

## Розрахунок основних показників надійності друкованого вузлу

Надійність друкованого вузлу визначається надійністю всіх елементів, що встановлюються на ДП, власне самою ДП та пайкою елементів. Відмова одного чи декількох елементів веде до відмови всієї складної ЕОА, при чому ці елементи фактично є невідновлюваними.

В загальному об'єкти можуть знаходитись у двох станах: в працездатному та непрацездатному. Працездатним називається такий стан об'єкта, при якому він здатний виконувати задані функції з параметрами, які встановлені вимогами технічної документації. Подія, яка характеризується порушенням працездатності об'єкта, називається відмовою.

Всі вироби поділяються на відновлювальні і невідновлювальні. Відновлювальні – такі вироби, працездатність яких у випадку виникнення відмови підлягають відновленню. У невідновлюваних виробів відмови не усуваються.

Найбільш точна кількісна міра надійності кожного конструктивного елементу – його індивідуальне напрацювання до моменту виникнення відмови.

На практиці ж достатньо повна характеристика надійності - щільність розподілення часу безвідмовної роботи даного типу КЕ  $f(t)$  та інтенсивність відмов  $\lambda(t)$ . Функції  $f(t)$  та  $\lambda(t)$  визначаються експериментально. При цьому період нормальної експлуатації для ІС характеризується високою надійністю.

Тоді величини  $f(t)$  та  $\lambda(t)$  зв'язані відношенням:

$$f(t) = \lambda^{-\lambda t}$$

Знаючи  $f(t)$  та  $\lambda(t)$ , можна визначити інші кількісні характеристики надійності протягом часу від 0 до  $t$ :

$$Q(t) = 1 - P(t) = 1 - e^{-\lambda t}$$

Важлива характеристика надійності - середній час безвідмовної роботи, визначається:

$$T = \frac{1}{\lambda}$$

Інтенсивність відмов ЕРЕ є їх вихідною характеристикою надійності, залежить від режиму роботи та степені тяжкості таких зовнішніх впливів, як температура, тепловий удар, вологість, вібрації і т.д.

Тоді можна записати:

$$\lambda_e = \lambda_{0e} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot \dots \cdot K_n$$

де  $\lambda_{0e}$  - інтенсивність відмов елементу при нормальних умовах роботи температура навколишнього середовища –  $T_{\text{навк.серед}} = 20 \pm 5$  °С, відносна вологість -  $65 \pm 15\%$ , коефіцієнт електричного навантаження  $K_n = 1$ ,

$K_1, K_2, \dots, K_n$  - поправочні коефіцієнти, що враховують режими роботи та умови експлуатації.

Для врахування впливу режиму роботи на інтенсивність відмов ЕОА вводять коефіцієнт навантаження  $K_n = \frac{H_{\text{роб}}}{H_{\text{ном}}}$ , що дорівнює відношенню навантаження в робочому режимі до навантаження в номінальному режимі.

Коефіцієнт навантаження для **резисторів**:

$$K_{HR} = \frac{P_{\text{роб}}}{P_{\text{ном}}} = \frac{U_{\text{роб}}^2}{R \cdot P_{\text{ном}}}$$

Розрахуємо відповідне значення коефіцієнту для резистору R4:

$$K_{H_R} = \frac{5^2}{39 \cdot 10^3 \cdot 0,125} = 0,0051$$

Для всіх інших резисторів розрахунок проводиться аналогічно, дані занесено до Таблиці 1.

*Таблиця 1. Значення коефіцієнта навантаження для всіх резисторів*

Позначення	Кількість	R	P <sub>ном</sub>	U <sub>роб</sub>	K <sub>H<sub>R</sub></sub>
R1	1	390 кОм	0,125 Вт	5 В	0,00051
R2	1	433,5 кОм			0,00046
R3	1	76,5 кОм			0,0026
R4	1	39 кОм			0,0051
R5, R8 – R10	4	100 кОм			0,002
R6, R7	2	82 кОм			0,0024

Виділене значення приймемо за максимально можливий коефіцієнт навантаження для кожного резистору для розрахунку найгіршого випадку.

Коефіцієнт навантаження для **керамічних конденсаторів**:

Для конденсаторів коефіцієнт навантаження визначається по напрузі.

Розраховуємо найгірший випадок для конденсаторів:

$$K_{H_C} = \frac{U_{роб}}{U_{ном}} = \frac{5}{50} = 0,1$$

Коефіцієнт навантаження **діодів** (за струмом):

В нашому випадку розрахуємо  $K_n$  для діодів за струмом, оскільки струми, за яких працюють ці елементи, значно ближчі до максимальних значень (146 мА до 1 А), ніж у випадку напруги, тому вибираємо гірший випадок:

$$K_{nD} = \frac{146 \cdot 10^{-3}}{1} = 0,146$$

Коефіцієнт навантаження для **транзисторів** (за струмом):

В нашому випадку максимальний струм через транзистори в схемі буде рівний 146 мА, а номінальний струм транзисторів 1 А.

Оскільки напруга на транзисторі буде всього 5 В, то потужність розсіювальна транзисторами буде малою, тому визначаємо  $K_{nT}$  через струми:

$$K_{nT} = \frac{146 \cdot 10^{-3}}{1} = 0,146$$

Коефіцієнт навантаження для всіх інших елементів виберемо рівним 1 для розрахунку найгіршого випадку.

Визначимо результуючу інтенсивність відмов друкованого вузлу блоку індикації рівня гучності. Друкований вузол відноситься до наземної переносної апаратури, експлуатується при  $T_p = 40^\circ\text{C}$ , інші умови експлуатації номінальні.

Найбільш поширеним кількісним показником надійності є інтенсивність відмов  $\lambda$  - тобто умовна ймовірність виникнення відмов в системі в деякий момент часу напруцювання при умові, що до цього моменту відмов у системі не було.

Вихідні дані для розрахунку  $\lambda_p$  (результуюча інтенсивність відмов) – схема принципова, перелік елементів, часова діаграма та інтенсивність відмов

“компонентів надійності” від температурних впливів. По картам робочих режимів визначаємо коефіцієнти навантаження, температурні коефіцієнти ІС та інших ЕРЕ, підраховуємо кількість всіх елементів. Вихідні дані для визначення  $\lambda_p$  зведені до Таблиці 2.

*Таблиця 2. Дані для розрахунку інтенсивності відмов*

Компонент	$N$	$\lambda_{0e} \cdot 10^{-6}, \text{ год}^{-1}$	$K_H$	$a_t$	$a_e$	$N\lambda_{0e}K_Ha_t a_e \cdot 10^{-6}$
Резистори	10	0,044	0,0051	0,2	15	0,0067
Керамічні конденсатори	3	0,022	0,2	0,4		0,079
Діоди	7	0,025	0,146	0,9		0,344
Транзистори	1	0,044	0,146	0,9		0,173
Мікросхеми	15	0,025	1	1,2		6,75
Друкована плата	2	0,001	1	1		0,03
Мет. отвори	84	0,000017	1	1		0,021
Контакт роз'єму	6	0,015	1	1		1,35
Пайка виводу	267	0,000069	1	1		0,28
	Сумарна інтенсивність відмов друкованого вузлу					9,034

В таблиці:  $a_e$  - поправочний коефіцієнт щодо зовнішніх впливів (для наземної стаціонарної апаратури  $a_e = 15$ ),  $a_t$  поправочний температурний коефіцієнт, відповідні дані взято з довідкових матеріалів.

Показники інтенсивності відмов елементів, що наведені в таблиці, дещо завищені, що дозволяє виконати розрахунок для “найгіршого” випадку.

Результуюча інтенсивність відмов дорівнює сумі інтенсивностей відмов компонентів:

$$\lambda_p = \sum_{i=1}^n \lambda_{pi} = 9,034 \cdot 10^{-6} \text{год}^{-1}$$

Середній час напрацювання до першої відмови:

$$T_{cp} = \frac{1}{\lambda_p} \approx 110000 \text{ год}$$

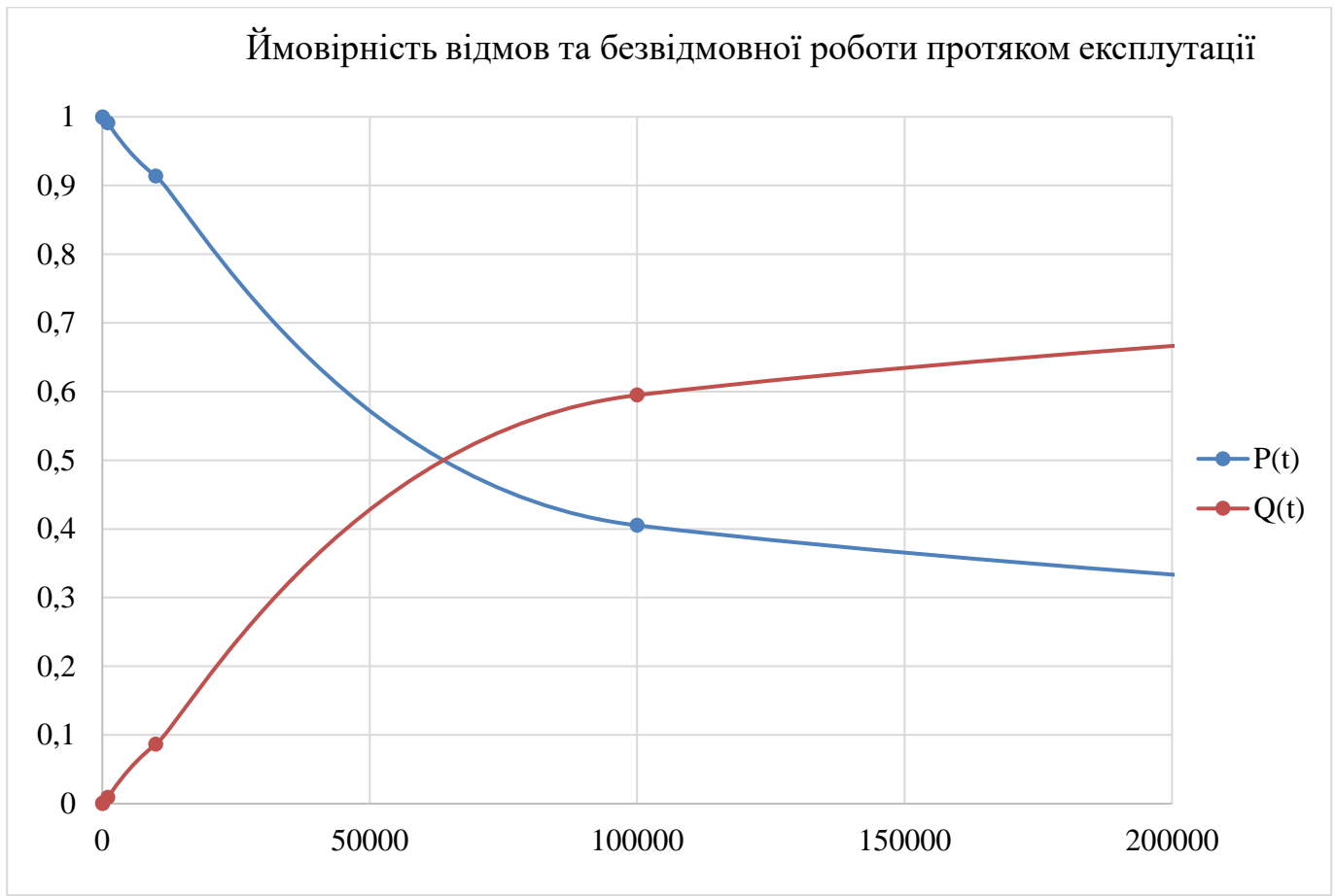
Ймовірність безвідмовної роботи протягом року:

$$P(t) = e^{-\lambda_p t} = e^{-9,034 \cdot 10^{-6} \cdot 8760} = 0,92$$

Ймовірність відмов протягом року:

$$Q(t) = 1 - P(t) = 1 - 0,92 = 0,08$$

Графіки ймовірностей відмов і безвідмовної роботи протягом експлуатації наведені на Рис.1.



*Рис.1 Графік залежності  $P(t)$  та  $Q(t)$  від часу*

### **Висновок**

В цьому розділі було розраховано напрацювання на відмову для розроблюваного приладу. Отриманий результат (~110000 год) задовольняє вимогам ТЗ. Висока надійність приладу досягається за рахунок використання інтегральних схем, оскільки їх рівень інтеграції такий, що забезпечує дуже малу інтенсивність відмов.