text{н.ср}} = \frac{3\sqrt{6}}{2\pi} U_{2\Phi} \approx 1,17 U_{2\Phi}. \quad (14.1.9)$$

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

Средний и максимальный прямой токи диодов определяются выражениями

$$I_{\text{пр.ср}} = \frac{I_{\text{н.ср}}}{3}; \quad I_{\text{пр.маx}} = \frac{U_{\Phi m}}{R_{\text{H}}} = \frac{U_{\text{н.ср}}}{0,827 \times R_{\text{H}}} \approx 1,21 I_{\text{н.ср}}, \quad (14.1.10)$$

где $U_{\Phi m} = \frac{2\pi}{3\sqrt{3}} U_{\text{н.ср}}$ – амплитудное фазное напряжение источника.

Максимальное обратное напряжение на каждом закрытом диоде равно амплитудному значению линейного напряжения источника

$$U_{\text{обр.маx}} = \sqrt{2} \times \sqrt{3} U_{2\Phi} = \frac{2\pi}{3} U_{\text{н.ср}} \approx 2,09 U_{\text{н.ср}}, \quad (14.1.11)$$

где $U_{2\Phi} = U_{2a} = U_{2b} = U_{2c}$ – действующее значение фазного напряжения.

В трехфазном мостовом выпрямителе (смотри рис. 14.1.5) среднее значение выпрямленного напряжения в приемнике равно

$$U_{\text{н.ср}} = \frac{3\sqrt{2}}{\pi} U_{2\text{л}} = \frac{3\sqrt{6}}{\pi} U_{2\Phi} \approx 2,34 U_{2\Phi}, \quad (14.1.12)$$

где $U_{2\text{л}} = U_{2ab} = U_{2bc} = U_{2ca}$ – действующее значение линейного напряжения.

Максимальное обратное напряжение на каждом закрытом диоде равно амплитудному значению линейного напряжения

$$U_{\text{обр.маx}} = \sqrt{2} U_{2\text{л}} = \frac{\pi}{3} U_{\text{н.ср}} \approx 1,047 U_{\text{н.ср}}. \quad (14.1.13)$$

Максимальный прямой ток рассчитывается по формуле (14.1.10).

Задача

Выбрать тип полупроводникового диода для однофазного мостового выпрямителя, изображенного на рис. 14.1.2. Определить напряжение U_2 и коэффициент трансформации n трансформатора, если выпрямленный ток в приемнике с сопротивлением нагрузки $R_{\text{H}} = 500$ Ом составил $I_{\text{н.ср}} = 0,25$ А, напряжение питающей сети $U_1 = 127$ В. Принять прямое сопротивление диода $R_{\text{пр}} = 0$.

Решение

Выпрямленное среднее значение напряжения на нагрузке –

$$U_{\text{н.ср}} = R_{\text{H}} I_{\text{н.ср}} = 500 \times 0,25 = 125 \text{ В}.$$

Действующее значение напряжения на вторичной обмотке трансформатора –

$$U_2 = \frac{\pi}{2\sqrt{2}} U_{\text{н.ср}} = \frac{\pi}{2\sqrt{2}} \times 125 = 139,2 \text{ В}.$$

Коэффициент трансформации трансформатора –

$$n = \frac{U_1}{U_2} = \frac{127}{139,2} = 0,9.$$

Значение максимального обратного напряжения диода –

$$U_{\text{обр.маx}} = U_{2m} = \sqrt{2} U_2 = \frac{\pi}{2} U_{\text{н.ср}} = 196,25 \text{ В}.$$

Средний прямой ток каждого диода –

$$I_{\text{пр.ср}} = 0,5 I_{\text{н.ср}} = 0,5 \times 0,25 = 0,125 \text{ А}.$$

Максимальный прямой ток диода –

$$I_{\text{прмаx}} = \frac{U_{2m}}{R_{\text{H}}} = \frac{196,25}{500} = 0,393 \text{ А}.$$

По справочнику [11] на основании выполненных расчетов выбираем диод Д229А с параметрами

$$U_{\text{обр.маx}} = 200 \text{ В}, \quad I_{\text{прмаx}} = 0,4 \text{ А}.$$

Выпрямленное напряжение для однополупериодного выпрямителя (рис. 17.1)

$$U_0 = U_{2m}/\pi, \quad (17.1)$$

где U_{2m} — амплитуда напряжения вторичной обмотки трансформатора; для двухполупериодного выпрямителя

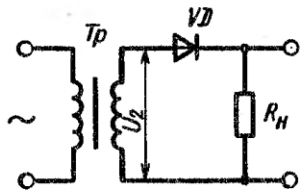


Рис. 17.1

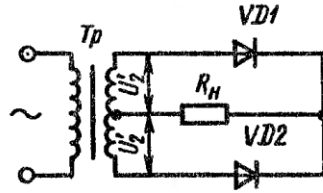


Рис. 17.2

со средней точкой (рис. 17.2) и мостовой схемы (см. рис. 17.4)

$$U_0 = 2U'_{2m}/\pi, \quad (17.2)$$

где U'_{2m} — половина амплитуды напряжения вторичной обмотки трансформатора.

Наибольшее обратное напряжение, приложенное к диоду: для однополупериодного выпрямителя и мостовой схемы

$$U_{обр} = U_{2m}; \quad (17.3)$$

для двухполупериодного выпрямителя со средней точкой

$$U_{обр} = 2U'_{2m}. \quad (17.4)$$

Коэффициент пульсаций выпрямленного напряжения

$$k_n = U_{1m}/U_0, \quad (17.5)$$

где U_{1m} — амплитуда первой гармоники напряжения на нагрузке.

Коэффициент сглаживания

$$q = k_{п\text{ вх}}/k_{п\text{ вых}}, \quad (17.6)$$

где $k_{п\text{ вх}}$, $k_{п\text{ вых}}$ — коэффициенты пульсаций на входе и выходе сглаживающего фильтра.

17.1. В схеме однополупериодного выпрямителя (см. рис. 17.1) через диод проходит выпрямленный ток $I_0 = 75$ мА. Определить сопротивление нагрузки R_n , если амплитуда напряжения вторичной обмотки трансформатора $U_{2m} = 200$ В.

Решение. Согласно (17.1), выпрямленное напряжение на нагрузке $U_0 = U_{2m}/\pi$. Сопротивление нагрузки $R_n = U_0/I_0 = U_{2m}/(\pi I_0) = 220/(3,14 \cdot 75 \cdot 10^{-3}) = 850$ Ом.

17.2. Амплитуда напряжения вторичной обмотки трансформатора двухполупериодной схемы выпрямителя (рис. 17.2) $U'_{2m} = 210$ В. Определить выпрямленный ток, проходящий через каждый диод I_0 , если сопротивление нагрузки $R_n = 510$ Ом.

Решение. Согласно (17.2), выпрямленное напряжение $U_0 = 2U'_{2m}/\pi$. Ток, проходящий через диод, $I_0 = U_0/(2R_n) = U_{2m}/(\pi R_n) = 210/(3,14 \cdot 510) = 131$ мА.

17.3. Для схемы двухполупериодного выпрямителя с индуктивным сглаживающим фильтром (рис. 17.3) определить коэффициент сглаживания q , если известно, что амплитуда напряжения вторичной обмотки трансформатора $U'_{2m} = 300$ В, выпрямленный ток, проходящий через нагрузку, $I_0 = 200$ мА, частота сети $f_c = 50$ Гц, индуктивность дросселя $L_\phi = 10$ Гн.

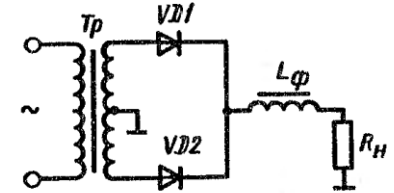


Рис. 17.3

Решение. Выпрямленное напряжение на нагрузке $U_0 = 2U'_{2m}/\pi = 2 \cdot 300/3,14 = 191$ В. Сопротивление нагрузки $R_n = U_0/I_0 = 191/(200 \cdot 10^{-3}) = 955$ Ом. Коэффициент сглаживания $q = k_{п\text{ вх}}/k_{п\text{ вых}} = X_{L\phi}/R_n = 2\pi f_n L_\phi/R_n = 2 \cdot 3,14 \cdot 2 \cdot 50 \cdot 10/955 = 6,6$.