

А.Б. Феценко, к.т.н., доцент, НУЦЗУ,

О.В. Загора, к.т.н., доцент, НУЦЗУ.

ОЦІНКА ІМОВІРНОСТІ БЕЗВІДМОВНОЇ РОБОТИ ЕЛЕМЕНТА ВІДОМЧОЇ ЦИФРОВОЇ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНОЇ МЕРЕЖІ

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 її елементів.

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

Для знаходження імовірності безвідмовної роботи елемента ВЦТМ 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. Структура цього графа показана на рис. 1.

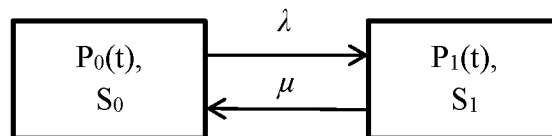


Рис. 1. Граф станів відновлюваного елемента ВЦТМ без резервування

На рис. 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 $P_1(0) = 0$:

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

$\beta = \lambda t = T_{\text{п}}/T_0$ - 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 .

Розрахунки функції $P_0(\gamma, \beta)$ поміщені на рис. 2.

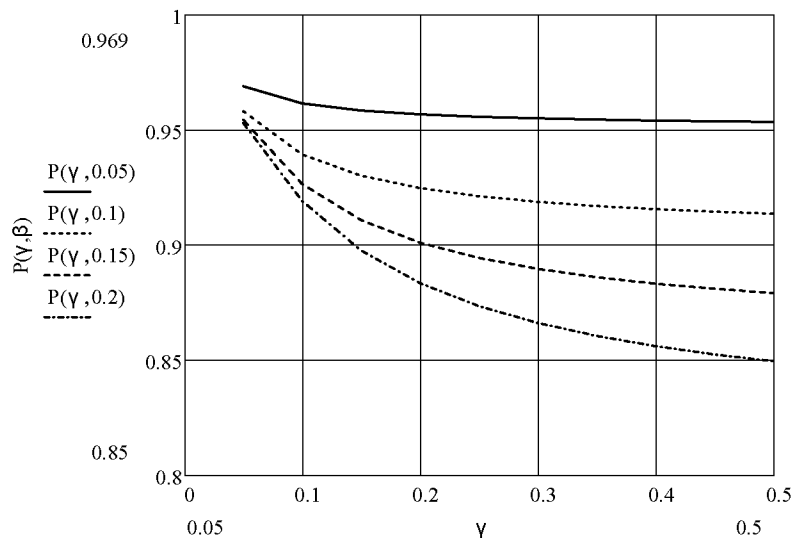


Рис. 2. Графік залежності імовірності безвідмовної роботи елемента ВЦТМ

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 оціночні 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 (рис. 2).

Аналіз результатів оцінювання рівня надійності елементарного фрагменту ВЦТМ за виразом (3) з урахуванням можливих варіацій розрахунків надійності елементів ВЦТМ (Рис. 2), при типових вимогах до коефіцієнту готовності ВЦТМ і СОДУ не нижче 0,995 ймовірність безвідмовної роботи елементарного фрагменту ВЦТМ, оскільки знаходяться в межах $0,614 \div 0,9085$ 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 оціночних розрахунків за формулою (3) слідує, що для забезпечення потрібного коефіцієнту готовності (імовірності безвідмовної роботи) ВЦТМ потрібне введення двократного роздільного резервування елементарного фрагменту ВЦТМ, тобто організація роботи 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://repositc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/11291>

A. Feshchenko, PhD, Associate Professor, Senior Lecturer of the Department

O. Zakora, PhD, Associate Professor, Lecturer of the Department

National University of Civil Defense of Ukraine, Kharkov, Ukraine

ASSESSMENT OF THE PROBABILITY OF FAILURE-FREE OPERATION OF AN ELEMENT OF THE DEPARTMENTAL DIGITAL TELECOMMUNICATION NETWORK

The analysis of working conditions of constituent elements, hierarchy of structure of departmental digital telecommunication network allows to consider it as set of standard fragments which are executed without reservation, and with repeated reservation of the central, regional, regional knots connected by communication channels for which block diagrams are developed. Reliability and probabilistic models taking into account the standardized operating parameters of these elements. It is shown that the required reliability of the telecommunication network is achieved by increasing the reliability of its elements and multiplicity of redundancy, with uncertain influence on the maintenance of equipment, so studies of the dependence of the probability of good condition of the redundancy of the corresponding network nodes and communication channels and are given in the form of analytical and graphic materials of statistical mathematical modeling. As a result of research it is established that in order to reduce the requirements for the reliability of the elements of a typical fragment of the departmental digital telecommunications network it is enough to use structural separate double redundancy of nodes of different hierarchies in the presence of triple redundancy.