

процесами є належне забезпечення програмних засобів.

Відома класична технологія верифікації прикладного програмного забезпечення (ПЗ) АСК є тестування на підставі складених програм і методик. У той же час використання ПЗ із відкритим кодом, що реалізується мовою релейно-контактної логіки, дозволяє реалізувати статичні методи дослідження та підтвердження безпеки використання. Пов'язано це з тим, що відповідні програмні засоби є інтуїтивно й інтерфейсно зрозумілими для спеціаліста-технолога в галузі використання АСК, що може навіть не мати навичок програмування. Такі засоби є аналогічними до класичних електричних кіл, що реалізують електромагнітні реле в якості логічних елементів. Спеціальні символи, що є мнемонічними повторювачами обмоток і контактів реле (фронтних і тилових), поєднані за різними схемами («І», «АБО», у порядку інверсії тощо), дозволяють реалізувати аналіз логіки функціонування відповідної схеми керування без динамічного відтворення роботи самої АСК [1].

Методика і програма статичної верифікації подібного ПЗ на предмет безпечності полягає, перш за все, у відслідковуванні протікання віртуальних електричних струмів по мнемонічним каналам віртуальної релейно-контактної схеми. При цьому процес верифікації розділяється на дві основні складові: перевірку надійності й працездатності ПЗ; перевірку безпечності використання ПЗ.

Перевірка I (група перевірок) полягає у верифікації відповідності вхідних, вихідних і внутрішніх змінних технічному завданню на реалізацію АСК. При цьому відслідковується правильність виконання вихідних команд залежно від поточного вхідного алфавіту та множини проміжних змінних. За модельованим станом проміжних внутрішніх змінних, що безпосередньо формують вихідні сигнали, оцінюється відповідність ПЗ поставленим до нього вимогам.

Перевірка II (група перевірок) полягає в примусовому формуванні помилкового вхідного алфавіту, що відтворює можливі небезпечні стани оточуючих об'єктів керування та контролю. Логіка функціонування безпечних АСК (що реалізується засобами ПЗ) має виключати небезпечне формування вихідних сигналів відповідальних кіл при будь-яких порушеннях алгоритмів подачі вхідних змінних, незалежно від поточного стану внутрішніх змінних. Отже, верифікація ПЗ на предмет безпечності полягає в формуванні всіх можливих комбінацій вхідного алфавіту, який сигналізує про порушення зовнішніх умов безпеки, при наступній перевірці безпечного формування «захисної» множини вихідних змінних [2].

Найбільш актуально та гостро проблема верифікації програмних засобів, реалізованих на мові релейно-контактної логіки, відчувається в сфері транспорту та енергетики, в якій використовуються резервовані програмовані логічні контролери. У рамках реалізації

програм і методик верифікації ПЗ формуються спеціалізовані інструментальні засоби, що прискорюють та частково автоматизують зазначений процес. Таким чином, одночасно вирішуються дві проблеми – верифікації ПЗ та мінімізації суб'єктивної складової людського фактору в цьому процесі.

Список використаних джерел

1. Development and investigation of methods of graphic-functional modeling of distribute systems / A. Bojnik, O. Progonnii // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – Kharkov: Technology Center, 2018. – № 4/4(94). – P. 59-69.
2. Mathematical models in computer control systems railways and parallel computing Spring-Source. Monograph. / S. Listrovoy, S. Panchenko and oth. // Kharkiv: FOP Brovin O., 2017, 300 p.

Родіонов С. В., к.т.н., доцент (УкрДУЗТ)

ПРОВЕДЕННЯ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ РАНГОВОГО ВИЯВЛЯЧА РАДІОСИГНАЛІВ В УМОВАХ ХАОТИЧНИХ ІМПУЛЬСНИХ РАДІОЗАВАД

В зв'язку зі збільшенням кількості мобільних радіозасобів, в тому числі і на залізничному транспорті, ускладнюється задача забезпечення їх електромагнітної сумісності, яка породжена дією різноманітних завад від різних джерел. Так радіостанції поїзного та станційного радіозв'язку зазнають впливу імпульсних завад від електромагнітного поля, яке створюється на електрифікованих ділянках залізниць, розташованих поблизу радіолокаційних станцій та інших радіозасобів. Вплив таких завад на роботу поїзних радіостанцій може привести до часткової втрати зв'язку між посадовими особами та як наслідок до втрати управління процесом перевезення. Це стає особливо актуальним при використанні систем передачі даних.

Проведена оцінка завадостійкості різних виявлячів дискретних сигналів в умовах впливу хаотичних імпульсних завад (ХІЗ). Розглянути дві різноманітні моделі впливу ХІЗ та шуму на класичний та ранговий виявлячи. У якості параметрів по яким здійснювалась порівняльна оцінка вибрана ймовірність правильного виявлення сигналу D при різних параметрах впливу завади а саме: ймовірності появи завадового імпульсу у будь-якому каналі виявляча γ та відношення дисперсії завади до дисперсії шуму b . Для порівняння ефективності обох типів виявлячів також проведений розрахунок їх втрат в необхідному пороговому відношенні сигнал – завада для забезпечення заданих ймовірностей правильного та хибного виявлення

відповідно до кількості спостережень n . Отримані аналітичні вирази та на їх підставі графічні залежності ймовірності правильного та хибного виявлення сигналу від параметрів ХІЗ для класичного та рангового виявляча.

Висновки. Використання класичних виявлячів сигналів є неефективним для радіостанцій залізничного транспорту. Застосування в якості виявлячів сигналів приймачів рангового типу дозволяє збільшити ймовірність правильного виявлення на 40 відсотків та зменшити величину втрат в 1,5-2 рази в порівнянні з класичними виявлячами.

Список використаних джерел

1. Фомин А.Ф., Ваванов Ю.В. Помехоустойчивость систем железнодорожной радиосвязи. – М: Транспорт, 1987. – 295с.
2. Обнаружение сигналов./П.С. Акинов, Ф.Ф. Евстратов и др; Под ред. А.А. Колосова. – М: Радио и связь, 1989. – 288 с.

*Бабасв М. М., д.т.н., професор,
Блиндюк В. С., д.т.н., професор
(УкрДУЗТ)*

УДК 629.4.083:629.424.2

ДИНАМІЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН ТЯГОВОГО РУХОМОГО СКЛАДУ

Результатом світової тенденції з підвищення енергоефективності є необхідність переходу на більш екологічні та надійні види тягового рухомого складу. Вони є одним із важливих виконавчих елементів станцій залізниць, що забезпечують їх безперерйну роботу [1]. З урахуванням вище сказаного потребує вирішення проблема адекватного відтворення динамічних процесів, які виникають у сталому режимі роботи тягових двигунів та в умовах їх зміни з урахуванням дії сторонніх факторів. У зв'язку з цим виникає потреба в динамічній функціональній моделі тягового двигуна постійного струму, яка дозволяє отримувати поточні значення основних електромеханічних показників його роботи в реальному масштабі часу.

Основна залежність, яка ставить у відповідність електромагнітний момент M_{em} з основним магнітним потоком Φ_δ в повітряному зазорі δ , який приходить на один головний полюс, має такий вигляд:

$$M_{em} = c_m \Phi_\delta I_a, \quad (1)$$

де I_a – струм якоря; c_m – постійна для кожної машини величина, яка, в свою чергу, визначається як

$$c_m = \frac{pN}{2\pi a}, \quad (2)$$

де p – кількість пар полюсів; N – кількість активних дротів обмотки якоря; a – кількість пар паралельних гілок.

Струм якоря I_a обумовлюється напругою живлення U та залежить від електрорушійної сили (ЕРС) самоіндукції E_a , яка виникає як результат переміщення обмоток якоря в магнітному полі й спрямована в протилежному до I_a напрямку, тобто

$$I_a = \frac{U - E_a}{R_a}, \quad (3)$$

де R_a – повний активний опір кола якоря.

У свою чергу, E_a визначається як сума ЕРС всіх $\frac{N}{2a}$ дротів паралельної гілки, що розташовані під одним полюсом [3]

$$\begin{aligned} E_a &= \frac{2p}{2a} \cdot \sum_{k=1}^{N/2p} B_{\delta k} \cdot l_\delta \cdot v = \\ &= \frac{pl_\delta v}{a} \cdot \sum_{k=1}^{N/2p} B_{\delta k}, \end{aligned} \quad (4)$$

де $B_{\delta k}$ – індукція в повітряному зазорі під k -м дротом протягом полюсного розподілу; l_δ – довжина якоря; v – лінійна швидкість руху.

Залежність електромагнітного моменту M_{em} від потоку Φ_δ , напруги живлення U та індукції $B_{\delta k}$

$$M_{em} = \frac{pN\Phi_\delta}{2R_a\pi a} \left(U - \frac{pl_\delta v}{a} \cdot \sum_{k=1}^{N/2p} B_{\delta k} \right) \quad (5)$$

Миттєве амплітудне значення індукції в момент часу t_i визначається виразом

$$B_\delta(t_i) = \text{sign}(\sigma \cdot i(t_i)) \left(1 - e^{-\frac{|\sigma \cdot i(t_i)|}{\xi}} \right) \cdot b_{\delta j}, \quad (6)$$

де $b_{\delta.j}$ – j -й елемент вектору \bar{B}_δ , причому $j = 1, 2, \dots, m$.

У свою чергу, значення j в момент часу t_{i+1} залежить від поточної частоти обертання ротору машини $f_{об.}(t_{i+1})$ таким чином