

Список літератури

1. Никитин, Г. С. Теория непрерывной продольной прокатки : учеб. пособие / Г. С. Никитин. – М.: Изд-во МГТУ им. Баумана, 2009. – 399 с.
2. Процесс прокатки / М.А. Зайков, В.П. Полухин, А.М. Зайков, Л.Н. Смирнов. – М.: МИСИС, 2004. – 640 с.
3. Грудев, А. П. Теория прокатки / А.П. Грудев. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Интермет Инжиниринг, 2001. – 280 с.
4. Компьютерное моделирование процессов обработки металлов давлением. Численные методы / В.Н. Данченко, А.А. Миленин, В.И. Кузьменко, В.А. Гринкевич. – Днепропетровск: «Системные технологии», 2005. – 448 с.
5. Мазур, В.Л. Теория и технология тонколистовой прокатки (численный анализ и технические приложения) / В.Л. Мазур, А.В. Ноговицын. - Днепропетровск : РВА «Дніпро-VAL», 2010. – 500 с.
6. Федоринов, В. А. Математическое моделирование напряжений, деформаций и основных показателей качества при прокатке относительно широких листов и полос : монография / В. А. Федоринов, А. В. Сатонин, Э. П. Грибков. - Краматорск: ДГМА, 2010. – 243 с.
7. Сатонин, А.В. Численное конечно-разностное математическое моделирование напряженно-деформированного состояния металла при реализации различных технологических схем обработки давлением / А.В. Сатонин // Удосконалення процесів та обладнання обробки тиском в металургії і машинобудуванні : збірник наукових праць. – Краматорськ, 2001. – С. 559-564.
8. Севастьянов, В.С. Одномерная математическая модель процесса холодной прокатки тонких полос / В.С. Севастьянов, Ю.Н. Белобров, В.Н. Тиунов // Металлург, 1999. – №1. – С. 44-46.
9. Контактное трение в процессах обработки металлов давлением / А.Н. Леванов, В.Л. Колмогоров, С.П. Буркин и др. – М.: Металлургия, 1976. – 416 с.

Рукопис подано до редакції 25.02.13

УДК 621.311.001.57

В.П. ЩОКІН, д-р техн. наук, доц., ДВНЗ «Криворізький національний університет»

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ СИНТЕЗУ СИСТЕМ ЛІКВІДАЦІЇ ІНТЕРФЕРЕНЦІЙНИХ ШУМІВ В КАНАЛАХ ЗВ'ЯЗКУ ПРОТИАВАРІЙНОЇ АВТОМАТИКИ ЕНЕРГОСИСТЕМ

Наведено результати розробки методики синтезу ARMABiS-системи ліквідації інтерференційних шумів в каналах передачі даних протиаварійної автоматики енергосистем. Система відрізняється від аналогів, реалізованих на базі мереж Вольтеррі, включенням до структури протиаварійної автоматики авторегресійних моделей джерел помилок у каналах зв'язку, що забезпечило гарантовану стійкість системи, зменшення коливальної складової в процесі адаптації та підвищення швидкодії адаптаційних процесів.

Постановка проблеми у загальному вигляді. В умовах високих темпів трансформації структури Єдиної електроенергетичної системи (ЄЕС) пред'являються підвищені вимоги до пристроїв протиаварійної автоматики, а також принципів керування нормальними, аварійними і післяаварійними режимами енергосистеми.

Комплекси протиаварійної автоматики енергосистем орієнтовані на забезпечення локалізації та ліквідації аварійних режимів в ЄЕС з метою мінімізації збитків від аварій. В той же час, багатofакторність об'єкту керування, яким є ЄЕС, наявність потужних атомних електростанцій з базисним режимом роботи та погіршеними динамічними характеристиками призводить до комплексного рішення задач пов'язаних з забезпеченням паралельної роботи енергосистем при підтримці заданих нормативів статичної та динамічної стійкості.

У сучасних системах протиаварійної автоматики значну частку помилок вносять системи передачі даних, в яких виникають процеси, пов'язані з фізичною структурою каналів зв'язку і мають в своїй основі імовірнісну природу (рис. 1). Відповідно актуальність проблеми синтезу стохастичної моделі джерел помилок в системах передачі даних протиаварійної автоматики енергосистем визначається необхідністю забезпечення високої ефективності протиаварійного керування для різноманітних умов функціонування з урахуванням індивідуальних особливостей ЄЕС.

Аналіз останніх досліджень і публікацій з проблематики статті. Перешкоди, які присутні в системах передачі даних зменшують достовірність відтворення первинної інформації, що порушує вимоги своєчасності і якості цієї інформації, тому в математичні моделі потоків повідомлень необхідно включати алгоритми ідентифікації джерел помилок. Розробці методів дослідження систем зв'язку в умовах дії шумів і перешкод та моделюванню джерел помилок присвячена значна кількість наукових робіт Е.Н. Гильберта, Е.О. Еліота, В.І. Петровича, Б.Д. Фрічмана, В.М. Охорзіна, та інші.

Стохастичні моделі побудовані на основі теорії багатовимірних розподілів і випадкових процесів, модифікація яких запропонована в даній роботі для моделювання джерел помилок,

були запропоновані в роботах [1,2]. Розроблена математична модель джерел помилок в каналах зв'язку може служити адекватним описом процесів, що протікають в мережах передачі даних ЄЕС, і може бути використана при проектуванні перешкодозахисних мереж зв'язку протиаварійної автоматики енергосистем.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Відповідно до норм ГОСТ 34.603-92 (Види випробувань автоматизованих систем) вимоги до забезпечення достовірності інформації в протиаварійній автоматичі енергосистем є обов'язковими заходами.

Існує значна кількість [1,2] інженерних способів визначення недостовірних значень параметрів у каналах зв'язку: діагностика апаратного забезпечення (каналу), алгоритмічні методи визначення різких змін сигналу, виходу за допустимий діапазон сигналу з датчика, контроль швидкості зміни та інші. При цьому, якщо значення датчика плавно виходить за межу допустимого діапазону, описані способи не дозволяють виявити порушення нормального режиму роботи устаткування системи передачі даних.

У більшості випадків, ситуація оперативного виявлення помилок в каналах зв'язку вирішується шляхом дублювання датчиків, відповідальність за визначення достовірної інформації датчика, як правило, покладається на черговий персонал, при цьому варіанти резервування більше двох каналів зв'язку, часто є економічно недоцільним.

Так в умовах Криворізької ТЕС зі встановленою потужністю 2820 МВт (10·282) контролю підлягають близько 4 тис. параметрів, при цьому їх дублювання збільшить їх число в два рази, відповідно також збільшується кількість модулів вводу/виводу та розрахункова продуктивність системи.

Таке рішення можливе, але приводить до значних фінансових витрат. При цьому, як відзначають автори робіт [1,2] визначення тільки явної несправності недостатньо, і в цьому випадку проблема може бути вирішена шляхом створення автоматизованої системи контролю достовірності параметрів на базі моделей джерел помилок в системах передачі даних.

Постановка завдання. У статті розглядається можливість визначення невідповідності (явна і неявна) показників датчиків в протиаварійній автоматичі енергосистем на основі ретроспективи даних, яка представляється у вигляді імітаційної моделі джерел помилок у каналах зв'язку з інтервальними оцінками достовірності параметрів.

У розробленій моделі [3] джерел помилок в каналах зв'язку врахована перевірка всіх функціональних залежностей, які задані для конкретної енергосистеми.

У рамках виконання НДР в умовах ПАТ «ДТЕК Дніпрообленерго» проведено дослідження фактичних інтерференційних шумів в каналах передачі даних системи автоматики Криворізької ТЕС (приклад осцилограм інтерференційних шумів в каналах передачі даних наведено на рис. 1).

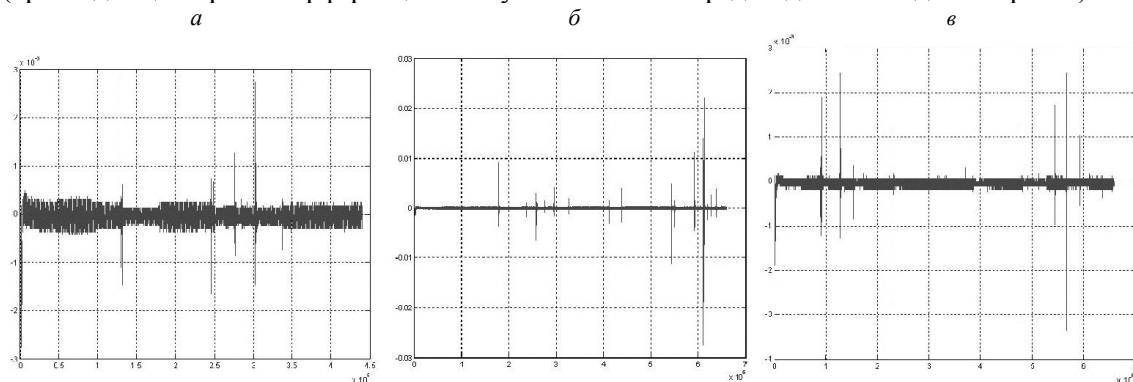


Рис. 1. Осцилограми інтерференційних шумів у каналі передачі даних з екранованим кабелем *а, б* та без екрану *в* (частота дискретизації 44,1 кГц) при комутаціях АД на відстані 15 м потужністю 2,2 кВт (220В)

Результати досліджень свідчать, що контроль параметрів у промислових умовах відбувається при наявності адитивних шумів амплітудою до 1 % у каналах спостереження, що негативно впливає на якість процесів керування і потребує розробки апаратних засобів та алгоритмів адаптивної фільтрації інтерференційних шумів у системах передачі даних.

Викладення матеріалу та результати. Суттєвий вклад у розв'язання проблеми фільтрації шумів у каналах зв'язку, шляхом побудови перешкодозахищених адаптивних фільтрів, внесено вітчизняними вченими [4], якими запропоновано методи та засоби фільтрації сигналів при малих значеннях відношення рівня корисного сигналу до рівня шуму. Однак, необхідно зазначити, що розроблений спосіб ґрунтується на попередній статистичній обробці зашумленого корисного сигналу на достатньо значному інтервалі часу, що дає змогу оцінити рівень корисного сигналу для подальшої адаптації фільтрів. Останнє обмежує сферу використання подібних фільтрів і не дозволяє проводити ефективне динамічне усунення інтерференційних шумів в системах передачі даних протиаварійної автоматики енергосистем.

Відомі науково-технічні рішення проблеми ліквідації інтерференційних шумів у каналах передачі даних САК, які ґрунтуються на використанні мережі Вольтеррі [5], за результатами промислових випробувань визнані неефективними, оскільки процес адаптації мережі становить 6-8с. і з урахуванням часу дискретизації САК 4с. призводить до втрати адаптивних властивостей системи ліквідації інтерференційних шумів.

Для ліквідації вказаного недоліку пропонується в якості базової структури адаптивної системи ліквідації інтерференційних шумів [5] використати розроблену [3] ARMABiS-систему, яка відрізняється від відомих нейроморфних структур підвищеною швидкістю в процесі адаптації та гарантованою стійкістю. Схему включення ARMABiS-системи в адаптивній системі ліквідації інтерференційних шумів наведено на рис. 2.

ARMABiS-система ліквідації інтерференційних шумів налічує два входи: $Z[i]$ - сигнал каналу передачі даних; $N[i]$ - установочний сигнал, який некорельований з $X[i]$ і має максимальний коефіцієнт кореляції з шумом $V[i]$. Кореляція установочного сигналу $N[i]$ з шумом $V[i]$ досягається шляхом фіксації сигналу $N[i]$ з частотою дискретизації 44,1кГц закороченого каналу без екрану.

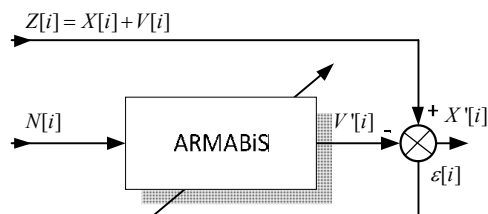


Рис. 2. ARMABiS-система ліквідації інтерференційних шумів в каналах передачі даних

Сигнал похибки ε дорівнює

$$\varepsilon[i] = X[i] + V[i] - V'[i]. \quad (1)$$

Цільову функцію запропоновано [5] визначити у формі очікуваного значення $E[i]$ квадратичної похибки

$$\xi(t) = 0,5E(t)[\varepsilon(t)^2] = 0,5E[i][X[i]^2 + (V[i] - V'[i])^2 + 2X[i] \cdot (V[i] - V'[i])]. \quad (2)$$

Оскільки сигнал $X[i]$ не корелює з сигналом шуму $V[i]$, очікуване значення $E[i][X[i] \cdot (V[i] - V'[i])] = 0$ і цільова функція (2) спрощується [5]

$$\xi[i] = 0,5E[i][\varepsilon[i]^2] = 0,5[E[i][X[i]^2] + E[i][(V[i] - V'[i])^2]]. \quad (3)$$

Оскільки ARMABiS-модель не впливає на сигнал $X[i]$, мінімізація цільової функції $\xi[i]$ забезпечується адаптацією параметрів ARMABiS-моделі за умови $E[i][(V[i] - V'[i])^2] \rightarrow \min$. Відповідно до базового методу [5] мінімально можливе значення $Z(t)$ дорівнює $E[i][X[i]^2]$, при якому $V'[i] = V[i]$, таким чином $X'[i]$ відповідає сигналу каналу передачі даних без інтерференційного шуму $X[i]$.

У разі використання в якості ARMABiS-системи моделі ADL (p, q) вихідний сигнал $V'[i]$ визначатися у вигляді

$$V'[i] = \mu \sum_{j=0}^q \gamma_j N[i-j] + (1-\mu) \cdot \left(\sum_{j=1}^{p-1} (-1)^{j+1} \cdot p \cdot V'[i-j] + (-1)^{p+1} \cdot V'[i-p] \right). \quad (4)$$

де μ - коефіцієнт регуляризації; γ - швидкість настроювання коефіцієнтів.

На рис. 3. наведено результати імітаційного моделювання ARMABiS-системи ліквідації інтерференційних шумів в каналах передачі даних при наявності інтерференційного шуму амплітудою 10%: процес навчання ARMABiS-емулятора і похибка (рис. 3а); результати роботи ARMABiS-системи ліквідації інтерференційних шумів (рис. 3б).

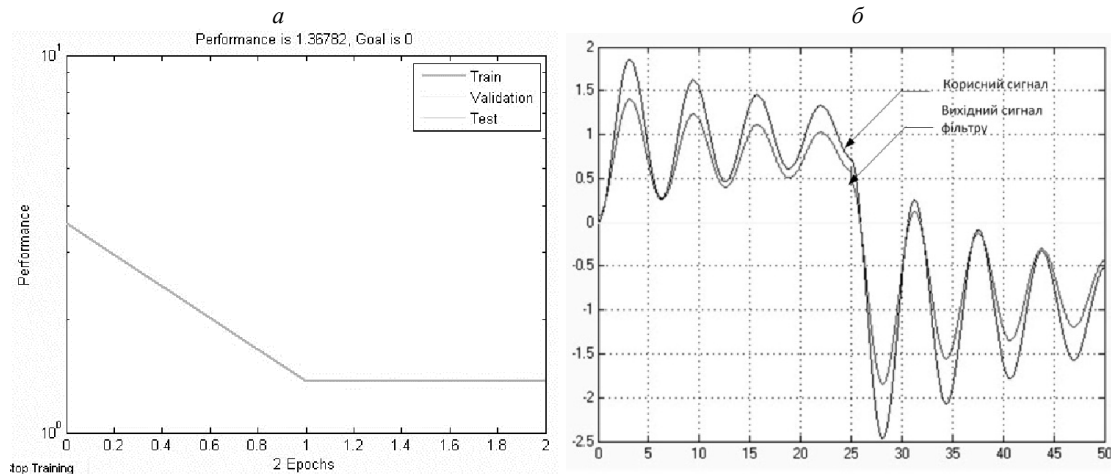


Рис. 3. Результати ARMABiS-ідентифікації при зашумлених каналах зв'язку

Аналіз застосування розробленої ARMABiS-системи свідчить про задовільну якість ліквідації інтерференційних шумів у каналах зв'язку (максимальна похибка не перевищує 7%, з часом дискретизації 4 с), яка є достатньою для забезпечення належних умов функціонування протиаварійної автоматики енергосистем.

Висновки та напрямок подальших досліджень. Проблематика статті визначається вимогами ГОСТ 34.603-92 відносно забезпечення достовірності інформації в системах протиаварійної автоматики енергосистем.

За результатами проведених досліджень визначено, що наявність інтерференційних шумів в каналах передачі даних промислових автоматизованих систем та протиаварійної автоматики приводить до суттєвого зменшення достовірності відтворення первинної інформації, що порушує вимоги своєчасності і якості інформації, яка оброблюється інформаційними системами автоматики.

Результати проведених досліджень у сфері сучасних науково-технічних методів розв'язання проблеми фільтрації шумів у каналах зв'язку свідчать про обмежену сферу використання розроблених перешкодозахищених адаптивних фільтрів та втрату адаптивних властивостей відомих систем ліквідації шумів, які ґрунтуються на використанні мереж Вольтеррі.

Відповідно до визначених невирішених раніш частин проблеми фільтрації шумів у каналах зв'язку запропоновано застосування розроблених авторегресійних моделей джерел помилок, що забезпечує гарантовану стійкість системи, зменшення коливальної складової в процесі адаптації та підвищення швидкості адаптаційних процесів.

Застосування розробленої системи ліквідації інтерференційних шумів дозволяє використати в протиаварійній автоматичі енергосистем сучасні інформаційні технології, які пов'язані з нейронечіткою ідентифікацією режимів паралельної роботи енергосистем.

Список літератури

1. **Белявський Г.И., Чакрян В.Р.** Имитационная модель телекоммуникационного канала и источников шумов на основе модифицированных атрибутивных грамматик // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. Ростов н/Д, № 4, 2008.
2. **Нейман В.И.** Самоподобные процессы и их применение в теории телетрафика // Труды МАС, 1999, № 1(9). С. 11-15.
3. **Щокін В.П.** Адаптивне керування агломеративним комплексом на основі авторегресійних структур з регуляризациєю: автореф. дис. ... д-ра техн. наук : 05.13.07 / Вадим Петрович Щокін : ДВНЗ «Криворізький національний університет» - Кривий Ріг : 2012. – 40с.
4. **Хорольський В. П.** Адаптивные системы многоуровневого управления технологическими процессами переработки руд : автореф. дисс. ... д-ра техн. наук : 05.13.07 / Валентин Петрович Хорольський ; Ленинградский горный институт им. Г.В. Плеханова. – СПб : 1989. – 19 с.
5. **Осовский С.** Нейронные сети для обработки информации / С. Осовский. – М. : Финансы и статистика, 2002. – 432 с.

Рукопис подано до редакції 18.03.13