

## Розрахунок основних показників надійності друкованого вузлу.

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 на протязі часу від 0 до  $t$

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

Важлива характеристика надійності - середній час безвідмовної роботи визначається

$$T_{cp} = \frac{1}{\lambda}$$

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 -  $T_{\text{навк.серед}} = 20 \pm 5^\circ \text{C}$ , 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 навантаженню в робочому режимі до навантаження в номінальному режимі.

Коефіцієнт навантаження для резисторів

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

$$K_{H_R} = \frac{169}{10000 \cdot 0.125} = 0.135$$

для конденсаторів

$$K_{H_C} = \frac{U_{\text{роб}}}{U_{\text{ном}}} = \frac{13}{16} = 0.813$$

для стабілітронів

$$K_{H_{VD}} = \frac{I_{\text{роб}}}{I_{\text{ном}}} = \frac{83.87}{200} = 0.419$$

для транзисторів за струмом ( $K_{H_I}$ ) та за потужністю ( $K_{H_P}$ )

$$K_{H_1} = \frac{83.86}{100} = 0.839, \quad K_{H_p} = \frac{0.175}{0.2} = 0.875$$

Таким чином, коефіцієнт навантаження  $K_H$  для транзистора приймаємо рівним 0.875 ( для “найгіршого” випадку).

Визначемо результуючу інтенсивність відмов друкованого вузлу формувача величини напруги. Друкований вузол відноситься до наземної апаратури, експлуатується при  $T_p = 60^\circ C$ , інші умови експлуатації нормальні. Вихідні дані для розрахунку  $\lambda_p$  - 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.

Компонент	N	$\lambda_{0e} \cdot 10^{-7}, \text{год}^{-1}$	$K_H$	$a_t$	$a_e$	$N\lambda_{0e}K_Ha_t a_e \cdot 10^{-7}$
Конденсатор	4	0,5	0,813	0,4	10	6,48
Резистор	12	0,02	0,135	0,15	10	0,049
Стабілітрон	3	0,15	0,419	0,78	10	1,47
Транзистор	2	0,15	0,875	0,85	10	2,231
ІС	8	1	1	1	10	80
Друкована плата	2	1	1	1	10	20
Контакт роз'єму	20	0,2	1	1	10	40
Пайка виводу	140	0,005	1	1	10	7
сумарна інтенсивність відмов друкованого вузлу						157,23

В таблиці:  $a_e$  - поправочний коефіцієнт щодо зовнішніх впливів (для наземної стаціонарної апаратури  $a_e = 10$ ),  $a_t$  - поправочний температурний коефіцієнт (визначається по діаграмам - див лекції; Савельєв, Овчінніков Конструювання ЕОМ та систем).

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:

$$\lambda_p = \sum_{i=1}^n \lambda_{pi} = 157.23 \cdot 10^{-7} \text{ год}^{-1}$$

Середній час напрацювання до першої відмови:

$$T_{cp} = \frac{1}{\lambda_p} = \frac{1}{157.23 \cdot 10^{-7}} \approx 63601.1 \text{ год}$$

Ймовірність безвідмовної роботи на протязі року:

$$P = e^{-\lambda_p t} = e^{-157.23 \cdot 10^{-7} \cdot 8760} = 0.871$$

Ймовірність відмов на протязі року:

$$Q(t) = 1 - 0.871 = 0.1287$$

Графік залежності безвідмовної роботи ДВ та ймовірність відмов ДВ від часу представлені на наступних графіках

