

Конструирование и технология производства вычислительной техники

Решения диагностических задач

Задача 1. Анализ делителя напряжения

Имеется делитель напряжения из двух резисторов: $R_1 = 10 \text{ кОм}$ и $R_2 = 5 \text{ кОм}$, подключённых к источнику 12 В. К выходу делителя (между R_2 и землёй) подключается нагрузка R_n .

- 1) Рассчитайте выходное напряжение делителя без нагрузки ($R_n = \infty$).
- 2) Рассчитайте, как изменится выходное напряжение при подключении нагрузки $R_n = 10 \text{ кОм}$.
- 3) Какой минимальное сопротивление нагрузки R_n можно подключить, чтобы выходное напряжение упало не более чем на 10% от значения без нагрузки?

Решение

- 1) Выходное напряжение без нагрузки:

$$\begin{aligned} U_{\text{вых}} &= U_{\text{вх}} \cdot R_2 / (R_1 + R_2) = 12 \cdot 5000 / (10000 + 5000) \\ &= 12 \cdot 5000 / 15000 = 4 \text{ (В)} \end{aligned}$$

- 2) Выходное напряжение с нагрузкой 10 кОм:

Параллельное сопротивление R_2 и R_n :

$$\begin{aligned} R_{\text{паралл}} &= (R_2 \cdot R_n) / (R_2 + R_n) = (5000 \cdot 10000) / (5000 + \\ &+ 10000) = 50 \cdot 10^6 / 15000 \approx 3333 \text{ (Ом)} \end{aligned}$$

$$U_{\text{вых}} = 12 \cdot 3333 / (10000 + 3333) = 12 \cdot 3333 / 13333 \approx 3 \text{ (В)}$$

- 3) Найдём минимальное сопротивление нагрузки для падения $\leq 10\%$:

Допустимое минимальное напряжение:

$$4 \text{ (В)} - 10\% = 3,6 \text{ (В)}$$

Решаем уравнение:

$$3,6 = 12 \cdot R_{\text{паралл}} / (10000 + R_{\text{паралл}})$$

$$3,6 \cdot (10000 + R_{\text{паралл}}) = 12 \cdot R_{\text{паралл}}$$

$$36000 = 8,4 \cdot R_{\text{паралл}}$$

$$R_{\text{паралл}} \approx 4286 \text{ (Ом)}$$

Теперь находим $R_{\text{н}}$:

$$\frac{1}{4286} = \frac{1}{5000} + \frac{1}{R_{\text{н}}}$$

$$\frac{1}{R_{\text{н}}} = \frac{1}{4286} - \frac{1}{5000} \approx 0,000233 - 0,0002 = 0,000033$$

$$R_{\text{н}} \approx 30,303 \text{ (Ом)}$$

Задача 2. Расчёт жёсткости крепления печатной платы

Печатная плата массой 200 г закреплена в 4 точках с помощью стоек. При испытаниях плата подвергается вибрации с ускорением $5 g$ (где $g = 9.81 \text{ м/с}^2$). Необходимо, чтобы собственная частота механических колебаний платы была не менее 100 Гц, чтобы избежать резонанса в рабочем диапазоне частот.

Рассчитайте минимально необходимую жёсткость одной стойки (в Н/м), считая, что все стойки одинаковы и работают параллельно. Считайте, что масса распределена равномерно, а стойки расположены симметрично.

Решение

Требуемая собственная частота системы $f \geq 100 \text{ Гц}$.

Формула собственной частоты для системы с одной степенью свободы:

$$f = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{k_{\text{общ}}}{m}}$$

где $k_{\text{общ}}$ — общая жёсткость всех стоек, m — масса платы

Преобразуем для нахождения $k_{\text{общ}}$:

$$k_{\text{общ}} = (2\pi f)^2 \cdot m = (2 \cdot 3,14 \cdot 100)^2 \cdot 0,2$$

$$k_{\text{общ}} = (628)^2 \cdot 0,2 = 394384 \cdot 0,2 \approx 78877 \text{ (Н/м)}$$

Жёсткость одной стойки (при 4 параллельных стойках):

$$k_1 = \frac{k_{\text{общ}}}{4} = \frac{78877}{4} \approx 19719 \text{ (Н/м)}$$

Задача №3. Анализ линии передачи

Имеется коаксиальный кабель длиной 15 метров с волновым сопротивлением 75 Ом. Диэлектрическая проницаемость изоляции кабеля $\varepsilon_r = 2,3$. Сигнал с фронтом 2 нс (10%-90%) передаётся по этому кабелю.

- 1) Рассчитайте скорость распространения сигнала в кабеле.
- 2) Определите время задержки сигнала от начала до конца кабеля.
- 3) Считается ли этот кабель «длинной линией» для данного сигнала, если критерием является условие: «длина линии $> \frac{1}{3}$ длины волны самой высокой значимой частоты»? Оцените самую высокую значимую частоту по фронту сигнала.

Решение

- 1) Скорость распространения сигнала:

$$v = \frac{c}{\sqrt{\varepsilon_r}} = \frac{3 \cdot 10^8}{\sqrt{2,3}} \approx \frac{3 \cdot 10^8}{1,5166} \approx 1,977 \cdot 10^8 \text{ (м/с)}$$

- 2) Время задержки сигнала:

$$t_{\text{задержки}} = \frac{l}{v} = \frac{15}{1,9773 \cdot 10^8} \approx 75,93 \cdot 10^{-9} \text{ (с)} = 75,9 \text{ (нс)}$$

С) Определение «длинной линии»:

Оценка максимальной значимой частоты по фронту:

$$f_{max} \approx \frac{0,35}{t_{\text{фронта}}} = \frac{0,35}{2,3 \cdot 10^{-9}} = 175 \text{ (МГц)}$$

Длина волны в кабеле для этой частоты:

$$\lambda = \frac{v}{f_{max}} = \frac{1,9773 \cdot 10^8}{1753 \cdot 10^6} \approx 1,13 \text{ (м)}$$

Критерий длинной линии $l > \frac{\lambda}{3} = \frac{1,13}{3} \approx 0,377 \text{ (м)}$

$15 \text{ м} > 0,377 \text{ м}$, \Rightarrow , кабель является длинной линией и требует согласования.