

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ» КАФЕДРА КЕОА

Домашня робота №5
з курсу: «Фізико-теоретичні основи конструювання»
Тема: «Електричний розрахунок друкованої плати»

Виконав: студент групи ДК-82

Ниш Є. Р.

Київ – 2021

Електричний розрахунок друкованої плати

Важливою задачею проектування ДВ є розрахунок паразитних параметрів друкованої плати, які можуть виникати при їх роботі на високих частотах.

Зі зменшенням геометричних розмірів конструктивних елементів та зі збільшенням щільності їх розташування між сигнальними провідниками виникає ємнісний та індуктивний зв'язок. При перемиканні елементів по сигнальним ланцюгам протікають високочастотні імпульсні струми з крутими фронтами, які внаслідок наявності паразитних зв'язків наводять на сусідніх сигнальних провідниках перешкоди. Останні при певних умовах викликають помилкове спрацювання дискретних елементів. Необхідно, щоб значення перешкод не перевищували допустимої межі.

Вплив ємності та індуктивності сигнального зв'язку виражається в затримці вмикання схем. Час затримки визначається струмом, опором навантаження та опором сигнального провідника.

1. Визначимо падіння напруги на самому довгому друкованому провіднику:

Падіння напруги на друкованому провіднику визначається:

$$U_{\text{пад}} = \frac{\rho \cdot I_{\text{max}} \cdot l_{\text{пр}}}{b_{\text{пр}} \cdot t_{\text{пр}}},$$

де: ρ - питомий об'ємний опір для комбінованого позитивного методу виготовлення ДП, $\rho = 0,0175 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$

$l_{\text{пр}}$ - максимальна довжина друкованого провідника, $l_{\text{пр}} = 0,1252 \text{ м}$.

$t_{\text{пр}}$ - товщина провідника, $t_{\text{пр}} = 0,0965 \text{ мм}$.

I_{max} - струм в провіднику, $I_{\text{max}} = 146 \text{ мА}$.

$$U_{\text{пад}} = \frac{\rho \cdot I_{\text{max}} \cdot l_{\text{пр}}}{b_{\text{пр}} \cdot t_{\text{пр}}} = \frac{0,0175 \cdot 146 \cdot 10^{-3} \cdot 0,1252}{0,5 \cdot 0,0965} = 6,6 \text{ мВ}$$

Розраховане падіння напруги не перевищує 5% від напруги живлення ($U_{\text{жив}} = 5 \text{ В}$).

2. Визначимо потужність втрат двосторонньої друкованої плати:

Потужність втрат визначається за формулою:

$$P_{\text{пот}} = 2\pi f \cdot C \cdot E_{\text{п}}^2 \cdot \text{tg}\sigma,$$

де: $f = 1$, тому що розрахунок ведеться на постійному струмі

$\text{tg}\sigma$ - тангенс кута діелектричних втрат для матеріалу друкованої плати

$\text{tg}\sigma = 0,002$ - для матеріалу FR4

C - ємність друкованої плати

$$C = \frac{0,009 \cdot \varepsilon \cdot S_m}{h},$$

де: ε - діелектрична проникність, $\varepsilon = 4,5$ для FR4

S_m - площа металізації, $S_m = 1713 \text{ мм}^2$

h - товщина друкованої плати, $h = 1,5 \text{ мм}$

$$C = \frac{0,009 \cdot \varepsilon \cdot S_m}{h} = \frac{0,009 \cdot 4,5 \cdot 1713}{1,5} = 206 \text{ нФ}$$

$$P_{\text{пот}} = 2\pi f \cdot C \cdot E_{\text{п}}^2 \cdot \text{tg}\sigma = 2 \cdot 3,14 \cdot 1 \cdot 206 \cdot 5^2 \cdot 0,002 = 64,68 \text{ мкВт}$$

3. Визначимо ємність між двома сусідніми провідниками, що розташовані на одній стороні друкованої плати та мають однакову ширину:

Наявність ізоляційної основи з великим значенням діелектричної проникності є причиною виникнення великих паразитних ємностей зв'язку і власної ємності провідника.

Величина паразитної ємності (пФ) між двома провідниками визначається за формулою:

$$C = 0,12 \cdot \varepsilon \cdot l_{\text{пр}} \left[\lg \frac{2S}{b_{\text{пр}} + t_{\text{пр}}} \right]^{-1},$$

де: S - відстань між двома паралельними провідниками, мм

$b_{\text{пр}}$ - ширина друкованого провідника, мм

$t_{\text{пр}}$ - товщина друкованого провідника, мм

$l_{\text{пр}}$ - довжина взаємного перекриття двох паралельних провідників, мм

$$C = 0,12 \cdot \varepsilon \cdot l_{\text{пр}} \left[\lg \frac{2S}{b_{\text{пр}} + t_{\text{пр}}} \right]^{-1} = 0,12 \cdot 4,5 \cdot 32 \left[\lg \frac{2 \cdot 0,5}{0,35 + 0,0965} \right]^{-1} = 49,5 \text{ пФ}$$

4. Взаємна індуктивність двох паралельних друкованих провідників однакової довжини:

$$M = 0,02 \left(l_{\text{пр}} \cdot \lg \frac{\sqrt{l_{\text{пр}}^2 + L_0^2} + l_{\text{пр}}}{L_0} - \sqrt{l_{\text{пр}}^2 + L_0^2} + L_0 \right),$$

де: $l_{\text{пр}}$ - довжина перекриття паралельних провідників, см

L_0 - відстань між вісьовими лініями двох паралельних провідників, см

$$\begin{aligned} M &= 0,02 \left(l_{\text{пр}} \cdot \lg \frac{\sqrt{l_{\text{пр}}^2 + L_0^2} + l_{\text{пр}}}{L_0} - \sqrt{l_{\text{пр}}^2 + L_0^2} + L_0 \right) \\ &= 0,02 \left(3,2 * \lg \frac{\sqrt{3,2^2 + 0,074^2} + 3,2}{0,074} - \sqrt{3,2^2 + 0,074^2} + 0,074 \right) \\ &= 0,062 \text{ нГн} \end{aligned}$$

Отримані значення паразитної ємності ($C = 49,5$ пФ) та взаємної індуктивності ($M = 0,062$ нГн) дозволяють стверджувати, що на працездатність схеми вони не впливають.

Висновок

При виконанні електричного розрахунку друкованої плати були враховані фактори, пов'язані з реальною конструкцією. В результаті чого було визначено падіння напруги на найдовшому друкованому провіднику, потужності втрат двосторонньої друкованої плати, ємності між двома сусідніми провідниками, взаємну індуктивність двох паралельних провідників однакової довжини.