

УДОСКОНАЛЕНИЙ МЕТОД ПОБУДОВИ МОДЕЛЕЙ ОЦІНКИ НАДІЙНОСТІ ОБ'ЄКТІВ ЕЛЕКТРОННОГО КОМУНІКАЦІЙНОГО ОБЛАДНАННЯ З КОМБІНОВАНИМ РЕЗЕРВОМ ЧАСУ

Тихонов М.В.

*Навчально-науковий інститут телекомунікаційних
систем КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна
E-mail: tichonov@ukr.net*

IMPROVED METHOD OF BUILDING MODELS FOR RELIABILITY ASSESSMENT OF ELECTRONIC COMMUNICATION EQUIPMENT OBJECTS WITH COMBINED TIME RESERVE

An improved method has been proposed that allows for the derivation of new analytical formulas to evaluate the key reliability indicators of a system with a combined time reserve, which enables the consideration of various types of failures and malfunctions of technical and software components of electronic communication equipment.

Аналіз, проведений у [1–3], показав, що в об'єктах електронного комунікаційного обладнання (ЕКО) можуть виникати відмови та збої як технічних, так і програмних засобів. У відповідності з ДСТУ [4], під збоєм будемо розуміти самоусуваючу відмову або одноразову відмову, що усувається незначним втручанням оператора. Зокрема, прикладом можуть бути збої програмного забезпечення, одні з яких не потребує перезавантаження ЕКО і мають тривалість, що не перевищує поповнюваний резерв часу t_d , при цьому об'єкт не припиняє нормальне функціонування. Інші збої вимагають перезавантаження ЕКО за участі оператора і для відновлення працездатності програмного забезпечення витрачається час, що перевищує допустиме значення t_d . У цьому випадку в момент витрачення поповнюваного резерву часу t_d виникає відмова об'єкта і закінчується його функціонування.

У подальшому викладенні збої та відмови будемо називати стійкими відмовами (або просто відмовами), якщо після закінчення поповнюваного резерву часу t_d на відновлення працездатності об'єкта витрачається деякий час.

Особливістю функціонування об'єктів з комбінованим резервом часу є те, що в них передбачені одночасно обмеження на час кожного ремонту об'єкта, а також на сумарний час простою в ремонті (при знецінюючих відмовах – і на повторення всієї або частини попереднього навантаження) до виконання завдання. Хоча в системі об'єкт – час резерв часу є єдиним, зручно при аналізі надійності вважати, що він складається з двох складових: поповнюваної t_d і непоповнюваної t_p [5].

Умови функціонування такої системи ОЧ при досягненні критичного

значення часу відновлення t_v об'єкта, тобто коли воно стає рівним однієї зі складових резерву часу, визначається взаємодією поповнюваної t_d і непоповнюваної t_p складових комбінованого резерву.

Сформулюємо вихідні передумови, обмеження та допущення, при яких будемо вирішувати задачу побудови моделей оцінки надійності об'єктів ЕКО з комбінованим резервом часу. Нехай в об'єкті виникають відмови та збої технічних та програмних засобів i типів ($i \geq 1$), які можуть призводити до затримки виконання завдання тривалістю $t_3 = \text{const}$. Позначимо через $F_i(t) = P\{t_{0i} < t\}$ і $F_{vi}(t) = P\{t_{vi} < t\}$ – функції розподілу відповідно напрацювання об'єкта до відмови t_{0i} і часу відновлення t_{vi} , $i \geq 1$. Неважко побачити, що напрацювання об'єкта до будь якої відмови – випадкова величина t_0 з функцією розподілу

$$F_0(t) = P\{t_0 < t\} = 1 - \prod_{i \geq 1} [1 - F_i(t)].$$

Будемо вважати, що напрацювання об'єкта до відмови t_{0i} і час відновлення працездатності t_{vi} при відмовах i -го типу ($i \geq 1$) – взаємо незалежні випадкові величини з відомими або заданими функціями розподілу, які мають кінцеві математичні очікування. Відносно поведінки об'єкта після відновлення працездатності приймемо наступні допущення: в момент закінчення ремонту об'єкт з ймовірністю p_i , $0 \leq p_i \leq 1$ продовжує виконувати завдання з урахуванням попереднього напрацювання (при незнецінюючій відмові) або ймовірністю $1 - p_i$ приступає до виконання завдання з самого початку після відновлення об'єкта (при знецінюючих відмовах). Внаслідок затримок, обумовлених виникненням та усуненням відмов, реальний час виконання завдання стає випадковою величиною T_{v3} з невідомою функцією розподілу.

В об'єкті використовується комбінований резерв часу (t_d, t_p) з заданими значеннями поповнюваної t_d і непоповнюваної t_p складових резерву. Взаємодія цих складових t_d і t_p здійснюється у відповідності з наведеною вище моделлю функціонування об'єкта при незнецінюючих і знецінюючих відмовах. Відмова (зрив функціонування) розглядаємої системи об'єкт – час (ОЧ) виникає при виконанні умови $T_{\text{нп}}(t_3) > t_p$ в момент витрачення непоповнюваної складової резерву часу $t_p = 0$ (тут $T_{\text{нп}}(t_3)$ – сумарний непродуктивний час).

При теоретичному дослідженні даної системи ОЧ приймемо наступні обмеження та допущення: контроль працездатності об'єкта повний, неперервний та достовірний, що дозволяє виявити відмови об'єкта будь-якого типу в момент їх виникнення; напрацювання між сусідніми відмовами розподілена за тим же законом $F(t)$, що і напрацювання до першої відмови; ремонт повністю відновлює вихідні властивості об'єкта і після його закінчення негайно відновлюється

виконання завдання; кількість відновлень працездатності в оперативному інтервалі часу не обмежується, при цьому час відновлення t_v не залежить від кількості відмов в минулому і розподіляється за законом $F_v(t)$ [6].

Для прийнятих вихідних умов необхідно отримати модель оцінки надійності – розрахункові співвідношення для основних показників надійності розглядаємої системи ОЧ з комбінованим резервом часу.

Алгоритм практичної реалізації даного методу включає в себе сукупність наступних основних взаємопов'язаних операцій: 1. Вибір та обґрунтування варіанту взаємодії поповнюваної t_d і непоповнюваної t_p складових комбінованого резерву часу в процесі функціонування системи ОЧ; 2. На першому етапі – дослідження моделі надійності об'єкта з поповнюваним резервом часу t_d при виконанні часового обмеження $t_v > t_d$ з метою обґрунтування умов, при яких напрацювання до відмови буде близька до експоненціального закону з параметром $\lambda_i^* = \lambda_i q_i$, $i \geq 1$, де $q_i = 1 - F_{vi}(t_d)$; 3. На другому етапі – побудова моделі функціонування об'єкта з непоповнюваним резервом часу t_p з метою перевірки часового обмеження $T_{нп}(t_3) > t_p$ і отримання наближених розрахункових формул для показників надійності системи ОЧ з комбінованим резервом часу.

Реалізація запропонованого методу дозволяє спростити отримання наукових результатів дослідження – нових розрахункових формул для основних показників надійності системи з комбінованим резервом часу і дає можливість сумісно враховувати різні типи відмов та збоїв технічних і програмних засобів ЕКО та параметри використовуваної надлишковості.

Література

1. Ahmad W. Formal reliability and failure analysis of ethernet based communication networks in a smart grid substation /W. Ahmad, O. Hasan, S. Tahar // Formal aspects of computing 32, January (2020): 71–111. DOI: 10.1007/s00165-019-00503-1.
2. Jin Y. Estimating Component Reliability Based on Failure Time Data from a System of Unknown Design. Statistica Sinica / Y. Jin, P. Hall, J. Jiang, F. Samaniego// Statistica Sinica. – 2017. – № 27. – P.479 – 499. DOI:http://dx.doi.org/10.5705/ss.202015.0209.
3. Zhu P. Reliability and Criticality Analysis of Communication Networks by Stochastic Computation/ P. Zhu, J. Han, Y. Guo, F. Lombardi // IEEE Network. – 2016. – №30, Iss. 6. – P. 70 – 76. DOI: https://doi.org/10.1109/mnet.2016.1500221nm.
4. ДСТУ 2860-94. Надійність техніки. Терміни та визначення. Держстандарт України [Електронний ресурс]. – http://www.ksv.biz.ua/publ/dstu/dstu_2860_94/3-1-0-1102.
5. Mogilevich D. Improved Estimates for the Reliability Indicators of Information and Communication Network Objects with Limited Source Information. / D. Mogilevich, I. Kononova // Springer Nature Switzerland (2019): 101-117. DOI: 10.1007/978-3-030-16770-7_5.
6. Mogylevych D. Analytical Model with Interruption of Service of Short-term Objects with Temporary Reservation/ D. Mogylevych, B. Kredentser, I. Kononova, V. Mohylevych // IT&I-2020 Information Technology and Interactions, December 02–03, 2020, CEUR-WS.org, online <http://ceur-ws.org/Vol-2845/>.