

МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТЯГОВОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОГО ТРАНСПОРТУ НА ОСНОВІ ЕКСПЕРТНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

Для вирішення багатокритерійного завдання підвищення надійності функціонування системи керування електричного транспорту на основі експертної інформації розглянуто численні методи підвищення надійності. Розглянуто інформацію, яка дозволяє обґрунтовано вибрати метод підвищення надійності функціонування системи управління.

Для решения многокритериальной задачи повышения надежности функционирования системы управления электрического транспорта на основе экспертной информации рассмотрены многочисленные методы повышения надежности. Рассмотрена информация, которая позволяет обоснованно выбрать метод повышения надежности функционирования системы управления.

The author proposed the numerous methods of solving the multi-criterion task – increasing of reliability of control system on the basis of expert information. The information, which allows choosing thoughtfully the method of reliability increasing for a control system of electric transport, is considered.

Вирішення першочергових задач, які стоять перед електрифікованими залізницями України, неможливе без забезпечення стійкої і надійної роботи тягового електропостачання електричного транспорту, яке, в свою чергу, залежить від надійності функціонування системи керування. Тому при ускладненні технологічних процесів і режимів роботи залізниць у сучасних умовах експлуатації необхідно удосконалення та підвищення надійності функціонування системи автоматизованого керування тягового електропостачання, що функціонують в умовах внутрішніх та зовнішніх загроз [1].

Проведені дослідження та результати роботи господарства електрифікації тягового електропостачання електричного транспорту в 2005-2008 рр. показують, що відмови системи автоматизованого керування тяговим електропостачанням можуть призвести до зриву подачі електроенергії в тягову мережу залізниці (споживач 1 категорії). В результаті цього відбудеться затримка руху електрорухомого складу, що призведе до економічних збитків, а також можливі випадки з небезпекою для життя людей, які проводять технічне обслуговування або ремонт устаткування шляхом зняття напруги.

Принциповими особливостями підвищення надійності функціонування системи керування тягового електропостачання електричного транспорту рішення поставленої задачі є:

- багатокритеріальність завдання вибору раціонального варіанту підвищення надійності системи керування;

- кількісний і якісний опис показників підвищення надійності системи керування тягового електропостачання, які задаються у вигляді вимог;

- вплив на вибір методу підвищення надійності функціонування системи керування експертної інформації, що визначає перевагу того або іншого показника.

Розглянемо вказані особливості підвищення надійності функціонування системи керування тягового електропостачання електричного транспорту. Загальна постановка завдання багатокритерійної оптимізації згідно [2] має наступний вигляд.

Хай $\bar{X} = [x_1, \dots, x_i, \dots, x_n]$ – вектор параметрів системи керування (S) тягового електропостачання електричного транспорту. Деяка j -та властивість системи керування характеризується величиною показника $q_j(\bar{X})$, де $j = \overline{1, m}$.

Тоді система в цілому характеризується вектором показників підвищення надійності функціонування системи керування тягового електропостачання електричного транспорту $\bar{Q} = [q_1, \dots, q_j, \dots, q_m]$. Завдання багатокритерійної оптимізації зводиться до того, щоб з множини M_s варіантів підвищення надійності функціонування системи керування тягового еле-

ктропостачання (S) вибрати такий варіант (S_0), який володіє якнайкращим значенням вектора \bar{Q} .

Аналіз літератури [2 – 5] показує, що всі численні методи вирішення багатокритерійних задач можна звести до наступних груп методів:

- метод головного показника;
- метод результуючого показника;
- лексикографічні методи (методи послідовних поступок).

Розглянемо суть вирішення багатокритерійних задач підвищення надійності функціонування системи керування тягового електропостачання за допомогою даних методів.

Метод головного показника заснований на перекладі всіх показників підвищення надійності функціонування системи керування тягового електропостачання, окрім якого-небудь однорідного, званого головним, в розряд обмежень типу рівності і нерівностей. Привласнимо головному показнику номер $q_1(s)$. Тоді завдання зводиться до однокритеріального завдання вибору системи $S \in M_s$, що володіє мінімальним значенням показника $q_1(s)$ за наявності обмежень типу рівності і нерівностей, тобто має вигляд

$$\min_{S \in M_s} q_1(S) \quad (1)$$

за обмежень

$$\begin{aligned} q_j(S) &= q_{j0}; j = 2, \dots, l; \\ q_k(S) &\leq q_{k0}; k = l + 1, \dots, p; \\ q_r(S) &\geq q_{r0}; r = p + 1, \dots, m; \end{aligned} \quad (2)$$

Даному методу властиві наступні недоліки:

1. В більшості випадків немає достатніх підстав для того, щоб вважати головним якийсь один і притому цілком певний показник підвищення надійності функціонування системи керування тягового електропостачання, а всі інші – другорядними.

2. Для показників підвищення надійності функціонування системи керування тягового електропостачання $q_2(S) \dots, q_m(S)$, що переводяться в розряд обмежень, достатньо важко встановити їх допустимі значення.

Метод результуючого показника якості заснований на формуванні узагальненого показника шляхом інтуїтивних оцінок впливу приватних показників підвищення надійності функціонування системи керування тягового електропостачання q_1, \dots, q_m на результуючу

якість виконання системою керування її функцій. Оцінки такого впливу даються групою фахівців – експертів, що мають досвід розробки подібних систем.

Найбільше застосування серед результуючих показників підвищення надійності систем керування отримали адитивний, мультиплікативний і максимінний показники.

Адитивний показник є сумою зважених нормованих приватних показників підвищення надійності функціонування системи керування та має вигляд

$$Q = \sum_{j=1}^m \omega_j \bar{q}_j, \quad (3)$$

де \bar{q}_j – нормоване значення j -го показника;

ω_j – ваговий коефіцієнт j -го показника.

Чим більша його величина, тим більше він впливає на підвищення надійності функціонування системи; $\sum_{j=1}^m \omega_j = 1$; $\omega_j > 0$; $j = \overline{1, m}$.

Головним недоліком адитивного показника є те, що при його застосуванні може відбуватися взаємна компенсація приватних показників. Це означає, що зменшення одного з показників аж до нульового значення може бути компенсоване зростанням іншого показника. Для ослаблення цього недоліку вводяться спеціальні обмеження на мінімальні значення приватних показників, на їх ваги та інші прийоми.

Мультиплікативний показник утворюється шляхом перемножування приватних показників з урахуванням їх вагових коефіцієнтів і має вигляд

$$Q = \prod_{j=1}^m \bar{q}_j^{\omega_j}, \quad (4)$$

де \bar{q}_j і ω_j має той же сенс, що і в адитивному показнику.

Найбільш істотна відмінність мультиплікативного показника від адитивного полягає в тому, що адитивний показник базується на принципі справедливої абсолютної поступки за окремими показниками, а мультиплікативний – на принципі справедливої відносної поступки [5]. Суть останнього полягає в тому, що справедливим вважається такий компроміс, коли сумарний рівень відносного зниження одного або декількох показників не перевищує сумарного рівня відносного збільшення решти показників.

Максимінний показник. У ряді випадків вид результуючої цільової функції достатньо важко обґрунтувати або застосувати. У подібних випадках можливим простим шляхом рішення задачі є застосування максимінного показника. В цьому випадку правило вибору оптимальної системи підвищення надійності функціонування системи керування тягового електропостачання S_0 має наступний вигляд

$$\max_{S \in M_s} \min_{1 \leq j \leq m} \{\bar{q}_1(S), \dots, \bar{q}_j(S), \dots, \bar{q}_m(S)\}, \quad (5)$$

якщо вагові коефіцієнти приватних показників підвищення надійності відсутні;

$$\max_{S \in M_s} \min_{1 \leq j \leq m} \{\bar{q}_1^{\omega_1}(S), \dots, \bar{q}_j^{\omega_j}(S), \dots, \bar{q}_m^{\omega_m}(S)\}, \quad (6)$$

якщо вагові коефіцієнти підвищення надійності визначені.

Максимінний показник підвищення надійності функціонування системи керування забезпечує якнайкраще (найбільше) значення якнайгіршого (найменшого) з приватних показників якості системи.

Лексикографічний метод.

Припустимо, що показники впорядковані по важливості, наприклад

$$q_1(S) > q_2(S) > \dots > q_m(S). \quad (7)$$

Суть даного методу полягає у виділенні спочатку безлічі альтернатив з якнайкращою оцінкою по найбільш важливому показнику. Якщо така альтернатива єдина, то вона вважається якнайкращою; якщо їх декілька, то з їх підмножини виділяються ті, які мають кращу оцінку по другому показнику, і так далі. Для

розширення безлічі даних альтернатив і поліпшення якості вирішення по сукупності показників може призначатися поступка, в межах якої альтернативи вважаються еквівалентними [6].

Принциповою особливістю даного завдання вибору раціонального варіанту підвищення надійності функціонування системи керування тягового електропостачання є переважно якісний характер показників, які трактуються як вимоги, що задаються, з метою підвищення надійності функціонування системи керування тягового електропостачання. У зв'язку з цим дані методи багатокритерійної оптимізації повинні формулюватися в нечіткій постановці. В цьому випадку показниками якості є функції приналежності варіантів підвищення надійності функціонування системи керування заданому рівню якості. Як у класичній, так і в нечіткій постановці вибір методу рішення багатокритерійної задачі визначається тим, в якому вигляді представлена експертна інформація про перевагу показників підвищення надійності функціонування системи керування або їх важливості. Тому наведемо інформацію, яка дозволяє обґрунтовано вибирати метод підвищення надійності функціонування системи керування залежно від експертної інформації про перевагу показників (табл. 1).

Використовуючи розглянуті рекомендації щодо вибору методу підвищення надійності функціонування системи керування тягового електропостачання, в наступній статті розглянемо ряд конкретних методів і прикладів рішення даної задачі.

Таблиця 1

Експертна інформація про ступінь переваги або важливості показників підвищення надійності функціонування системи керування	Метод рішення багатокритерійної задачі
відсутній	максимінний метод (5)
показники впорядковані по важливості	лексикографічний метод (7)
визначені вагові коефіцієнти показників	адитивний показник (3) мультиплікативний показник (4) максимінний показник (6)

Висновки

У статті, в результаті проведеного автором аналізу, розглянуто численні методи вирішення багатокритерійної задачі підвищення надійності функціонування системи керування тягового електропостачання електричного транспор-

ту. Визначено і розглянуто основні методи підвищення надійності функціонування системи керування. Розглянуто інформацію, яка дозволяє обґрунтовано вибирати метод підвищення надійності функціонування системи керування тягового електропостачання залежно від експертної інформації про перевагу показників.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Сапожников, В. В. Надежность систем железнодорожной автоматики, телемеханики и связи [Текст] / В. В. Сапожников, Вл. В. Сапожников, В. И. Шаманов. – М.: Маршрут, 2003. – 261 с.
2. Гуткин, Л. С. Оптимизация радиоэлектронных устройств по совокупности показателей качества [Текст] / Л. С. Гуткин. – М.: Радио, 1975. – 367 с.
3. Борисов, А. Н. Обработка нечеткой информации в системах принятия решений [Текст] / А. Н. Борисов, А. В. Алексеев, Г. В. Меркурьев. – М.: Радио и связь, 1989. – 304 с.
4. Кини, Р. Л. Принятие решений при многих критериях предпочтения и замещения [Текст] / Р. Л. Кини. – М.: Радио и связь, 1981. – 342 с.
5. Брахман, Т. Р. Многокритериальность и выбор альтернативы в технике [Текст] / Т. Р. Брахман. – М.: Радио и связь, 1984. – 287 с.
6. Подиновский, В. В. Лексикографические задачи линейного программирования [Текст] / В. В. Подиновский // Журн. выч. матем. и мат. физики. – 1972. – № 6. – С. 568-571.

Надійшла до редколегії 20.03.2009.