УДК 621.39

І.О. Прядко, В.В. Турупалов (Україна, м. Донецьк)

ОПТИМІЗАЦІЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНОЇ МЕРЕЖІ

Вибір показника надійності системи є конкретним завданням, рішення якого істотно залежить від характеру технічного об'єкта, його призначення й загальних вимог до процесу й результатів його функціонування.

Показники надійності залежно від рівня розглянутого об'єкта підрозділяють на оперативні й технічні.

Оперативні показники характеризують якість функціонування системи з погляду споживача.

Технічні показники потрібні для використання в подальших розрахунках або статистичних оцінках. Ці показники призначаються для підсистем. Наприклад, якщо дубльовану систему характеризувати коефіцієнтом готовності (оперативний показник), то кожний з резервних елементів зручніше характеризувати технічними показниками - розподілами наробітку й часу відновлення (або їхніми основними параметрами, наприклад математичними очікуваннями), оскільки саме вони дозволяють розрахувати показник надійності системи в цілому з урахуванням особливостей експлуатації й технічного обслуговування. Знання лише коефіцієнтів готовності елементів недостатньо при обмеженому відновленні. [1]

Вибір виду показників залежить в основному від загального призначення системи, але на нього може впливати також і ступінь відповідальності функцій, які виконуються системою.

Для одержання високих оперативних показників, що задовольняють споживача, необхідно підвищити рівень технічних показників і оптимізувати два важливих параметри - надійність і вартість системи.

При рішенні завдань резервування в телекомунікаційних системах зв'язку, виникає проблема не тільки забезпечити задані показники, але й зробити це як можна більш економічно, тобто з найменшими сумарними витратами на резервні елементи для системи в цілому.

На практиці виникають ситуації, у яких потрібно оптимізувати показник надійності телекомунікаційної системи в цілому, наприклад, розглянути показник ефективності системи, при цьому витрати на надлишкові елементи повинні також розглядатися й ураховуватися.

Мета роботи складається в пошуку алгоритма оптимального введення надмірності в системи з довільною структурою одразу за двома показниками, причому змінюючи ефективність і вартість кожного елемента системи оптимізується ефективність і вартість системи в цілому.

Розглянемо алгоритм оптимального введення надмірності в системи з довільною структурою, що складається з n елементів. Кожен i-й елемент може перебувати у двох станах:

1) стані працездатності, $S_i = 1$;
2) стані відмови, $S_i = 0$.

В фіксований момент часу система може перебувати в одному з 2^n різних станах $S = (S_1, S_2, ..., S_n)$, де S_i - приймають значення 0 або 1.

Показник ефективності складної системи E визначається за формулою:

$$E = \sum_S H_S \Phi_S, \qquad (1)$$

де H_S - імовірність S-го стану системи;

Φ_S - показник умовної ефективності системи в S-м стані, підсумовування виробляється по всіх індексах S.

Імовірність H_S може бути легко обчислена в припущенні незалежності окремих елементів:

$$H_S = \prod_{i=1}^{n} r_i^{S_i}(1 - r_i)^{1-S_i} \qquad (2)$$

де r_i - імовірність працездатного стану i-го елемента у фіксований момент часу.

Будемо розглядати систему, елементи якої можуть бути виконані в декількох різних варіантах.

Наприклад, i-й елемент може мати варіант $i_1, i_2 ... i_j, ...$. Кожен j-й варіант i-го елемента характеризується двома показникам: надійністю $r_i(i_j)$ і вартістю $c_i(i_j)$. Передбачається, що для кожного елемента варіанти утворюють опуклу нагору домінуючу послідовність.

Розглядається завдання оптимального розподілу наявної вартості між елементами системи для того, щоб домогтися максимального показника ефективності системи E.

Попередньо визначимо залежність показника E від надійності кожного з елементів системи.

Використовуючи формулу (2), формулу (1) можна привести до виду:

$$E = r_i\Big(\sum_{S^*} H_{S^*}(\Phi_{S^*,1} - \Phi_{S^*,0}) + \sum_{S^*} H_{S^*}\Phi_{S^*,0}\Big). \qquad (3)$$

де S* - стан системи без обліку i-го елементу;

S*, 0 і S*, 1 - стани системи, коли всі елементи, крім i-го, перебувають у стані S*, а i-й перебуває в стані $S_i, = 0$ або $S_i = 1$ відповідно.

Отже, в даному випадку можна зробити висновок, що величини H_{S^*} не залежать від r_i.

Таким чином, з формули (3) бачимо, що показник ефективності E є лінійною функцією r_i.

Вирішення задачі зводиться до оптимального підвищення надійності елементів для збільшення показника ефективності E системи при обмеженнях на сумарні витрати C_0 (або для вирішення зворотнього завдання: мінімізації сумарних витрат системи при обмеженні на показник E_0). [2]

Для визначення елемента, надійність якого доцільніше всього підвищувати з погляду оптимізації показника ефективності системи в цілому, обчислюємо величини:

$$\gamma = (E_i^{(1)} - E^{(0)})/(C_i^{(1)} - C^{(0)}), i = 1,2,...,n, \qquad (4)$$

де $E_i^{(1)}$ - значення показника ефективності системи на першому кроці оптимального процесу за умови, що з метою підвищення надійності варіант i_0 замінений варіантом i_1, $i = 1,2,...,n$;

$C_i^{(1)}$ - значення показника вартості системи на першому кроці оптимального за умови, що з метою підвищення надійності варіант i_0 замінений варіантом i_1, $i = 1,2,...,n$.

Далі визначається номер елемента k, який відповідає величині:

$$\gamma_k = \max_{1 \le i \le n} \gamma_i, \quad i = 1,2,...,n. \qquad (5)$$

У даного елемента й виробляється заміна варіанта k_0 на k_1 і вважається, що початковий стан перед другим кроком характеризується $E^1 = E_k^1$ і $C^{(1)} = C_k^{(1)}$.

Подібний процес триває далі, тобто складається:

$$\gamma_i^{(2)} = (E_i^{(2)} - E^{(1)})/(C_i^{(2)} - C^{(1)}), i = 1,2,...,n, \text{ і т.д.} \qquad (6)$$

На N-м кроці процесу система складається з наступних варіантів елементів:

$$1_{j1(N)}, 2_{j2(N)}, ..., n_{jn(N)}$$

де $j_i(N)$ - індекс, що означає порядковий номер варіанта i-го елементу на N-м кроці процесу.

Вартість в даному випадку розраховується за формулою:

$$C^{(N)} = \sum_{i=1}^{n} C_i(i_{j_i(N)}). \quad (7$$

(Очевидно, що $N = \sum_{i=1}^{n} j_i(N)$, тому що на кожному кроці процесу один з елементів змінює номер варіанту на одиницю).

Значення $\gamma_i^{(N-1)}$ можна легко обчислити, використовуючи формули (3) і (7):

$$\gamma_i^{(N+1)} = \frac{r_i(i_{v_i(N+1)}) - r_i(i_{j_i(N)})}{C_i(i_{j_i(N+1)}) - C_i(i_{j_i(N)})} \sum_{S^*} (\Phi_{S^*,1} - \Phi_{S^*,0}) H_{S^*} \quad (8)$$

Якщо елементи системи мають високі показники надійності, такі, що:

$$1 - r_i \le \frac{1}{n}$$

то для усіх $i = 1,2,\ldots,n$, то можна записати:

$$\sum_{S^*} (\Phi_{S^*,1} - \Phi_{S^*,0}) H_{S^*} \approx \sum (\Phi_E - \Phi_{E^*,S_K=0})(1 - r_k). \quad (9)$$

де Φ_E - умовний показник ефективності системи за умови, що всі елементи її працездатні, тобто при $S_1 = 1,\ S_2 = 1,\ldots,S_n = 1$;

$\Phi_{E^*,S_K=0}$ - умовний показник ефективності системи за умови, що всі елементи її, крім k-го, працездатні, тобто при $S_1 = 1,\ S_2 = 1,\ldots,S_{k-1} = 1,\ S_k = 0,\ S_{k+1} = 1,\ldots,S_n = 1$.

Процес триває доти, поки або не буде досягнуте необхідне значення E^0, або не буде перевищене припустиме значення C^0.

1. *Черкесов Г.Н.* Надежность аппаратно-програмных комплексов/ Учебное пособие. 1-е издание, Санкт-Петербург. 2004г.
2. Надежность технических систем: Справочник / *Ю.К. Беляев, В.А. Богатырев, В.В. Болотин и др.; Под ред. И.А. Ушакова.* – М.: Радио и связь, 1985.
3. *Комарницкий Э.И.* Надежность работы волоконно-оптических сетей связи и оперативное устранение аварий//LIGHTWAVE Russian Edition. 2005г. №4.

Поступила 19.11.2007р.