

УДК 656:338

ОЦІНКА ЙМОВІРНOSTІ БЕЗВІДМОВНОЇ РОБОТИ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ З МАЖОРИТАРНИМИ СХЕМАМИ РЕЗЕРВУВАННЯ

EVALUATION OF THE ABSOLUTE OPERATION OF TRANSPORT SYSTEMS WITH MAJORITY RESERVATION SCHEMES

Аулін Віктор, Голуб Дмитро

Центральноукраїнський національний технічний університет,
просп. Університетський, 8, м. Кропивницький, 25006

The method of estimation of reliability of automobile transport systems with majority rule of reservation, using methods of Boolean algebra is developed. In doing so, both mandatory and possible transportation channels are considered, as well as the appearance of the logical function. The formula for assessing the reliability and the binomial expression of the possible states of the transport system with the majority rule of reservation, which includes the reserve traffic channels, is obtained.

Оцінка ймовірності несумісних подій в теорії ймовірності ґрунтується на правилі: якщо система має декілька можливих несумісних шляхів переходу в інший стан, то ймовірність переходу дорівнює сумі ймовірності здійснення кожного з них [1]. Несумісні шляхи переходу - це шляхи, які не можуть реалізуватися одночасно.

Оцінка ймовірності безвідмовної роботи транспортної системи свідчить про те, що жоден варіант перевезень не є високонадійним і транспортний процес реалізується з високим ступенем ризику.

Розрахунок надійності автомобільних транспортних систем з мажоритарними схемами резервування має свою специфіку, оскільки при такому резервуванні безвідмовна робота транспортної системи забезпечується наявністю числа робочих каналів не менше заданого в договорі на перевезення [2].

Для безвідмовного функціонування таких автомобільних транспортних систем необхідна безвідмовна робота не менше h каналів перевезень з l можливих, включаючи основні і резервні канали. Їх логічні функції мають вигляд:

$$\varphi(x) = \begin{cases} 1, \text{ якщо } \sum_{i=1}^l x_i \geq h, \\ 0, \text{ якщо } \sum_{i=1}^l x_i < h. \end{cases} \quad (1)$$

Для розгорненого запису логічної функції транспортної системи необхідно враховувати, що безвідмовна робота i -го каналу доставки (його стан x_i) і наявність відмови каналу доставки (стан \bar{x}_i) є подіями попарно несумісними. Стан x_i виключає стан \bar{x}_i , причому має місце рівність: $P(x_i) = 1 - P(\bar{x}_i)$.

Таким чином, у разі роботи двох обов'язкових і трьох можливих каналів перевезень транспортної системи логічна функція $\varphi(x)$ буде мати вигляд:

$$\varphi(x) = (x_1 \wedge x_2 \wedge x_3) \vee (\bar{x}_1 \wedge x_2 \wedge x_3) \vee (x_1 \wedge \bar{x}_2 \wedge x_3) \wedge (x_1 \wedge x_2 \wedge \bar{x}_3). \quad (2)$$

За допомогою використання біноміального розподілу можливий перехід від булевих змінних у логічній функції, до функції надійності транспортної системи. Тобто за допомогою розкладання бінома, щодо мажоритарної схеми «два канали перевезень з трьох» формула для



розрахунку надійності автомобільної транспортної системи знаходиться шляхом перетворення виразу ймовірності всіх можливих його станів:

$$(P + Q)^3 = P_1 \cdot P_2 \cdot P_3 + P_1 \cdot P_2 \cdot Q_3 + P_1 \cdot Q_2 \cdot P_3 + Q_1 \cdot P_2 \cdot P_3 + P_1 \cdot Q_2 \cdot Q_3 + Q_1 \cdot P_2 \cdot Q_3 + Q_1 \cdot Q_2 \cdot P_3 + Q_1 \cdot Q_2 \cdot Q_3 = 1 \quad (3)$$

У разі рівнонадійності основних і резервних каналів перевезень транспортної системи перетворення формули (3), при $P_1 = P_2 = P_3 = P$ і $Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q$, отримаємо:

$$(P + Q)^3 = P^3 + 3 \cdot P^2 \cdot Q + 3 \cdot P \cdot Q^2 + Q^3 = 1, \quad (3)$$

Перший доданок у формулі (3) визначає ймовірність безвідмовної роботи всіх трьох каналів перевезень. З другого по четвертий доданки включно визначають безвідмовну роботу якого-небудь одного каналу перевезень, з п'ятого по сьомий включно - роботу одного каналу при відмові двох інших. Останній доданок визначає ймовірність того, що відбудеться одночасна відмова у всіх трьох каналах перевезень автомобільної транспортної системи. Доданки 5-8 характеризують стани відмов даної мажоритарної схеми, оскільки для безвідмовної роботи транспортної системи необхідно не менше двох каналів перевезень.

В зв'язку з цим ймовірності відмови мажоритарної схеми резервування в транспортній системі визначатиметься по формулі:

$$Q = P_1 \cdot Q_2 \cdot Q_3 + Q_1 \cdot P_2 \cdot Q_3 + Q_1 \cdot Q_2 \cdot P_3 + Q_1 \cdot Q_2 \cdot Q_3. \quad (4)$$

Тому критерієм надійності є ймовірність безвідмовної роботи автомобільної транспортної системи, що дорівнює:

$$P = P_1 \cdot P_2 \cdot P_3 + P_1 \cdot P_2 \cdot Q_3 + P_1 \cdot Q_2 \cdot P_3 + Q_1 \cdot P_2 \cdot P_3 = 1 - Q. \quad (5)$$

Для транспортних систем з мажоритарними схемами резервування, що налічують $l - h$ резервних каналів перевезень, а також $l - h$ резервних елементів будь-якого з $h + n$ структурних елементів основних каналів перевезень, біноміальний вираз можливих станів транспортної системи буде записаний формулою:

$$(P + Q)^l = P^l + l \cdot P^{l-1} \cdot Q + \frac{l \cdot (l-1)}{2!} \cdot P^{l-2} \cdot Q^2 + \frac{l \cdot (l-1) \cdot (l-2)}{3!} \cdot P^{l-3} \cdot Q^3 + \dots + \frac{l \cdot (l-1) \cdot (l-2) \cdot (l-3)}{4!} \cdot P^{l-4} \cdot Q^4 + \dots + Q^l = 1. \quad (6)$$

Наведений підхід оцінки надійності автомобільних транспортних систем, з врахуванням обов'язкових і можливих каналів перевезень, а також вигляду логічної функції, дає можливість підвищити надійність їх функціонування та ефективність транспортного процесу доставки.

1. Половко А.М. Основы теории надежности / А.М. Половко, С.В. Гуров. - СПб.: БХВ-Петербург, 2006. - 702 с.

2. Аулін В.В. Методологічні і теоретичні основи забезпечення та підвищення надійності функціонування автомобільних транспортних систем: монографія / В.В. Аулін, Д.В. Голуб., А.В. Гриньків., С.В. Лисенко. - Кропивницький: Видавництво ТОВ "КОД", 2017. - 370 с.