

Задача 4

Диодный детектор имеет следующие параметры: внутреннее сопротивление диода R_d , сопротивление нагрузки R_n . На детектор подано напряжение

$$U(t) = U_0(1 + m \cos \Omega t) \cos \omega_0 t.$$

1 Нарисовать схему детектора. Пояснить назначение детектора и принцип работы детектора, проиллюстрировав его работу временными диаграммами напряжения на входе детектора, тока детектора и напряжения на нагрузке детектора.

2 Выбрать величину емкости конденсатора, шунтирующего нагрузку детектора, и определить амплитуду напряжения модулирующей частоты на выходе схемы.

3 Рассчитать и построить спектр напряжения на входе детектора, спектр тока диода и спектр напряжения на нагрузке детектора.

S , мА/В	50
R_n , Ом	300
m	0.65

U_m , В	1.6
f_0 , кГц	800
F , кГц	8

Указания к задаче 4

Перед выполнением задачи следует изучить материал в [3], стр. 95-100; [4], стр. 342-347.

Конденсатор, шунтирующий нагрузку, должен иметь малое сопротивление для токов высокой частоты, чтобы на нагрузке выделялось только напряжение низкочастотного (модулирующего) сигнала. С другой стороны, величина емкости не должна быть слишком большой, чтобы не шунтировать составляющие модулирующей частоты. Исходя из этого, постоянная времени нагрузочной цепи должна удовлетворять неравенствам

$$\frac{1}{\omega_0} \ll R_i C_i \ll \frac{1}{\Omega}$$

При заданном R_{Σ} приходим к неравенствам

$$\frac{1}{\omega_0 R_i} \ll C_i \ll \frac{1}{\Omega R_i}.$$

Напряжение на выходе детектора, работающего в режиме больших амплитуд с отсечкой тока (линейное детектирование), представляет собой низкочастотный сигнал

$$U_{\text{ав}}(t) = U_{\Omega \text{ав}} \cos \Omega t,$$

пропорциональный передаваемому сообщению.

Эффективность работы детектора принято оценивать величиной коэффициента детектирования

$$K_{\text{ав}} = \frac{U_{\Omega \text{ав}}}{m U_0} = \cos \theta, \quad (4.1)$$

где θ - угол отсечки, связан с параметрами R_i и R_{Σ} соотношением

$$\frac{R_i}{R_{\Sigma}} = \frac{\text{tg} \theta - \theta}{\pi}.$$

При $R_i / R_{\Sigma} > 50$ можно пользоваться приближенной формулой

$$\theta \approx \frac{121^\circ}{\sqrt[3]{R_i / R_{\Sigma}}}. \quad (4.2)$$

При подаче на вход детектора амплитудно-модулированного колебания спектр тока диода содержит в своем составе постоянную составляющую I_0 , модулирующую частоту $I_{\Omega} = m I_0$, первую гармонику тока несущей частоты I_1 , боковые частоты $(\omega_0 \pm \Omega)$ с

амплитудами $\frac{m}{2}I_1$, вторую гармонику коллекторного тока с боковыми частотами $(2\omega_0 \pm \Omega)$ и амплитудами $\frac{m}{2}I_2$ и т. д...

Амплитуды всех спектральных составляющих можно рассчитать, используя метод угла отсечки [3], стр. 63-66, ограничившись расчетом постоянной составляющей I_0 , низкочастотной составляющей I_Ω и первой гармоникой тока несущей с боковыми частотами, т.к. гармоники тока высших порядков быстро убывают по амплитуде. Расчетные соотношения имеют вид:

$$I_0 = SU_0\gamma_0(\theta), \quad I_1 = SU_0\gamma_1(\theta),$$

$$\text{где } \gamma_0(\theta) = \frac{1}{\pi}(\sin \theta - \theta \cos \theta), \quad \gamma_1(\theta) = \frac{1}{\pi}(\theta - \sin \theta \cos \theta), \quad S = 1/R_i$$

Напряжение на нагрузке детектора определится как

$$U_i = I_i R_i,$$

где I_i - амплитуда соответствующей гармоники тока диода.

После вычислений всех токов и напряжений строятся их спектральные диаграммы.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица П1 – Таблица интегралов.

$$1 \int_0^{\alpha} \omega \cos \omega r d\omega = \frac{\alpha \sin \alpha r}{r} + \frac{1}{r^2} (\cos \alpha r - 1);$$

$$2 \int_0^{\alpha} (1 - \omega / \alpha) \cos \omega r d\omega = \frac{1}{\alpha r^2} (1 - \cos \alpha r);$$

$$3 \int_0^{\infty} \frac{\alpha^2}{\alpha^2 + \omega^2} \cos \omega r d\omega = \frac{\alpha \pi}{2} e^{-\alpha |r|};$$

$$4 \int_0^{\infty} e^{-\frac{\omega}{|\alpha|}} \cos \omega r d\omega = \frac{\alpha}{1 + (\alpha r)^2};$$

$$5 \int_0^{\infty} e^{-\frac{\omega^2}{\alpha^2}} \cos \omega r d\omega = \frac{\alpha \sqrt{\pi}}{2} e^{-\left(\frac{\alpha r}{2}\right)^2};$$

$$6 \int_0^{\infty} \frac{\sin^2 \omega / \alpha}{(\omega / \alpha)^2} \cos \omega r d\omega = \begin{cases} \frac{\alpha \pi}{2} \left(1 - \frac{\alpha |r|}{2}\right) & \text{if } \delta \leq |r| < \frac{2}{\alpha}; \\ 0 & \text{if } \delta \leq |r| > \frac{2}{\alpha}; \end{cases}$$

Таблица П2 – Таблица значений интеграла вероятности (функции Крампа)

$$\hat{O}(u) = \frac{2}{\sqrt{2\pi}} \int_0^u e^{-\frac{t^2}{2}} dt \approx 1 - 1.3 \exp[-0.44(u + 0.75)^2]$$

u	Φ(u)	u	Φ(u)	u	Φ(u)
0	0	1	0.6827	2	0.9545
0.1	0.060797	1.1	0.7287	2.1	0.9643
0.2	0.1585	1.2	0.7898	2.2	0.9722
0.3	0.2338	1.3	0.8064	2.3	0.9788
0.4	0.3108	1.4	0.8385	2.4	0.9836
0.5	0.3829	1.5	0.8864	2.5	0.9876
0.6	0.4515	1.6	0.8904	2.6	0.9908
0.7	0.5161	1.7	0.9109	2.7	0.9949
0.8	0.6763	1.8	0.9384	2.8	0.9963
0.9	0.6319	1.9	0.9428	2.9	0.9973

Примечание: Функция Крампа является нечетной, т.е. $\hat{O}(-u) = -\hat{O}(u)$. Значение функции при $u > 3$ можно считать равными 1.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Теория электрической связи. Учебное пособие для вузов под редакцией Кловского Д.А. –М.: Радио и связь, 1998.
- 2 Зюко А.Г., Кловский Д.Д., Назаров М.В., Финк Л.М. Теория передачи сигналов. –М.: Радио и связь, 1986.
- 3 Андреев В.С. Теория нелинейных электрических цепей. –М.: Радио и связь, 1982.
- 4 Басков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы. –М.: Радио и связь, 1983.
- 5 Константинов В.А. Теория электрических сигналов 2-й, Теория сигналов и помех, учебное пособие, -Хабаровск, 2006.