

ДІАГНОСТУВАННЯ ПРИСТРОЇВ ЗАЛІЗНИЧНОЇ АВТОМАТИКИ З ВИКОРИСТАННЯМ ШТУЧНИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ

Представив д.т.н., проф. Бойнік А. Б.

Вступ

Удосконалювання методів діагностування релейно-контактних пристроїв залізничної автоматики і контролю їх параметрів, є важливим і актуальним завданням, спрямованим на підвищення експлуатаційної надійності систем, що забезпечують безпеку руху поїздів. Технологія перевірки зазначених пристроїв в умовах ремонтно-технологічної дільниці з ряду причин не задовольняє сучасним вимогам [1]. Існуючі засоби вимірювання й контролю параметрів на даний час фізично і морально застаріли. Сучасний рівень розвитку вимірювальної техніки та інформаційних технологій забезпечує можливість автоматизації майже всіх ручних операцій, пов'язаних з процесом вимірювання параметрів апаратури та її діагностування.

Процес діагностування релейно-контактної схеми, як об'єкта діагностування (ОД) з дискретними входами і виходами, являє собою послідовність елементарних операцій, що називаються перевірками, кожна з яких передбачає подачу на входи блоку деякого впливу й визначення на виходах реакції на цей вплив. Кількість можливих комбінацій вхідних сигналів N пов'язане із числом виводів n , прийнятих у якості вхідних: $N=2^n$. Це значення визначає максимальну довжину тривіального неоптимізованого тесту для комбінаційних дискретних блоків. Завдання діагностування ускладнюється, якщо схема об'єкта містить зворотні зв'язки, тобто є багатотактною. При збільшенні числа вхідних виводів блоку до декількох десятків, застосування для пошуку несправності тривіальних тестів стає малоефективним. Дану проблему можна частково розв'язати шляхом мінімізації тесту, що саме по собі є трудомістким

завданням. Іншим способом скорочення довжини тесту є застосування умовних алгоритмів діагностування. Загальний недолік зазначених методів – значні витрати праці при складанні тестів.

У зв'язку із цим виникає задача розробки більш ефективної методики технічного контролю й діагностування, що дозволила б з мінімальними витратами визначати технічний стан пристрою, використовуючи тільки його зовнішні виводи.

Сучасні розробки в галузі штучних нейронних мереж (ШНМ) дозволяють автоматизувати обробку діагностичної інформації, знаходити приховані залежності між несправністю й вихідними сигналами на виводах пристрою, приймати рішення в умовах неповної інформації, автоматично класифікувати образи вихідних аналогових або дискретних сигналів.

Метою даної роботи є аналіз та наукове обґрунтування методів діагностування пристроїв залізничної автоматики з використанням штучних нейронних мереж, а також структурний синтез систем тестового й функціонального діагностування аналогових і дискретних пристроїв, що входять до складу систем залізничної автоматики (СЗА).

Методи діагностування

Застосування апарату нейронних мереж для діагностування апаратури залізничної автоматики дозволяє вирішувати такі завдання, як класифікація несправностей монтажу без застосування детермінованих алгоритмів діагностування, розпізнавання небезпечних відхилень від заданих часових параметрів, прогнозування стану елементів пристрою за рахунок аналізу зміни в часі їх параметрів, розпізнавання стану ОД за кривою перехідного струму при його підключенні до джерела живлення, акус-

тичний контроль роботи рухомих механічних частин пристрою та ін. Разом із класичними методами вимірювання параметрів нейромережеві технології дозволяють одержати максимальну кількість інформації про стан пристрою без зняття захисного кожуха. Ця задача стає актуальною, наприклад, при діагностуванні реле, що входять до складу релейних блоків електричної централізації, оскільки в цьому випадку доступ до частини контактів реле, як правило, обмежений [2].

Аналіз перехідних процесів в електричному колі живлення ОД за допомогою ШНМ дозволяє виявляти (непрямим методом) відхилення його параметрів від норми і наявність прихованих дефектів. У процесі діагностування реєструється цифровий образ перехідного струму, що потім використовується як вхідний вектор першого шару ШНМ. У процесі навчання нейронна мережа встановлює залежність форми перехідного струму від стану реле.

При подачі напруги в коло живлення ОД контактом S (рис. 1). з резистора R, підключеного послідовно з ОД, знімається сигнал, пропорційний силі струму в його колі живлення. Для перетворення перехідного струму з аналогової форми в цифрову використовують аналого-цифрові перетворювачі (АЦП), що підключаються через стандартні інтерфейси до персонального комп'ютера (ПК). У даному випадку об'єкт діагностування можна розглядати як пасивний двополюсник.

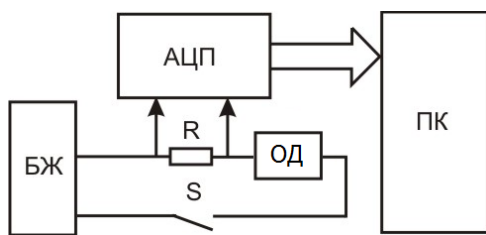


Рис. 1. Діагностування аналогового пристрою як пасивного двополюсника

Об'єкти діагностування підрозділяють на два класи. Безперервні (аналогові) об'єкти мають такі вхідні, внутрішні й вихідні сигнали, які можуть приймати значення з деяких безперервних множин значень, а

час, у якому дається опис об'єкта, відлічується безупинно. Дискретні об'єкти мають такі сигнали, значення яких задаються на кінцевих множинах, а час відлічується дискретно. Можливі також гібридні системи, у яких одні сигнали є безперервними, а інші – дискретними.

Крім того, об'єкти діагностування ділять на комбінаційні й послідовні. Комбінаційні, або об'єкти без пам'яті, характеризуються взаємно однозначною відповідністю між вхідними й вихідними сигналами. Послідовні, або багатотактні об'єкти містять елементи пам'яті, мають вихідні сигнали, значення яких залежать не тільки від поточних значень вхідних сигналів, але й від попередніх.

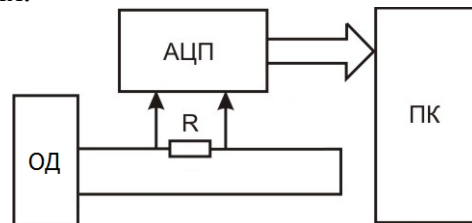


Рис. 2. Діагностування аналогового пристрою як активного двополюсника

У випадку діагностування пристрою як активного двополюсника (наприклад, генератора сигналів), аналоговий вхід АЦП підключають паралельно опоріві навантаження (рис. 2). Діагностування аналогових пристроїв розглянуто на прикладі реле НМШ2-900 в [3].

При вирішенні будь-якого завдання діагностування досліджуваний об'єкт зазнає деяких випробувань. У загальному випадку процес діагностування являє собою багаторазову подачу на об'єкт певних вхідних впливів, багаторазове вимірювання і аналіз відповідей (вихідних сигналів або реакцій) на ці впливи, які можуть надходити на входи об'єкта від засобів діагностування (ЗД) або бути зовнішніми (робочими) сигналами, обумовленими алгоритмом функціонування приладу. Вимірювання і аналіз відповідей об'єкта завжди здійснюється засобами діагностування. Взаємодіючи між собою, ОД і ЗД утворюють систему діагностування (СД). Розрізняють два види систем діагностування. Система тестового діагностування передбачає подачу впливів

на ОД з боку ЗД. Інших впливів на ОД не надходить. Тому як склад, так і послідовність подачі цих впливів можна вибирати виходячи з умов ефективної організації процесу діагностування. При цьому кожний черговий вплив можна призначати залежно від відповідей об'єкта на попередні впливи. Впливи в такій системі називають тестовими. У системі функціонального діагностування ЗД не формує впливів на ОД. На ОД і СД надходять робочі впливи, передбачені алгоритмом функціонування об'єкта. Система діагностування діє в процесі робочого функціонування ОД і вирішує завдання правильності функціонування й пошуку несправностей, що порушують нормальне функціонування [4].

Розглянемо методи діагностування дискретних об'єктів на прикладі релейного блока що містить комбінаційну схему.

Навчання ШНМ для діагностування комбінаційних схем відбувається таким чином (рис. 3).



Рис. 3. Навчання ШНМ для діагностування комбінаційних схем

Відповідно до навчальної вибірки формується стан моделі ОД (справний стан або одна з несправностей). Генератор псевдовипадкових дискретних сигналів формує значення вхідних змінних $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$, які надходять на входи ОД (або моделі ОД) і ШНМ. На виході моделі об'єкта діагностування з'являються сигнали реакції на вплив $y_1, y_2, y_3, \dots, y_n$, які також подаються на входи ШНМ. Для навчання нейронної мережі використовується навчальна вибірка, що містить значення змінних $y_1, y_2, y_3, \dots, y_n$, для всіх значень вхідного набору $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ при кожному з можливих станів

ОД, а також еталонний вихідний сигнал ШНМ для кожного стану. Під час навчання нейронній мережі послідовно пред'являють значення вхідних і вихідних сигналів ОД, а також еталонні значення вихідного сигналу ШНМ, що відповідають даному стану ОД. При цьому визначається помилка розпізнавання і відбувається настроювання синаптичних вагових коефіцієнтів ШНМ таким чином, щоб мінімізувати цю помилку. Процес навчання циклічно повторюється до поки помилка не зменшиться до заданого значення.

Схема тестового діагностування комбінаційних схем показана на рис. 4. Генератор тестових дискретних сигналів, формує значення вхідних змінних $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$, відповідно до алгоритму діагностування. Аналізатор станів ОД може бути побудованим як на базі ШНМ так і на основі класичних алгоритмів діагностування, залежно від особливостей ОД і вимог до параметрів системи діагностування. У більшості випадків найбільш доцільним є поєднання класичних методів діагностування з нечіткими методами, в тому числі і з використанням ШНМ.

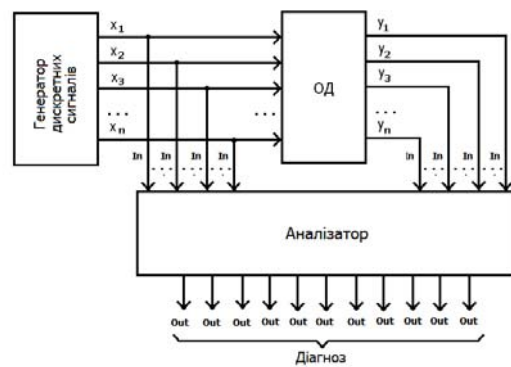


Рис. 4. Тестове діагностування комбінаційних схем

Для діагностування багатотактних схем необхідно аналізувати вхідні і вихідні послідовності (ВВП) сигналів [4].

Для запам'ятовування ВВП до структури системи діагностування на входах і виходах ОД встановлюють послідовно-паралельні регістри зсуву з розрядністю, що залежить від числа елементів пам'яті в багатотактній схемі (рис. 5). Сигнали від генератора з

затримкою в декілька тактів надходять на входи ОД. Кількість тактів затримки відповідає розрядності регістрів зсуву. З паралельних виходів регістрів сигнали надходять на входи ШНМ. В іншому навчання відбувається аналогічно. Схема тестового діагностування багатотактних схем показана на рис. 6.

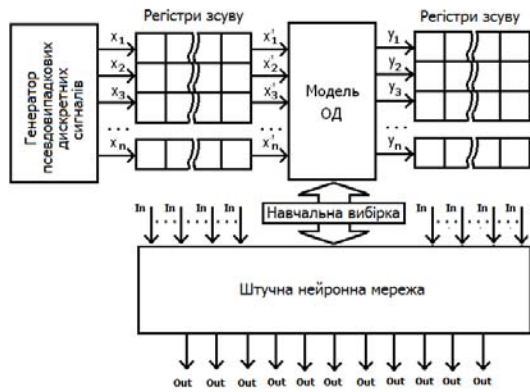


Рис. 5. Навчання ШНМ для діагностування багатотактних схем

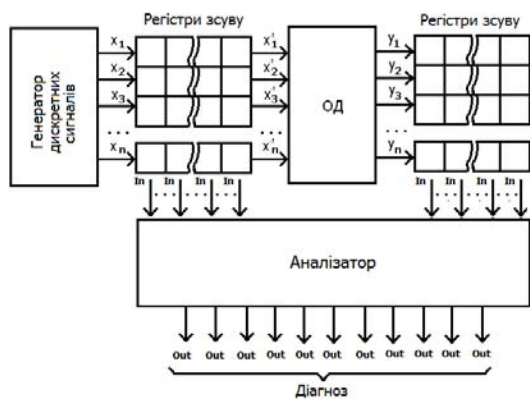


Рис. 6. Тестове діагностування багатотактних схем

В системі функціонального діагностування аналогового пристрою з резистора R, підключеного послідовно між системою залізничної автоматики й одним із виводів ОД, знімається сигнал, пропорційний силі струму, що протікає через цей резистор і подається на вхід аналізатора. Роль аналізатора може виконувати мікроконтролер, або однокристальна ЕОМ з вбудованим або зовнішнім АЦП. При необхідності як аналізатор можна використовувати ПК з відповідними периферійними пристроями для введення сигналу. Робота ШНМ в аналізаторі

забезпечується, як правило, на програмному рівні, але також є можливим варіант з використанням спеціалізованого нейрокомп'ютера.

Структуру системи функціонального діагностування аналогового пристрою, показано на рис. 7.

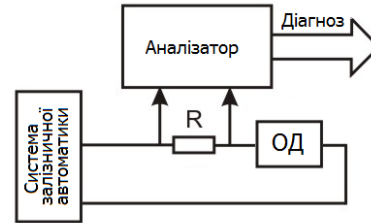


Рис. 7. Функціональне діагностування

Для функціонального діагностування комбінаційної схеми входи аналізатора підключають паралельно до всіх виводів, що з'єднують СЗА й ОД. Таким чином, в процесі роботи сигнали $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ на вході ОД і вихідні сигнали $y_1, y_2, y_3, \dots, y_n$ надходять на входи аналізатора, який після отримання достатньої кількості діагностичної інформації формує діагноз стану ОД.



Рис. 8. Функціональне діагностування комбінаційних схем

Структуру системи функціонального діагностування комбінаційної схеми, показано на рис. 8.

Для функціонального діагностування багатотактних схем структура має аналогічний вигляд, але, оскільки необхідно аналізувати ВВП, під час роботи ОД вхідні сигнали $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ від СЗА і вихідні сигнали $y_1, y_2, y_3, \dots, y_n$ від ОД спочатку

надходять на послідовні входи регістрів зсуву, а потім з паралельних виходів регістрів – на входи аналізатора. Структуру системи функціонального діагностування об'єктів, що містять багатотактну схему (з елементами пам'яті), показано на рис. 9.

Для діагностування аналогових пристроїв за кривою струму у більшості випадків можливе використання класичних ШНМ (багатошаровий перцептрон), які навчаються за методом зворотного поширення помилки [3, 5, 6].

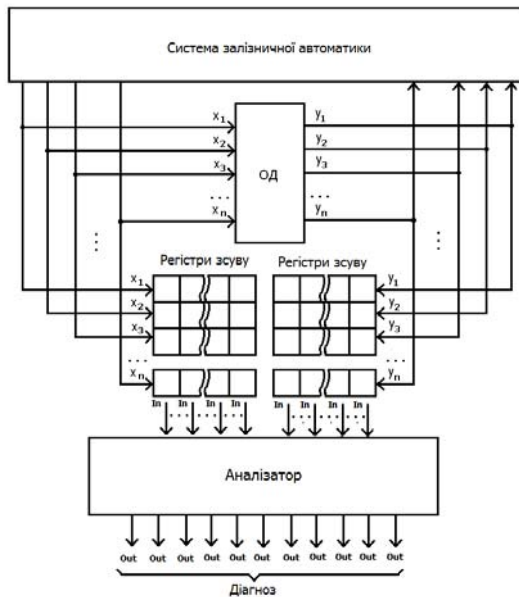


Рис. 9. Функціональне діагностування багатотактних схем

Однак традиційні штучні нейронні мережі не завжди в змозі розв'язати проблему стабільності-пластичності. Дуже часте навчання новому образу знищує або змінює результати попереднього навчання. У деяких випадках це не суттєво. Якщо є тільки фіксований набір навчальних векторів, вони можуть пред'являтися при навчанні циклічно. У мережах зі зворотним поширенням, наприклад вектори, що навчають, подаються на вхід мережі послідовно доти, поки мережа не навчиться всьому вхідному набору. Однак, якщо повністю навчена мережа повинна запам'ятати новий навчальний вектор, він може змінити ваги настільки, що буде потрібно повне перенавчання мережі. При таких обставинах мережа часто не буде навчатися; вона буде

безупинно змінювати свої ваги, не досягаючи задовільних результатів.

Мережа адаптивної резонансної теорії (АРТ) являє собою векторний класифікатор [7]. Вхідний вектор класифікується залежно від того, на який з множини існуючих (збережених у пам'яті) образів він схожий. Своє класифікаційне рішення мережа АРТ виражає у формі збудження одного з нейронів шару, що розпізнає. Якщо вхідний вектор не відповідає жодному із існуючих образів, створюється нова категорія шляхом запам'ятовування образу, ідентичного новому вхідному вектору. Якщо визначено, що вхідний вектор схожий на один з раніше збережених у пам'яті з погляду певного критерію подібності, то цей раніше збережений вектор буде змінюватися (навчатися) під впливом нового вхідного вектора таким чином, щоб стати більш схожим на цей вхідний вектор. Раніше збережений образ не буде змінюватися, якщо поточний вхідний вектор не виявиться досить схожим на нього. Таким чином, вирішується дилема стабільності-пластичності. Новий образ може створювати додаткові класифікаційні категорії, однак він не може змусити змінитися існуючу пам'ять.

Висновки

В даній роботі виконано аналіз та наукове обґрунтування методів діагностування пристроїв залізничної автоматики з використанням ШНМ, а також синтезовано структури систем тестового й функціонального діагностування аналогових і дискретних пристроїв залізничної автоматики. На основі проведених досліджень можна зробити такі висновки. Аналогові пристрої можна діагностувати за допомогою аналізу форми кривої струму в колі їх живлення при їх роботі. Для діагностування дискретних пристроїв більш ефективні нейронні мережі АРТ-1 [7]. Використання нейромережових технологій дозволить максимально автоматизувати систему діагностування та контролю. Використання ШНМ доцільне, як при тестовому, так і при функціональному діагностуванні.

Бібліографічний список

1. Аркатов, В. С. Ремонтно-технологический участок СЦБ [Текст] / В. С. Аркатов, А. И. Баженов, И. Е. Дмитренко. – М.: Транспорт, 1987. – 224 с.
2. Гаврилюк, В. И. Диагностирование релейно-контактных устройств железнодорожной автоматики [Текст] / В. И. Гаврилюк, В. Ю. Дуб // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Д.: Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2006. – № 12. – 280 с.
3. Дуб, В. Ю. Диагностирование стану реле з використанням штучних нейронних мереж. [Текст] / В. Ю. Дуб // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – 2009. – № 29. – 300 с.
4. Сапожников, В. В. Основы технической диагностики [Текст] / В. В. Сапожников, Вл. В. Сапожников – М.: Маршрут, 2004. – 318 с.
5. Галушкин, А. И. Теория нейронных сетей. Кн. 1 [Текст] – М.: ИПРЖР, 2000.
6. Уоссерман, Ф. Нейрокомпьютерная техника: Теория и практика [Текст] – М.: Мир, 1992. – 237 с.
7. Яхьяева, Г. Э. Нечеткие множества и нейронные сети. [Текст] / Г. Э. Яхьяева // БИНОМ. Лаборатория знаний. — М.: Интернет-университет информационных технологий, 2006. — 316 с.

Ключові слова: тестове діагностування, функціональне діагностування, діагноз, система залізничної автоматики, релейно-контактні пристрої, нейронна мережа.

Ключевые слова: тестовое диагностирование, функциональное диагностирование, диагноз, система железнодорожной автоматики, релейно-контактные устройства, нейронная сеть.

Key words: testing diagnostic, functional diagnostic, diagnosis, the system of railway automation, relay-contact devices, neural network.

Надійшла до редколегії 22.04.2011.

Прийнята до друку 25.04.2011.