

УДК 621.326

Прохоровський О. - ст. гр. РН-41, Дубиняк Т. канд. техн. наук, доц.
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

ОЦІНКИ НАДІЙНОСТІ РОБОТИ ПРИСТРОЮ ЗА ХАРАКТЕРИСТИКАМИ НАДІЙНОСТІ ЙОГО ОКРЕМИХ ВУЗЛІВ

Науковий керівник: канд. техн. наук, доц. Яворська М.І.

Prohorovskiy O., Dubyniak T. Ph.D, Assoc.Prof.
Ternopil Ivan Puluj National Technical University

ESTIMATES OF THE RELIABILITY OF THE DEVICE'S OPERATION BASED ON THE RELIABILITY CHARACTERISTICS OF ITS INDIVIDUAL NODES

Supervisor: Yavorska M. Ph.D, Assoc.Prof.,

Ключові слова: надійність, закон розподілу, модель
Keywords: reliability, law of distribution, model

Від моніторингу рівня надійності як окремих вузлів, так і пристрою в цілому, залежатиме ефективність його експлуатації та обслуговування. Тому важливо покладатися на ефективну систему діагностування. Математичним апаратом розрахунку надійності в даному випадку є метод диференціальних рівнянь, який можна застосовувати лише для експоненційного закону розподілу напрацювання до відмови та часу відновлення, що в більшості випадків характерно для періоду життєвого циклу апаратури.

Диференціальні рівняння складаються на основі наступних правил: взаємодію між компонентами пристрою відображаємо у логічній моделі у вигляді схеми станів, що представляє собою орієнтований граф, кожна вершина якого відповідає певному стану системи, а ребра - можливим напрямом переходів із стану в стан. Як, наприклад показано на рис.1, для випадку, коли у функціонуванні складових пристрою можна виділити три різні стани взаємодії (перемикання).

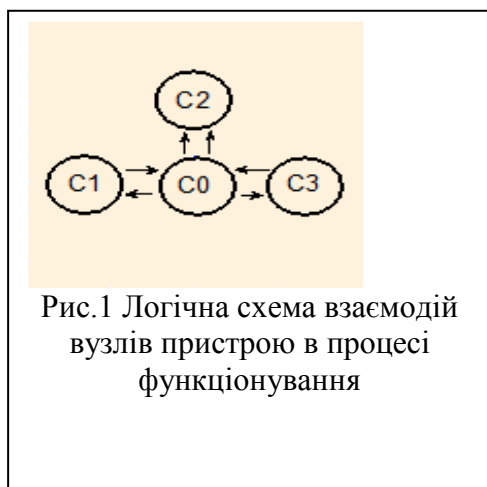


Рис.1 Логічна схема взаємодій вузлів пристрою в процесі функціонування

Диференціальне рівняння формуємо за наступними правилами:

- в лівій частині кожного рівняння стоїть похідна по часу від ймовірності знаходження системи в j -му стані в момент часу t ;
- кількість доданків в правій частині дорівнює кількості зв'язків, що впливають на даний стан;
- кожний такий доданок рівний добутку інтенсивності переходу на ймовірність вихідного стану (того, з якого виходить стрілка у діаграмі зв'язків на рис. 1);
- знак добутку додатній, якщо стрілка входить в стан, що розглядається, і від'ємний,

якщо виходить з нього;

- кількість рівнянь дорівнює кількості станів системи.

Диференційне рівняння для довільної вершини логічної моделі, в яку пристрій може прийти із m вершин і із якої може пізніше переходити в одну із n вершин записується як:

$$\frac{dP_i(t)}{dt} = \sum_{j=1}^m \Lambda_{ji} P_j(t) - P_i(t) \sum_{z=1}^n \Lambda_{iz}$$

і доповнюється умовою:

$$\sum_{j=0}^m P_j(t) = 1,$$

де $P_j(t)$ – ймовірність знаходження системи в j -му стані; $(m+1)$ – кількість можливих станів системи.

У результаті розв'язання системи диференціальних рівнянь отримаємо ймовірності знаходження пристрою в кожному із станів логічної схеми. Функція готовності, обчислюється як сума ймовірностей знаходження пристрою в усіх n робото-здатних станах:

$$K_T(t) = \sum_{j=1}^n P_j(t),$$

Функція простою визначається, як:

$$K_T(t) = 1 - K_r(t).$$

Для знаходження коефіцієнта готовності або простою необхідно розглянути режим експлуатації при $t \rightarrow \infty$, в цьому випадку всі похідні будуть рівні нулю і система диференціальних рівнянь перетвориться в систему алгебраїчних рівнянь.

Так для пристрою, логічна схема спрацювання вузлів зображена на рис.1, отримаємо:

$$\frac{dP_0}{dt} = l \frac{dP_0}{dt} - m \frac{dP_1}{dt} - m \frac{dP_2}{dt} - m \frac{dP_3}{dt}$$

$$\frac{dP_1}{dt} = l \frac{dP_0}{dt} - m \frac{dP_1}{dt}$$

$$\frac{dP_0}{dt} = l \frac{dP_0}{dt} - m \frac{dP_2}{dt}$$

$$\frac{dP_0}{dt} = l \frac{dP_0}{dt} - m \frac{dP_3}{dt}$$

Коефіцієнти безвідмовного напрацювання та інтенсивності відмови l і m в даній системі диференціальних рівнянь є величинами оберненими до середнього часу безвідмовної роботи $T_{всер}$ та середнього часу простою конкретної ланки $T_{fсер}$:

$$l = 1/T_{всер}, m = 1/T_{fсер}.$$

значення яких можемо оцінити у тестовому випробуванні за даними журналу спостережень.

На рис. 2 приведено динаміку зміни ймовірності безвідмовного функціонування пристрою (P_0), а на рис.3 – зміни ймовірностей безвідмовного функціонування окремих вузлів (P_1, P_2, P_3) в залежності від часу експлуатації за конкретних показників надійності і початкових станів підсистем.

ПЗ для обчислення і візуалізації відносно P_0 (розв'язування системи диференціальних рівнянь в середовищі MATLAB).

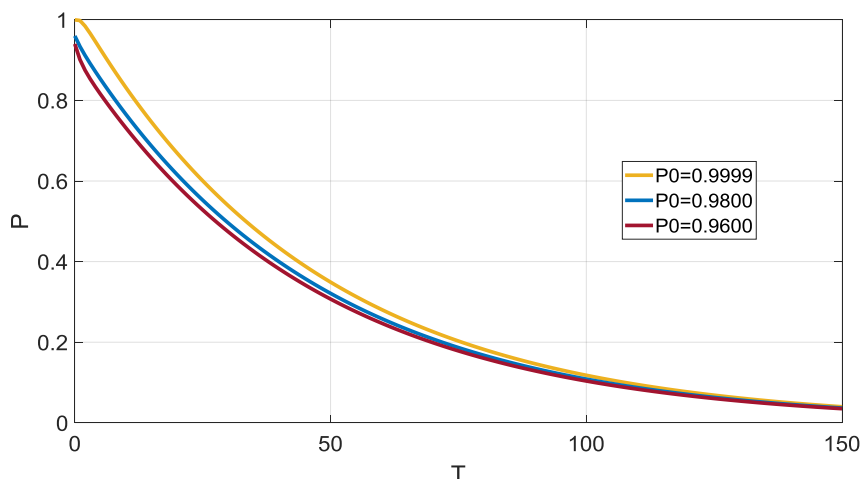


Рис.2 Імовірності безвідмовної роботи пристрою за різних початкових оцінок P_{00} , P_{10} , P_{20} , P_{30} .

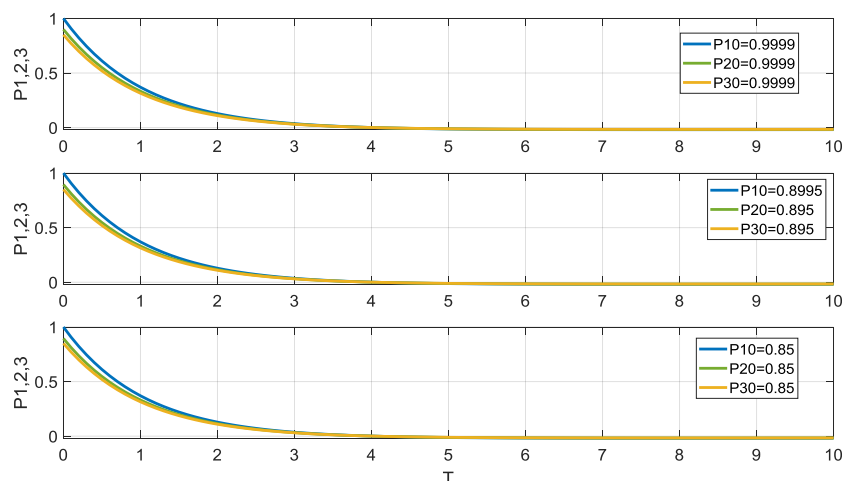


Рис.3 Імовірності відмови в окремих вузлах за різних початкових оцінок P_{00} , P_{10} , P_{20} , P_{30} .

ПЗ для обчислення і візуалізації відносно P_1 , P_2 , P_3 (розв'язування системи диференціальних рівнянь в середовищі MATLAB).

Висновок

У результаті розрахунку надійності проектного пристрою визначено, що він є достатньо надійним, а саме середнє напрацювання до відмови становить 29562 год. Складено зведену таблицю, з переліком елементів проектного пристрою та їх властивостями надійності, та отримано графіки залежності імовірності безвідмовної роботи від часу.

Література

1. Основи надійності та діагностики інформаційних систем. Навчальний посібник підготовлено для самостійної роботи студентів та аспірантів вищих навчальних закладів. Київ: ННІТ ДУТ, 2020. – 184 с.
2. Нормування показників надійності технічних засобів : навчальний посібник / О. М. Васілевський, О. Г. Ігнатенко. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 160 с