

коммутируются индивидуально, але тепер комутація OBS може бути реалізована оптичними засобами комутації.

Розглядаються принципи функціонування, сигналізація, вузлові елементи та потенційні експлуатаційні проблеми систем OBS.

*Буряковский С.Г., Маслий А.С. (УкрГУЖТ),  
Маслий А.С. (ООО НКП «Укртрансигнал»)*

### РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ЭЛЕКТРОПРИВОДА СТРЕЛОЧНОГО ПЕРЕВОДА МОНОШПАЛЬНОГО ТИПА НА БАЗЕ ЛИНЕЙНОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

Работа посвящена разработке математической модели электропривода стрелочного перевода на базе линейного электромеханического преобразователя энергии совместно с системой управления, как основного инструмента при исследовании режимов работы предлагаемого электропривода.

Разработаны математические модели приводов стрелочного перевода на основании уравнения Лагранжа II рода для электромеханической системы, особенностью которой является определение потокосцеплений электромагнита и линейного индукторного двигателя на основании комплекса цифровых экспериментов по расчёту магнитного потока методом конечных элементов в оксимально-симметричной постановке задачи с последующим регрессионным анализом.

Определены зависимости потокосцеплений и электромагнитной силы, однозначно идентифицирующие электромагнит и линейный индукторный двигатель. Показано, что эти зависимости являются гладкими, что позволяет однозначно определить их производные во всей рассматриваемой области.

Приведенный регрессионный анализ с использованием полинома Чебышева на множестве равноудалённых точек позволяет определить непрерывную зависимость электромагнитной силы.

Получена математическая модель интегрального преобразователя, работающего в режиме ШИМ, что обеспечивает поддержание заданного тока в катушках. Результатом исследования этой модели являются динамические характеристики, описывающие изменение тока двигателя, электромагнитной силы линейного индукторного двигателя, скорости и перемещения остряков.

Предложена имитационная модель привода стрелочного перевода в системе «MATLAB Simulink», что позволило создать мнемонически понятную структуру, имитирующую работу стрелочного

перевода без создания общей системы дифференциальных уравнений.

Проведенный комплекс имитационного моделирования позволил определить зависимости, описывающие изменение напряжения и тока двигателя, электромагнитной силы электромагнита и линейного индукторного двигателя, скорости и перемещения остряков и показывающие возможность уменьшения скорости перевода стрелки до 0,8-0,9 с. для электромагнита и 0,6-0,7 с. для линейного индукторного двигателя.

*Лейбук Я.С. (УкрДУЗТ)*

### МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВЗАЄМОДІЇ РУХОМОГО СКЛАДУ І КОЛІЇ З УРАХУВАННЯМ ЇЇ ІНЕРЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК

На підставі аналізу який був зроблений в [Збірник наукових праць УкрДУЗТ, Харків, 2016], розроблено математичну модель взаємодії колії та рухомого складу, яка дозволяє враховувати інерційні характеристики колії, визначає їхні чисельні значення і встановлення залежностей змін цих характеристик від особливостей експлуатації магістральних залізниць. Для цього були складені рівняння коливань колії, як балки на багатьох пружно-дисипативних опорах з не лінійними характеристиками, також були розраховані матриці пружних інерційних характеристик колії, невідомих деформаційних опор та матриця зовнішнього навантаження. Розрахунки були зроблені за допомогою програми Matlab.

Рівняння коливання в загальному вигляді:

$$y(x) = y_0 A_{sx} + \frac{y_0}{s} B_{sx} + \frac{P}{EIs^3} D_{s(x-a)},$$

де  $y_0$  – вигин;

$A_{sx}, B_{sx}, D_{sx}$  – функції Кривої;

$P$  – навантаження від рухомого складу;

$s$  – характеристичне число;

$a$  – відстань прикладення навантаження;

$x$  – довжина балки;

$EI$  – жорсткість поперечного перерізу при вигині.

Оскільки для вирішення задачі сумісних коливань колії і рухомого складу, необхідно отримати значення деформації в точці контакту колеса рейки, наведені рівняння були вирішені у матричному вигляді:

$$Ay = H,$$

де  $A$  – матриця пружних та інерційних характеристик колії;

$y$  – матриця невідомих деформацій опор;

$H$  – матриця зовнішнього навантаження.

Математична модель була реалізована в програмному середовищі Matlab, що дає можливість

виконувати дослідження процесів взаємодії колії і рухомого складу чисельними методами. Таким чином, в результаті досліджень, вперше була вирішена задача коливань колії при використанні її розрахункової схеми, як балки на багатьох пружно-дисипативних опорах з не лінійними характеристиками.

#### Список використаних джерел

1. Лейбук Я.С. Урахування інерційних характеристик колії при визначенні сил її взаємодії з рухомих складом // Збірник наукових праць УкрДУЗТ, Харків, 2016. – 91-92 с.

*Пахомова В. М. (ДНУЗТ ім. акад. В. Лазаряна)*

### ПРОГНОЗУВАННЯ МЕРЕЖНОГО ТРАФІКУ В ІТС ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ З ВИКОРИСТАННЯМ НЕЙРОНЕЧІТКОЇ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ

**Вступ і постановка проблеми.** Для прогнозування параметрів мережного трафіку використовуються різні методи та методики. Прогноз, зазвичай, виходить помилковим, але помилка залежить від використовуваної прогнозуючої системи. Високу ефективність прогнозу надає використання нейронних мереж. Нечіткі нейронні мережі (гібридні системи) покликані об'єднати в собі переваги нейронних мереж і систем нечіткого висновку.

**Постановка задачі.** Для забезпечення ефективної роботи контакт-центра в інформаційно-телекомунікаційній системі (ІТС) залізничного транспорту він повинен мати рівні ефективності управління допустимими ресурсами. Одним із можливих рішень може бути метод прогнозування обсягу мережного трафіку, який дозволить уникнути перевантаження сервера. У якості прикладу для дослідження використані реальні дані мережного трафіку одного із найважливіших фрагментів ІТС (Дніпропетровськ-Київ) за період з 21.03 по 26.03.2016 р. Проведений аналіз вхідного та вихідного трафіків за напрямком пошуку довгострокових залежностей (години, доби).

**Підготовка вибірок.** Для здійснення прогнозу підготовлені наступні вибірки: навчальна, тестова, контрольна. Від сформованої вибірки залежить наскільки ефективним буде процес навчання та тестування, а також залежить здатність мережі вирішувати поставлені перед нею проблеми під час експлуатації. Для підготовки вибірки зроблений масив зі 100 прикладів, що близькі до реальних. При формуванні навчальної вибірки зі створеного масиву використано перші 50 значень, для тестової - наступні 50 значень.

**Створення нейронної мережі в Matlab.**

Задача прогнозування обсягу трафіку (вхідного, вихідного) зводиться до задачі прогнозування часових рядів, зазвичай для таких завдань вибирається система типу Сугено. Для лінгвістичної оцінки кожна вхідна змінна має два терми (максимальне та мінімальне значення), функцію приналежності обрано *gaussmf*, для оцінки результуючої змінної задано функцію приналежності типу *linear*.

**Навчання нейронної мережі.** При навчанні у якості методу оптимізації (*optim. method*) вибраний гібридний метод (*hybrid*), що поєднує в собі комбінацію метода найменших квадратів та метода зменшеного зворотного градієнта; кількість ітерацій навчання (*epochs*) – 40. Спроектвана гібридна система має 5 шарів: *input* (складається із трьох вузлів); *inputmf* (складається з  $3 \cdot 2 = 6$  вершин); *rule* (являє собою генератор функції TSK); *outputmf* (кількість вершин цього шару відповідає кількості правил  $2^3=8$ ); *output* (має єдину вершину, яка відповідає виходу гібридної системи).

**Перевірка адекватності прогнозу.** Для оцінки якості та точності прогнозу (на добу вперед) створеної гібридної системи розраховано абсолютну відсоткову похибку (*Mean Absolute Percentage Error, MAPE*), яка для розглядаємого фрагменту ІТС склала: 6,9 % для вхідного мережного трафіку; 7,7 % для вихідного мережного трафіку.

Дослідження залежності середньоарифметичної похибки навчання гібридної системи від її параметрів. Проведені дослідження похибки навчання гібридної системи від: різної кількості входів (найбільш точний прогноз надає 4-вхідна гібридна система); різної кількості термів її вхідної змінної (навчання 3-вхідної гібридної системи, що має 5 термів для кожної вхідної змінної, проходить більш точно за гібридним методом); потужності навчальної вибірки (більш точно здійснюється навчання за гібридним методом при потужності навчальної вибірки із 100 прикладів).

**Висновки.** Виконаний аналіз обсягу мережного трафіку (вхідного та вихідного) в ІТС Придніпровської залізниці (Дніпропетровськ-Київ) на основі реальних даних. Для одержання прогнозу (на добу вперед) обсягу мережного трафіку обрано інтервал з 8:00 до 17:00 годин, де відбуваються значні коливання, але за той період тижня (понеділок, вівторок, четверг, п'ятниця), коли характер трафіку приблизно однаковий.

Підготовлені навчальна, тестова та контрольна вибірки на основі фактичних даних. Прогноз обсягу мережного трафіку в ІТС Придніпровської залізниці (Дніпропетровськ-Київ) здійснений з використанням нейронної мережі (гібридної системи), що створена в програмі *Matlab*. На вхід гібридної системи подається обсяг трафіку за попередні три доби; абсолютна похибка прогнозу (на добу вперед) на гібридній системі складає: 6,9 % для вхідного трафіку; 7,7 % для