

УДК 621.395

**ДОСЛІДЖЕННЯ ІМОВІРНОСТІ БЕЗВІДМОВНОЇ РОБОТИ
ЕЛЕМЕНТА ВІДОМЧОЇ ЦИФРОВОЇ
ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНОЇ МЕРЕЖІ****Фещенко А.Б.**, кандидат технічних наук, доцент,
Закора О.В., кандидат технічних наук, доцент
Національний університет цивільного захисту України

Підвищення оперативності та якості прийняття рішень при організації ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій, аварій, катастроф, стихійного лиха, гасіння пожеж, рятування людей у підрозділах ДСНС України обумовлює використання новітніх комп'ютерних технологій, відомчої цифрової телекомунікаційної мережі (ВЦТМ), програмно-апаратного комплексу (ПАК) для забезпечення роботи системи оперативно-диспетчерського управління (СОДУ) силами та засобами ДСНС України.

Надійність роботи радіоелектронної апаратури (РЕА) ВЦТМ визначається імовірністю безвідмовної роботи та коефіцієнтом готовності, які залежить від інтенсивності відмов та відновлення елементів РЕА.

В режимі пікового навантаження під впливом електричних перевантажень зростає інтенсивність відмов, що може приводити до тривалих затримок в роботі РЕА ВЦТМ. Тому актуальною науково-технічною проблемою є попередження аварійних станів ВЦТМ під час експлуатації в умовах надзвичайної ситуації (НС).

Мета даної роботи полягає в розробленні імовірнісної моделі елементарного фрагменту ВЦТМ СОДУ враховуючий показники безвідмовності та ремонтпридатності для проектування, впровадження, та експлуатації її в умовах НС.

Для досягнення мети роботи потрібно і вирішити наступні завдання дослідження:

- розробити імовірнісну модель елемента інформаційно-телекомунікаційної мережі та оцінити його надійність;
- дослідити вплив структури елементарного фрагменту інформаційно-телекомунікаційних мережі на його надійність.

Для знаходження імовірності безвідмовної роботи елемента ВЦТМ У p_i випадковий процес передбачається простішим марковським за законом розподілу Пуассону. Якщо процес, що протікає в системі з дискретними станами й безперервним часом, є, то для ймовірностей $P_i(t)$ можливих станів ($i = 1, 2, 3, \dots, n$) цієї системи можна скласти систему лінійних диференціальних рівнянь Колмогорова [1].

Розглянемо розмічений граф станів відновлюваного елемента ВЦТМ без резервування, який використовується СОДУ. Структура цього графа показана на рис. 1.

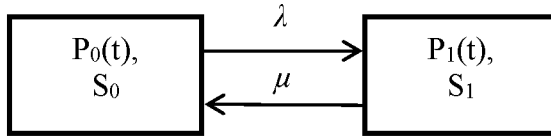


Рисунок 1 – Граф станів відновлюваного елемента ВЦТМ без резервування

На рисунку 1 – прийняті наступні умовні позначки:

S_0 - елемент ВЦТМ перебуває в працездатному стані (у початковий момент до відмови або ж відразу після завершення відновлення);

S_1 - елемент ВЦТМ втратило працездатність і починається його відновлення;

$P_0(t)$ і $P_1(t)$ - імовірності знаходження елемента ВЦТМ у станах відповідно S_0 і S_1 .

$\lambda = \frac{1}{T_o}$ - інтенсивність потоку відмов ТС, що переводять його зі

стану S_0 у стан S_1 .

T_o - середній час безвідмовної роботи (наробітку на відмову) елемента ВЦТМ;

$\mu = \frac{1}{T_e}$ - інтенсивність відновлення елемента ВЦТМ, що переводить

його зі стану S_1 у стан S_0 ;

де: T_e - середній час відновлення елемента ВЦТМ.

З обліком викладеного й графа станів, представленого на рис. 1, система лінійних диференціальних рівнянь Колмогорова має вигляд:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dP_0(t)}{dt} &= -\lambda P_0(t) + \mu P_1(t) \\ \frac{dP_1(t)}{dt} &= \lambda P_0(t) - \mu P_1(t) \end{aligned} \right\}, \quad (1)$$

Скористуємось вирішенням системи лінійних диференціальних рівнянь, представлених в (1), при початкових умовах $P_0(0) = 1$ і $P_1(0) = 0$:

$$P_0(t) = \frac{\mu}{\lambda + \mu} + \frac{\lambda}{\lambda + \mu} \exp[-(\lambda + \mu)t], \quad (2)$$

де: $\beta = \lambda t = T_{\text{п}}/T_0$ - співвідношення типового періоду експлуатації $T_{\text{п}}$ (періоду профілактичних робіт, часу вимушеного простою РЕА ВЦТМ до часу наробітку на відмову T_0).

Перетворимо вираження (2) шляхом заміни змінних λ і μ на відносну величину $\gamma = \lambda/\mu$, до наступного виду

$$P_0(\gamma, \beta) = \frac{1}{\gamma + 1} + \frac{\gamma}{\gamma + 1} \exp\left[-\frac{(\gamma + 1)}{\gamma} \lambda t\right] = \frac{\left\{1 + \gamma \cdot \exp\left[-\frac{(\gamma + 1)}{\gamma} \beta\right]\right\}}{\gamma + 1}, \quad (3)$$

де: $\gamma = \lambda/\mu = T_{\text{в}}/T_0$ - співвідношення середнього часу відновлення $T_{\text{в}}$ елемента ВЦТМ СОДУ, що відмовив, до години наробітку на відмову T_0 ;

$\beta = \lambda t = T_{\text{п}}/T_0$ - співвідношення типового періоду експлуатації $T_{\text{п}}$ (періоду профілактичних робіт, часу вимушеного простою РЕА ВЦТМ через відсутність необхідних елементів заміни в одиночному комплекті запасних технічних засобів (ОК ЗТЗ) або періоду поповнення ОК ЗТЗ до часу наробітку на відмову T_0).

Тому проведемо математичне моделювання виявлення імовірності справного стану елемента ІТМ за обраною імовірнісною моделлю в залежності від експлуатаційних параметрів γ, β (3).

Розрахунки імовірності справного стану елемента СОДУ проведемо при різних значеннях співвідношень $\gamma = \lambda/\mu = T_{\text{в}}/T_0 = 0,05 \div 0,5$ і $\beta = \lambda t = T_{\text{п}}/T_0 = 0,05 \div 0,2$ та побудуємо графіки функції $P_0(\gamma, \beta)$.

Розв'язання поставленої у роботі задачі здійснювалося за допомогою методів математичного моделювання, геометричного проектування, оптимізації обчислювального процесу. Розрахунки графіків та обчислювальні експерименти проводились на базі AMD Athlon(tm) 64 X2 Dual Core Processor 4000+ з використанням математичного апарату системи прикладного математичного моделювання «MathCad» 14-ї версії.

Графіки функції $P_0(\gamma, \beta)$ поміщені на Рис. 2.

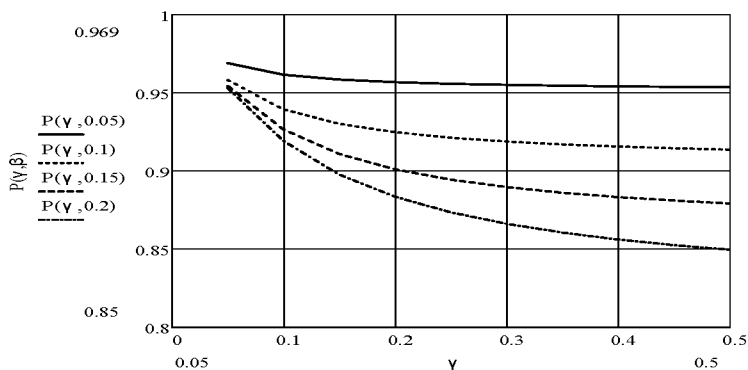


Рисунок 2 – Графік залежності імовірності безвідмовної роботи елемента ВЦТМ

В роботі отримана імовірнісна модель елемента ВЦТМ на основі графу переходів з двох станів (рис. 1), яка описується функцією двох відносних змінних для розрахунку та дослідження імовірності безвідмовної роботи елемента ВЦТМ.

Проведені оцінчні розрахунки для виявлення впливу показників безвідмовності та ремонтпридатності РЕА елементів ВЦТМ на показники надійності елемента фрагменту відомчої ВЦТМ при піковому навантаженні в умовах ліквідації наслідків НС.

Аналіз результатів оцінювання рівня надійності елементарного фрагменту ВЦТМ за виразом (3) з урахуванням можливих варіацій розрахунків надійності елементів ВЦТМ (Рис. 3), при типових вимогах до коефіцієнту готовності ВЦТМ і СОДУ не нижче 0,995 ймовірність безвідмовної роботи елементарного фрагменту ВЦТМ, оскільки знаходяться в межах 0,614 ÷ 0,9085 і не досягає відповідного рівня надійності. Тому для підвищення надійності потрібне застосування структурного резервування елементарних фрагментів ВЦТМ на етапі проектування ВЦТМ.

Рекомендована імовірність справного стану елемента ВЦТМ складатиме не нижче 0,96. На основі аналізу оцінчних розрахунків за формулою (3) слідє, що для забезпечення потрібного коефіцієнту готовності (імовірності безвідмовної роботи) ВЦТМ доцільним є введення двократного роздільного резервування елементарного фрагменту ВЦТМ, тобто з дублюванням в реальному часі.

Література

1. Фещенко А.Б. Розробка імовірнісної моделі елементарного фрагмента відомчої інформаційно-телекомунікаційної мережі. А.В. Загора, Л.В. Борисова // Проблеми надзвичайних ситуацій. Збірник наукових праць. НУЦЗ України. Вип. 31. – Х.: НУЦЗУ, 2020.- С.34-43 Режим доступу: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/11291>