

УДК 004.052.2

Отрох С. І., к.т.н.; Кравченко В. І., аспірант, Голубенко О. І., аспірант  
Загряжська М. В., аспірант, Скрипник В. В., аспірант

### МЕТОДИКА ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ МЕРЕЖ МАЙБУТНЬОГО З ВИКОРИСТАННЯМ АЛГОРИТМУ ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОГО ЧИСЛА ОБ'ЄКТІВ РЕЗЕРВУВАННЯ

Otrokh S.I., Kravchenko V.I., Golubenko O. I., Zagryazhskaya M.V., Skrypnik V.V. Method of increasing the reliability of the future networks with use of the algorithm for determining the optimal number of reservation objects.

In connection with the emergence of new methods of access to information resources (multimedia, news, personal data, etc.), and also in connection with the development of future networks, operators, providers and other representatives of broadband access services should ensure reliable and trouble-free operation of their information systems and complexes. Based on this main requirement, each element of the network must have its own duplicate, and in the event of a failure of the main element (or subsystem) in the shortest possible line, enter the robot of the complex while ensuring a minimum delay in access to information by the user. The paper considers the main methods for ensuring the reliability of future systems and provides an algorithm for determining the optimal number of elements for reserving the most important subsystems of information complexes.

**Keywords:** information system, future network, system reliability, element reservation.

Отрох С.І., Кравченко В.І., Голубенко О.І., Загряжська М.В., Скрипник В.В. Методика підвищення надійності мереж майбутнього з використанням алгоритму визначення оптимального числа об'єктів резервування.

В статті розглянуті ключові моменти для побудови та експлуатації комплексів і систем мереж майбутнього. Постійний розвиток технологій і методів доступу до інформації в режимі онлайн змушує представників даних послуг постійно підтримувати свої мережі в справному стані використовуючи при цьому способи резервування мережевих елементів, а також систем в цілому.

**Ключові слова:** інформаційна система, мережа майбутнього, надійність системи, резервування елементів.

Отрох С.И., Кравченко В.И., Голубенко А.И., Загряжская М.В., Скрипник В.В. Методика повышения надежности сетей будущего с использованием алгоритма определения оптимального числа объектов резервирования.

В статье рассмотрены ключевые моменты для построения и эксплуатации комплексов и систем сетей будущего. Постоянное развитие технологий и методов доступа к информации в режиме онлайн вынуждает представителей данных услуг постоянно поддерживать свои сети в исправном состоянии используя при этом способы резервирования сетевых элементов, а также систем в целом.

**Ключевые слова:** информационная система, сеть будущего, надёжность системы, резервирование элементов.

#### Вступ

З розвитком технологій взаємодія користувача з гаджетами (смартфонами, планшетами та іншими мобільними пристроями) перейшла на новий, більш технологічний рівень. Сьогодні окрім основних можливостей пристрою, користувач може використовувати хмарні сховища, працювати з інформацією в режимі онлайн та використовувати свій гаджет в якості повноцінного комп'ютера, який підключено до мережі Інтернет.

В свою чергу оператор або провайдер який надає мережеві послуги користувачу повинен мати не тільки функціональне обладнання, але і забезпечити надійну роботу кожної підсистем в реальному режимі часу. У зв'язку з цим кожен елемент підсистеми повинен мати принаймні один дублюючий його резервний елемент, який в разі виходу зі строю основного замінить його.

© Отрох С.І., Кравченко В.І., Голубенко О.І., Загряжська М.В., Скрипник В.В., 2017

Так, система повинна мати не лише резервні елементи, але і підсистеми, а також систему контролю, яка в разі потреби буде автоматично переводити комплекс на роботу з резервними елементами або підсистемами.

Автоматичний перемикач загалом складається з трьох основних ланок: індикатора відмови, керуючого пристрою і комутатора (виконавчого пристрою).

Ланкою, що визначає конструкцію і надійність перемикача, є індикатор відмови. Він являє собою контрольно-вимірювальний пристрій, який повинен працювати спільно з резервованою системою і становити з нею єдине ціле. Сучасні контрольно-вимірювальні пристрої часто настільки ж складні, як і системи, роботу яких вони перевіряють.

Це відбувається через те, що контрольно-вимірювальний пристрій повинен перевіряти відповідність низки параметрів системи встановленим нормам. Особливо великі труднощі виникають під час створення індикаторів відмови в інформаційних ланцюгах. Якщо, наприклад, в математичних машинах, які здійснюють одні й ті ж обчислення, отримано різні відповіді, то часто буває важко відразу з'ясувати, яка з них є правильною. У таких випадках іноді застосовуються вибірні схеми.

### Виклад основного матеріалу дослідження

На рис. 1 зображено логічну схему системи з активним резервуванням в загальному вигляді.

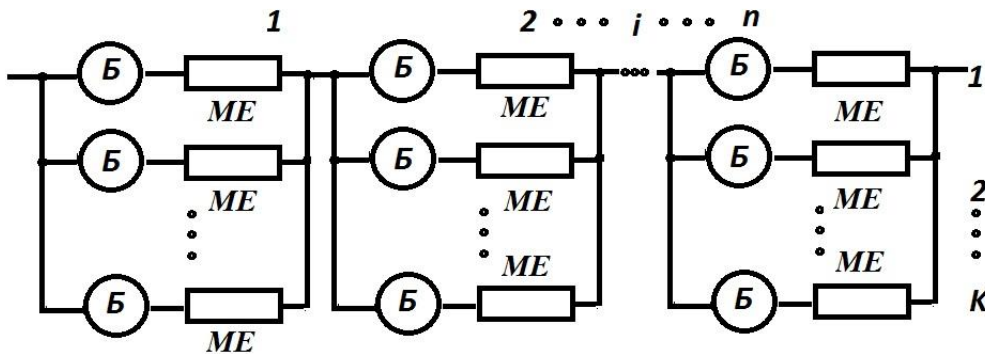


Рис. 1. Логічна схема системи з активним резервуванням:

$ME$  - основні та резервні мережеві елементи;  $B$  - ланцюги перемикача;  $n$  - кількість ланок резервування;  $k$  - кількість використовуваних комплектів пристроїв

Користуючись схемою, зображеною на рис. 1, легко написати в загальному вигляді функцію резервування системи з рівнонадійними ділянками активного резервування. Будемо вважати, що основні і резервні ланцюги знаходяться в однакових робочих умовах. Якщо нерезеровану основну систему умовно розбити на  $n$  рівно надійних ділянок, то ймовірність відмови  $q$  ділянки системи буде пов'язана з ймовірністю відмови  $Q_0$  всієї системи

наступним співвідношенням:  $1 - Q_0 = (1 - q)^n$ , звідки  $q = 1 - (1 - Q_0)^{\frac{1}{n}}$ .

Враховуючи це значення  $q$ , можна написати вираз для ймовірності відмови ділянки системи з ланцюгами перемикачі, що обслуговують цю ділянку:

$$q_e = \left[ 1 - (1 - q_{II})(1 - Q_0)^{\frac{1}{n}} \right], \quad (1)$$

де  $q_{II}$  - ймовірність відмови ланцюгів перемикача.

Згідно з формулою (1) ймовірність відмови  $q_{pe}$  резервованого вузла (ділянки основної системи спільно з резервними елементами).

$$q_{pв} = \left[ 1 - (1 - q_{п})(1 - Q_0)^{\frac{1}{n}} \right]^k.$$

Так як логічна модель резервованої системи складається з  $n$  послідовно з'єднаних резервованих вузлів, то ймовірність відмови усієї резервованої системи визначатиметься як:

$$R = \left\{ 1 - \left[ 1 - (1 - q_{п})(1 - Q_0)^{\frac{1}{n}} \right]^k \right\}^n. \quad (2)$$

При збільшенні кількості ділянок резервування ймовірність відмови ділянки весь час зменшується через зменшення кількості елементів в ній. Ймовірність відмови перемикача, що визначається кількістю і якістю застосовуваних деталей, коливається біля деякого середнього значення в залежності від функціональної схеми і вихідних даних ділянки резервування. Тому при великій кількості ділянок резервування може виявитися, що система виходить з ладу в основному через відмови перемикачів. Таким чином, існує оптимальна кількість ділянок резервування, за якої найбільш повно використовуються можливості резервованої системи, тобто ймовірність її відмови є мінімальною.

В загальному випадку надійність ділянок системи і обслуговуючих їх перемикачів може змінюватися від ділянки до ділянки. Разом з тим кількість ділянок резервування визначається не тільки з точки зору надійності, але і низкою конструктивних факторів, які часто можуть впливати на точність здійснення заздалегідь обчисленого числа ділянок резервування. Тому вважаємо за доцільне знаходити оптимальну кількість ділянок резервування наближено, вважаючи, що система ділиться на рівнонадійні ділянки резервування і надійність всіх перемикачів також є однаковою.

Число використовуваних комплектів апаратури зазвичай обмежується міркуваннями вартості, маси та об'єму. Таким чином, перше питання, з яким стикається проєктант резервованої системи, полягає в наступному: на скільки ділянок резервування потрібно розбити основну систему, що має ймовірність відмови  $Q_0$ , щоб отримати максимально надійну резервовану систему, якщо відомі ймовірність відмови перемикачів  $q_n$  і загальне число  $k$  елементів в вузлі.

На рис. 2 наведено залежність ймовірності відмови резервованої системи  $R$  від числа ділянок резервування  $n$  для  $k = 2$  і  $q_{п} = 0,01$ .

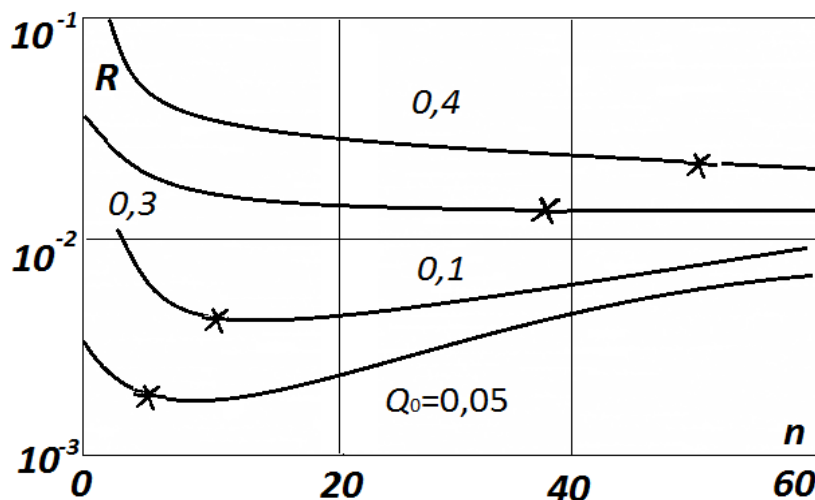


Рис. 2. Ймовірність відмови резервованої системи при різному числі ділянок резервування  $n$  для  $k = 2$  і  $q_{п} = 0,01$

Залежності різних  $R(n)$  для різних  $Q_0$  обчислено за формулою (2). Хрестиками відзначено точки, в яких функція  $R(n)$  має мінімум.

Розглянемо системи, у яких ймовірності відмови  $Q_0 \ll 1$  і  $q_{\Pi} \ll 1$  через невеликий час роботи системи.

Розіклавши праву частину виразу (2) в ряди за ступенями  $1/n$  та  $n$ , перемноживши вирази в круглих дужках і відкинувши члени вищих порядків малості, отримаємо:

$$R = n \left( q_{\Pi} + \frac{Q_0}{n} \right)^k. \quad (3)$$

Дослідимо виражену формулою (3) функцію на максимум і мінімум (вважаємо, що  $n$  є безперервною).

Рішення рівняння:

$$\frac{dR}{dn} = \left[ q_{\Pi} + \frac{Q_0}{n} \right]^k - \frac{Q_0 k}{n} \left[ q_{\Pi} + \frac{Q_0}{n} \right]^{k-1} = 0$$

дає значення  $n_1$ , при якому ймовірність відмови  $R$  резервованої системи є екстремальною:

$$n_1 = \frac{Q_0}{q_{\Pi}} (k - 1). \quad (4)$$

Підставляючи це значення  $n_1$ , в другу похідну  $d^2R/dn^2$ , можна переконатися, що в точці  $n_1$  функція  $R(n)$  що виражається формулою (3), має мінімум.

Таким чином, при малих значеннях  $q_{\Pi}$  і  $Q_0$  найменша ймовірність відмови резервованої системи, а отже, і найбільша ефективність резервування будуть при кількості ділянок резервування  $n_1$ , що визначається формулою (4). Значення  $n_1$  слід округляти до найближчого цілого числа.

Підставивши значення  $n_1$  з формули (4) в формулу (3), отримаємо вираз для мінімальної ймовірності відмови резервованої системи

$$R_{\text{мін}} = Q_0 q_{\Pi}^{k-1} \frac{k^k}{k-1}. \quad (5)$$

Формула (5) дозволяє оцінити ефективність резервування при заданих  $Q_0$ ,  $q_{\Pi}$ ,  $k$ .

При  $Q_0 \ll 1$  ймовірність відмови ділянки основної системи

$$q_{\Pi} \frac{Q_0}{n}.$$

Підставивши в цю формулу значення  $n_1$  згідно з (4), отримаємо для системи з оптимальною кількістю ділянок резервування:

$$q_{\Pi} = (k - 1)q. \quad (6)$$

Згідно зі співвідношенням (6) резервування становить найбільший ефект у випадку, коли ймовірність виходу з ладу перемикачів  $q_{\Pi}$  пропорційна ймовірності відмови ділянки схеми, що обслуговується цим перемикачем, а коефіцієнтом пропорційності є число надлишкових елементів  $k - 1$ .

Вище наведені розрахункові формули справедливі або для певного періоду напрацювання, або при дотриманні умови  $Q_0/q_{\Pi} = \text{const}$  для будь-якого періоду напрацювання резервованої системи. Якщо зазначену умову не дотримано, то обчислена за

формулою (4) оптимальна кількість ділянок резервування  $n_1$  може дещо змінюватися з накопиченням напрацювання системи. В цьому випадку знаходяться середні значення  $n_1$ . При виборі середнього значення слід враховувати, що при великому значенні відношення  $Q_0/q_{\pi}$  погрішність в значенні є несуттєвою, тому що при цьому функція  $R(n)$  є дуже пологою в області мінімуму.

Нижче приведено алгоритму роботи системи з активним резервуванням.

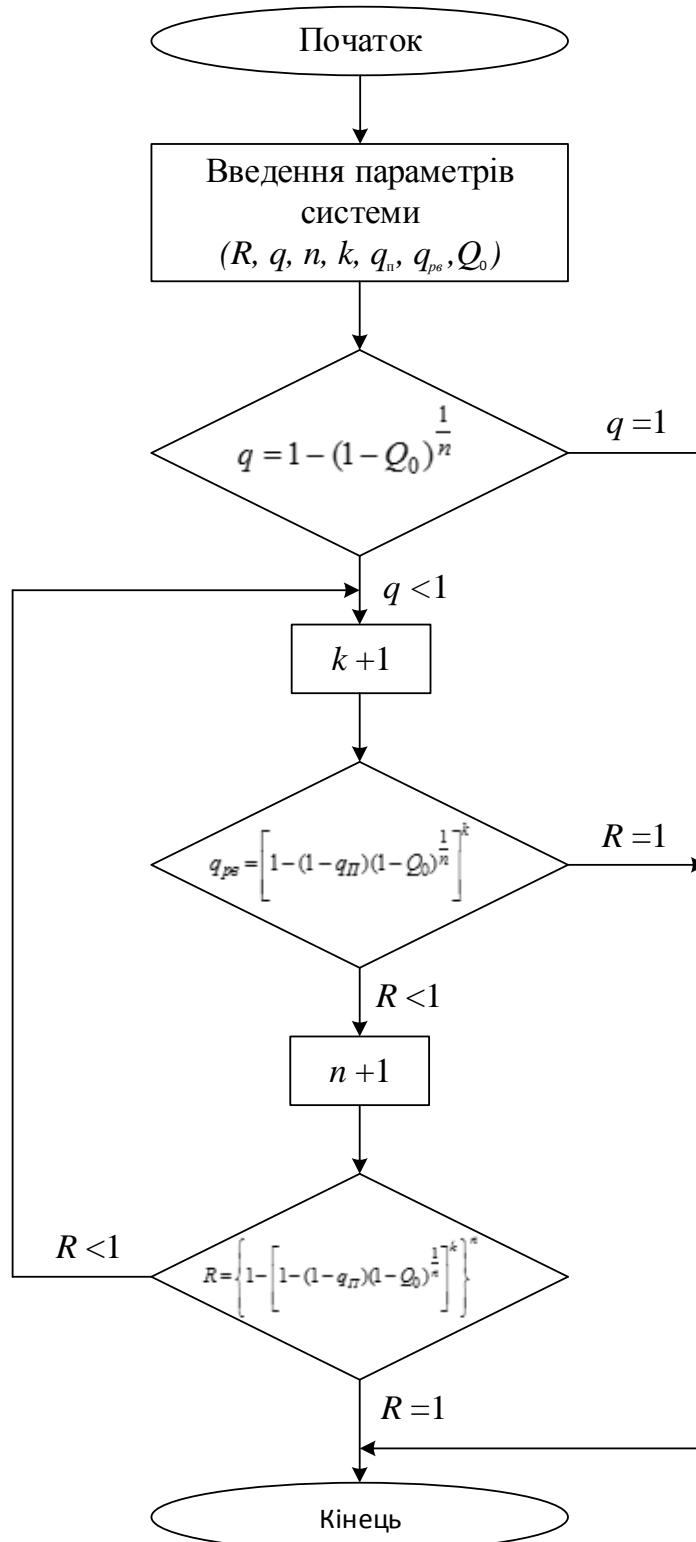


Рис. 3. Алгоритм роботи системи з активним резервуванням.

**Висновки**

Виходячи з основних вимог користувачів сучасний постачальник повинен підтримувати працездатність мережевого обладнання в постійному працездатному режимі, враховуючи коефіцієнти відмови кожного мережевого елемента та підсистеми взагалі.

Запропонований алгоритм дозволяє спроектувати потрібну за функціоналом систему виходячи з заданих вимог та вхідних параметрів. При побудові інформаційного комплексу слід враховувати не лише характеристики компонентів (ймовірність виходу зі строю та інші) але і їх кількість, а також кількість резервних підсистем.

**Список використаної літератури**

1. Гостев В.И. Системы автоматического управления с цифровыми регуляторами / В.И. Гостев, В.К. Стеклов. – К: Радиоаматор, - 1998. – 70 с.
2. Дружинин Г. В. Надёжность автоматизированных систем / Г. В. Дружинин. – Москва: Энергия, 1977. – 536 с.
3. Фомин Я.А. Теория выбросов случайных процессов / Я.А. Фомин – М.: Связь, 1980. – 216 с.

**Автори статті**

**Отрох Сергій Іванович** – кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри Мобільних та відеоінформаційних технологій, Державний університет телекомунікацій, Київ, Україна.

**Кравченко Владислав Ігорович** – аспірант, Державний університет телекомунікацій, Київ, Україна.

**Голубенко Олександр Іванович** – старший викладач кафедри Мобільних та відеоінформаційних технологій, Державний університет телекомунікацій, Київ, Україна.

**Загряжська Марія Вікторівна** - аспірант, Державний університет телекомунікацій, Київ, Україна.

**Скрипник Вікторія Володимирівна** - аспірант, Державний університет телекомунікацій, Київ, Україна.

**Authors of the article**

**Otroh Serhiy Ivanovych** – candidate of science (technic), head of the department of Mobile video and information technology, State University of Telecommunications, Kyiv, Ukraine.

**Kravchenko Vladislav Igorevich** - post-graduate student, State University of Telecommunications, Kyiv, Ukraine.

**Golubenko Alexander Ivanovich** - senior lecturer of the Department of Mobile and Video Information Technologies, State University of Telecommunications, Kyiv, Ukraine.

**Zagryazhskaya Maria Viktorivna** - post-graduate student, State University of Telecommunications, Kyiv, Ukraine.

**Skrypnik Viktoriya Vladimirovna** - post-graduate student, State University of Telecommunications, Kyiv, Ukraine.

Дата надходження в редакцію 02.11.2017

Рецензент: д.т.н., проф. Заїка В.Ф.