

СПРОЩЕННЯ НАДІЙНІСНИХ СХЕМ МЕТОДОМ СТРУКТУРНИХ ПЕРЕТВОРЕНЬ

У розрахунках структурної надійності використовуються імовірнісні методи аналізу [1, 2], за допомогою яких встановлюються зв'язки між подіями та станами окремих елементів і системи в цілому. Нами пропонується підхід, що акцентує перетворення надійнісних структур з метою їх спрощення. Він дозволяє встановити умови еквівалентності кіл за схемами трикутника та зірки.

Показники структурної надійності визначаються для окремих об'єктів технічної системи. Базовими показниками є ймовірність безвідмовної роботи обладнання $p(t)$ та ймовірність відмов $q(t)$, що складають повну групу подій.

Визначимо еквівалентні співвідношення для перетворення структурних схем надійності з трикутника до зірки. У випадку еквівалентності структур даних схем ймовірності безвідмовної роботи між будь-якими двома вузлами повинні бути однаковими. Таким чином, ймовірність безвідмовної роботи надійнісної структури між парою вузлів за схемою трикутника визначається:

$$p_B \cdot p_C = p_2 + p_1 \cdot p_3 - p_1 \cdot p_2 \cdot p_3,$$

що відповідає паралельному з'єднанню елемента 2 та структури (1, 3), де в свою чергу елементи 1 та 3 з'єднані послідовно, аналогічні вирази можна записати для двох інших пар вузлів.

Ймовірності безвідмовної роботи елементів, поєднаних за схемою зірки після незначних перетворень матимуть вигляд:

$$p_A = \sqrt{\frac{(p_1 + p_2 \cdot p_3 \cdot q_1) \cdot (p_3 + p_1 \cdot p_2 \cdot q_3)}{p_2 + p_1 \cdot p_3 \cdot q_2}}; \quad p_B = \sqrt{\frac{(p_1 + p_2 \cdot p_3 \cdot q_1) \cdot (p_2 + p_1 \cdot p_3 \cdot q_2)}{p_3 + p_1 \cdot p_2 \cdot q_3}};$$

$$p_C = \sqrt{\frac{(p_2 + p_1 \cdot p_3 \cdot q_2) \cdot (p_3 + p_1 \cdot p_2 \cdot q_3)}{p_1 + p_2 \cdot p_3 \cdot q_1}}.$$

У деяких розрахунках необхідно встановити співвідношення зворотного перетворення структур за схемою зірка в еквівалентну надійнісну структуру за схемою трикутника. Проте отримання у зворотному напрямку перетворення пов'язано з певними труднощами. У цьому випадку отримуємо каузальні конструкції:

$$p_1 = 1 + \frac{p_B \cdot p_A - 1}{1 - p_2 \cdot p_3}; \quad p_2 = 1 + \frac{p_B \cdot p_C - 1}{1 - p_1 \cdot p_3}; \quad p_3 = 1 + \frac{p_A \cdot p_C - 1}{1 - p_1 \cdot p_2}.$$

Спрощення цих конструкцій дозволяє отримати наступне кубічне рівняння:

$$(p_A \cdot p_C - p_B \cdot p_C - p_B \cdot p_A + 1) \cdot x^3 + (-p_A^2 \cdot p_C^2 + p_B \cdot p_A - p_A \cdot p_C - p_A \cdot p_C \cdot p_B^2 + p_A \cdot p_C^2 \cdot p_B + p_A^2 \cdot p_C \cdot p_B + p_C \cdot p_B - 1) \cdot x^2 + (-1 + p_B^2 p_C^2 - p_A \cdot p_B \cdot p_C^2 - p_C \cdot p_B \cdot p_A^2 + p_A^2 \cdot p_B^2 + p_A \cdot p_C) \cdot x + (p_A \cdot p_C - p_A \cdot p_C \cdot p_B^2) = 0$$

один з розв'язків якого (саме реальний розв'язок) лежить в межах від 0 до 1. Тому для розв'язання даного рівняння можуть використовуватись ітераційні методи послідовного пошуку розв'язку рівняння (наприклад, метод дихотомії).

Характерним прикладом спрощення розрахунків із застосуванням запропонованого методу перетворень структурних схем може слугувати перетворення мостової структурної схеми з'єднань. Після заміни однієї з надійнісних структур за схемою трикутника еквівалентною структурою за схемою зірки всю схему можна розглядати як змішане з'єднання елементів надійності.

Запропонований метод визначення надійності системи порівняно простий і вимагає малого обсягу обчислень. Передумовою його застосування є необхідність існування логічної схеми досліджуваної системи, кожний елемент якої може знаходитися тільки в одному з двох станів (у розумінні впливу елемента на надійність системи).

Для реалізації даного підходу засобами візуального середовища Delphi розроблена програма, модулі якої можуть використовуватись для аналізу складних структурних схем надійності.

Література

1. Гук Ю.Б. Теория надёжности в электроэнергетике. — Л.: Энергоатомиздат, 1990. — 208 с.
2. Бугір М.К. Теорія ймовірності та математичної статистики. — Тернопіль, 1998. — 176 с.