

показал, что все рассмотренные системы мониторинга или не способны прогнозировать состояние сети, или выполняют прогнозирование достаточно приближенно. Для более эффективного управления качеством обслуживания предоставляемых услуг (сервисов) в телекоммуникационной сети подобные системы должны поддерживать функции не только формирования трендов на основе полученной статистики, но и выполнять прогнозирование состояния сети. Под прогнозированием в данном случае понимается предсказание характера изменений основных показателей качества сети (среднепутевая задержка, джиттер, количество потерянных пакетов, среднее время простоя в очереди и т. д.). На основании такой информации алгоритмы динамической маршрутизации смогут более эффективно перераспределять информационные потоки. В основе модулей прогнозирования могут лежать различные методы классификации, но проведенный анализ показал, что в данном случае наиболее эффективным средством прогнозирования являются нейронные сети. Анализ функциональности систем мониторинга и предъявляемых к ним требований позволил синтезировать общую архитектуру подобных систем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Сторожук Д. О.* Методы и алгоритмы для систем мониторинга локальных сетей / Д. О. Сторожук. – М., 2008. – 121 с.

УДК 004.67:004.9

Дубровин В. И.¹, Афонин Ю. С.², Манило Т. В.³, Харитонов В. Н.⁴

¹Канд. техн. наук, профессор Запорожского национального технического университета

²Ассистент Запорожского национального технического университета

³Аспирант Запорожского национального технического университета

⁴Инженер-конструктор ГП «Ивченко-Прогресс» (г. Запорожье)

ВЕЙВЛЕТ-АНАЛИЗ КРАТКОВРЕМЕННЫХ ИМПУЛЬСОВ В СИГНАЛАХ С ДАТЧИКОВ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ РОТОРА ГТД

В статье рассмотрена проблема обнаружения кратковременных импульсов в сигналах с датчиков частоты вращения ротора ГТД, которые возникают в момент аварийного рассоединения трансмиссии. Приведена классификация данных импульсов. Анализ каждого вида импульса выполнен с использованием вейвлет-преобразования, как наиболее подходящего для выявления локальных особенностей характеристик сигнала. Рассмотрены перспективные задачи в данном направлении.

Ключевые слова: сигнал ДЧВ, вейвлет-анализ, кратковременный импульс, коэффициенты вейвлет-разложения, вейвлеты Добеши.

ВВЕДЕНИЕ

Сигналы, получаемые с датчиков частоты вращения (ДЧВ) ротора ГТД, являются нестационарными,

2. *Новиков Ю. В.* Локальные сети. Архитектура. Алгоритмы. Проектирование. Мониторинг и анализ сетей / Новиков Ю. В., Кондратенко С. В., Уилсон Э. – М. : ЭКОМ, 2000. – 308 с.
3. *Уилсон Э.* Мониторинг и анализ сетей / Уилсон Э. – М. : ЛОРИ, 2002. – 350 с.
4. *Бараш Л.* Мониторинг трафика в сетях с коммутацией пакетов / Бараш Л. // Компьютерное обозрение. – 2009. – № 37 (654). – С. 20–25.

Надійшла 17.03.2010

АНАЛІЗ СИСТЕМ МОНІТОРИНГУ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖ

Розглядаються найбільш відомі системи моніторингу телекомунікаційної мережі, представлено їх порівняльний аналіз, сформульовано загальні вимоги та синтезовано загальну архітектуру подібних систем. Запропоновані рішення не здатні прогнозувати стан телекомунікаційної мережі. Тому в такі системи необхідно включати додаткові модулі обробки статистичної інформації.

Ключові слова: діагностика стану телекомунікаційних мереж, нейронні мережі, моніторинг стану, адаптивне управління.

Vysochina O. S., Shmatkov S. I., Salman Amer M.

ANALYSIS OF TELECOMMUNICATIONS NETWORKS MONITORING SYSTEMS

The most known systems of telecommunications network monitoring are examined, their comparative analysis is presented, general requirements are formulated and general architecture of the similar systems is synthesized. The proposed solutions are not able to predict the telecommunications network state. Therefore in such systems it is necessary to include additional modules of statistical data processing.

Key words: telecommunication networks state diagnostics, neural networks, state monitoring, adaptive control.

имеют сложные частотно-временные характеристики. В задаче обнаружения аварийного рассоединения трансмиссии анализ данных сигналов должен прово-

© Дубровин В. И., Афонин Ю. С., Манило Т. В., Харитонов В. Н., 2010

диться в режимі реального часу. Основним інтересуючим в даній задачі параметром являється поведінка несущої частоти сигналу ДЧВ [1]. Крім того, момент аварійного роз'єднання трансмісії ГТД може характеризуватися наявністю короткочасних імпульсів або скачків параметрів сигналів ДЧВ. В даній роботі розглянуті способи виявлення даних імпульсів різних видів в сигналах з ДЧВ. Важним критерієм для вибору математичного апарату обробки сигналу на предмет наявності таких імпульсів являється критерій швидкості та точності їх виявлення. Опинившись на цьому, в якості основного математичного апарату обрано вейвлет-перетворення, так як вейвлет-фільтри дозволяють з високою точністю виявити локальні зміни характеристик сигналу при малих часових затратах.

КЛАССИФІКАЦІЯ ІМПУЛЬСІВ

Для аналізу скачкообразних змін сигналів необхідно знати можливі види цих змін. На рис. 1 наведені основні можливі види імпульсів в момент аварійного роз'єднання трансмісії ГТД.

К першому класу віднесені сильні імпульси з амплітудою більшою, ніж амплітуда основного сигналу, і часом існування від

5×10^{-5} до 9×10^{-5} секунд, т. є. часом, рівним 3–5 дискретам сигналу при частоті дискретизації 64 кГц.

К другому класу – імпульси середньої потужності з амплітудою в діапазоні від 100 % до 10 % від амплітуди основного сигналу і часом існування від 5×10^{-5} до 9×10^{-5} секунд, т. є. часом, рівним 3–5 дискретам сигналу.

К третьому – слабкі імпульси з амплітудою, рівною не більше 5–10 % від амплітуди основного сигналу, і часом існування від 5×10^{-5} до 9×10^{-5} секунд, т. є. часом, рівним 3–5 дискретам сигналу.

К четвертому – сильні імпульси з амплітудою, рівною амплітуді основного сигналу або більшою, з часом існування від $1,5 \times 10^{-4}$ до $7,8 \times 10^{-4}$ секунд, т. є. часом, рівним 10–50 дискретам сигналу.

АНАЛІЗ ІМПУЛЬСІВ «ПЕРВОГО КЛАСА»

Розглянемо сигнал з імпульсом «першого класу» (рис. 1, а) і його дискретне вейвлет-перетворення до другого рівня розкладання з використанням вейвлет-функції Добеші десятого порядку (db10), яке представлено на рис. 2.

Деталізуючі коефіцієнти швидкого вейвлет-перетворення (БВП) [2, 3] на продовженні

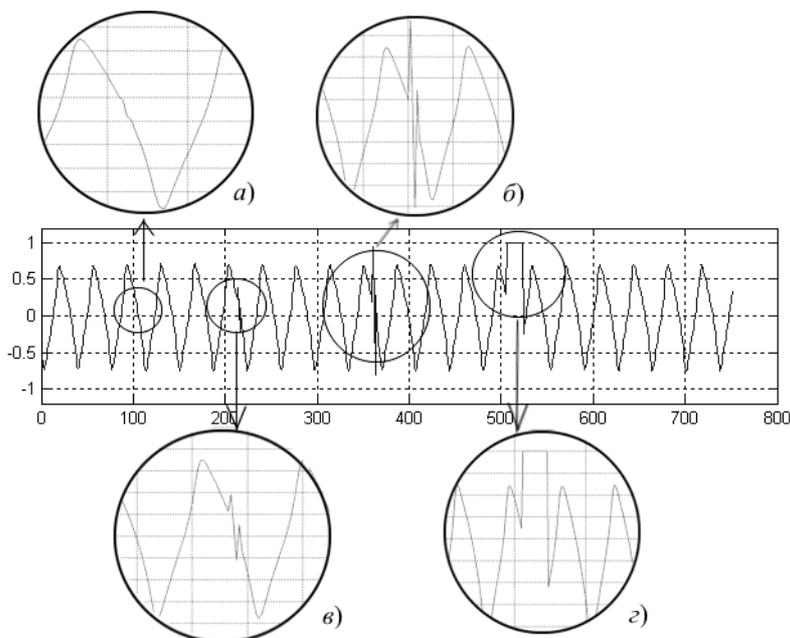


Рис. 1. Основні види імпульсів в момент аварійного роз'єднання трансмісії ГТД:

а – імпульс «третього класу»; б – імпульс «першого класу»; в – імпульс «второго класу»; г – імпульс «четвертого класу»

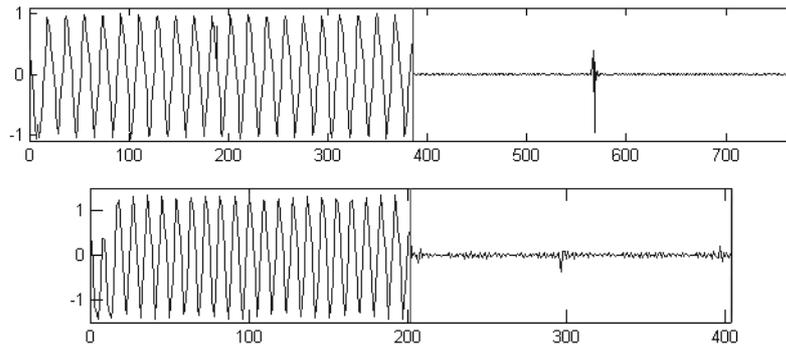


Рис. 2. Вейвлет-преобразование сигнала с импульсом «первого класса»

сигнала, за исключением времени возникновения импульса, представляют собой последовательность, дисперсия которой $\delta_{normal} = 3,6 \times 10^{-3}$, а максимум и минимум соответственно: $\max(coefs_{normal}) = 9 \times 10^{-3}$ и $\min(coefs_{normal}) = -(10,7) \times 10^{-3}$. При этом в момент возникновения импульса детализирующие коэффициенты достигают больших величин относительно остального сигнала. Максимальное значение коэффициента в момент импульса: $\max(coef_{peak}) = 572 \times 10^{-3}$, а минимальное $\min(coef_{peak}) = -351 \times 10^{-3}$.

Рассчитав по формуле (1) относительную мощность (в дБ) коэффициентов вейвлет-преобразования основного сигнала и части сигнала, которая содержит импульс, получим 16,71 дБ.

$$W = 10 \log_{10} \frac{P_{normal}}{P_{peak}}, \quad (1)$$

где W – относительная мощность, дБ; P_{normal} и P_{peak} – соответственно, размах вейвлет-коэффициентов на участке без импульса и на участке с импульсом, рассчитываются по формуле (2):

$$P_k = |\max(coefs_k) - \min(coefs_k)|, \quad (2)$$

где $coefs_k$ – последовательность коэффициентов вейвлет-преобразования.

Такая относительная мощность говорит о том, что, анализируя коэффициенты вейвлет-преобразования, а именно детализирующие коэффициенты, можно с высокой вероятностью выявить появление импульсов «первого класса».

ИССЛЕДОВАНИЕ ИМПУЛЬСОВ «ВТОРОГО КЛАССА» И «ТРЕТЬЕГО КЛАССА». ВЫБОР ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ВЕЙВЛЕТ-РАЗЛОЖЕНИЯ

Следующие два вида сигнала с импульсами «второго класса» и «третьего класса» похожи на сигналы с импульсами «первого класса» по возможности при-

менения метода обработки. Но при обработке сигналов такого рода необходимо учесть, что мощность импульса значительно меньше, чем в сигнале «первого класса», что также скажется и на получаемых в результате вейвлет-преобразования детализирующих коэффициентах. Для обработки сигналов с импульсами «второго класса» и «третьего класса» предлагается использовать пакетное вейвлет-преобразование (ПВП) [3–5]. Для анализа сигнала с помощью ПВП в окнах, соответствующих детализирующим коэффициентам БВП, при выборе метода вейвлет-преобразования следует руководствоваться обеспечением максимальной скорости получения результатов вейвлет-разложения [6].

На рис. 3 и 4 приведены результаты ПВП второго уровня сигналов с импульсами «второго класса» и «третьего класса» соответственно, где в качестве вейвлет-функции использован вейвлет Добеши десятого порядка (db10).

Из рисунков видно, что на первом уровне ПВП, так же как и для сигналов с «первым классом» импульсов, детализирующие коэффициенты возрастают в местах появления импульсов. Но при этом отчетливо видно, что величина коэффициентов в местах импульсов значительно уменьшается при уменьшении мощности самих импульсов и становится сравнимой с детализирующими коэффициентами остальной части сигнала.

В табл. 1 и 2, соответственно, представлены сводные данные по различным окнам ПВП сигнала с импульсом «второго класса» и «третьего класса».

Оптимальным уровнем и окном являются те, при которых W принимает максимальное значение:

$$Level:Window_{optimal} = Level>window, \quad (3)$$

при которых

$$W_{Level:Window} = \max(W), \\ \forall Level = 1, 2, \forall Window = 1, 2^{Level}. \quad (4)$$

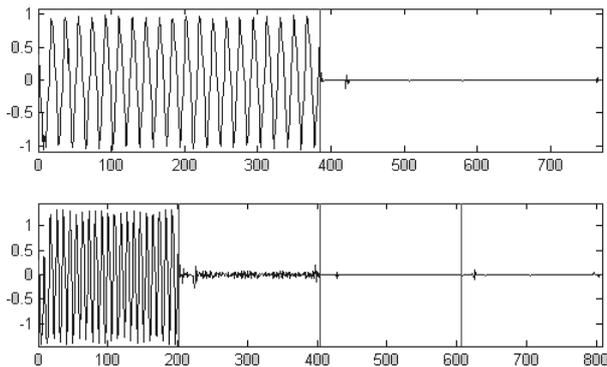


Рис. 3. ПВП сигнала с импульсом «второго класса»

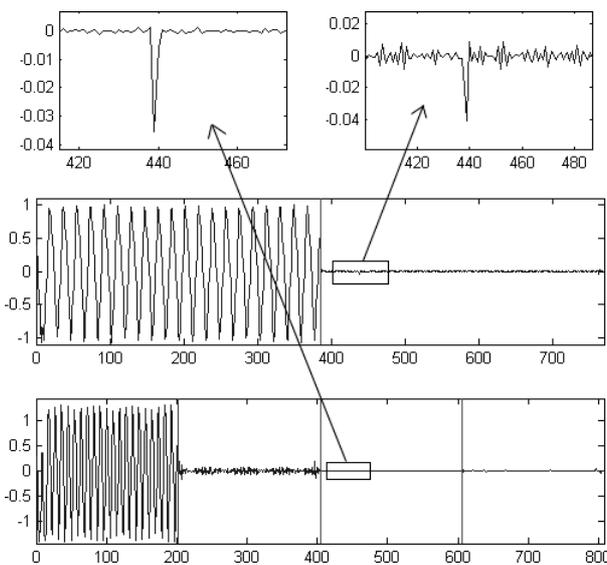


Рис. 4. ПВП сигнала с импульсом «третьего класса»

Таблица 1. Сравнительная характеристика окон ПВП сигнала с импульсом «второго класса»

Уровень : № окна Характеристика	1:1	1:2	2:1	2:2	2:3	2:4
δ_{normal}	0,6283	0,0036	0,8864	0,0386	0,00054	0,005
$\min(coefs_{normal})$	-1,0631	-0,0107	-1,4156	-0,0768	-0,0012	-0,0129
$\max(coefs_{normal})$	0,9921	0,0090	1,3128	0,0717	0,0017	0,0147
$\min(coefs_{peak})$	-1,0631	-0,1509	-1,4156	-0,2764	-0,0822	-0,1139
$\max(coefs_{peak})$	0,9921	0,0757	1,3195	0,1646	0,0490	0,1108
W	0	10,61	0	4,73	16,56	9,11

Таблица 2. Сравнительная характеристика окон ПВП сигнала с импульсом «третьего класса»

Level : Window Характеристика	1:1	1:2	2:1	2:2	2:3	2:4
δ_{normal}	0,6283	0,0036	0,8864	0,0386	0,00054	0,005
$\min(coefs_{normal})$	-1,0631	-0,0107	-1,4156	-0,0768	-0,0012	-0,0129
$\max(coefs_{normal})$	0,9921	0,0090	1,3128	0,0717	0,0017	0,0147
$\min(coefs_{peak})$	-1,0631	-0,0110	-1,4156	-0,0768	-0,0077	-0,0129
$\max(coefs_{peak})$	0,9921	0,0119	1,3128	0,0717	0,0042	0,0147
W	0	0,654	0	0	6,13	0

Сравнивая полученные коэффициенты в разных окнах, полученных после ПВП сигнала с импульсом, можно заметить, что третье окно второго уровня преобразования, как для сигналов с импульсом «второго класса», так и с импульсом «третьего класса», содержит коэффициенты, которые позволяют с наибольшей точностью определить наличие импульса и время его возникновения в сигнале. ПВП на дальнейших уровнях является менее эффективным, и импульс становится менее выраженным в получаемых коэффициентах.

Исходя из выше сказанного, получаем, что для выявления импульсов «второго класса» и «третьего класса» в сигнале достаточно производить вычисления, необходимые только для получения коэффициентов в третьем окне второго уровня ПВП. Для того чтобы иметь возможность производить вычисления отдельно взятых окон ПВП [7], необходимо рассчитать вейвлет-пакет для конкретного окна. Расчет конкретного вейвлет-пакета выполняется на основе выражений

$$\Psi_{2j}(t) = \sqrt{2} \sum_n h_n \psi_j(2t - n), \quad (5)$$

$$\Psi_{2j+1}(t) = \sqrt{2} \sum_n g_n \psi_j(2t - n), \quad (6)$$

где h_n, g_n – вейвлет-последовательность и масштабирующая последовательность, n – количество коэффициентов последовательности h и g , ψ – вейвлет-пакет, ψ_0 – исходная вейвлет-функция.

В данном случае зависимость между сквозной нумерацией окон и уровнем и номером окна на этом уровне представлена в выражении

$$\begin{aligned} \text{>window} &= (2^{\text{Level}} - 2) + \text{Window} - 1 = \\ &= 2^{\text{Level}} + \text{Window} - 3. \end{aligned} \quad (7)$$

Для получения коэффициентов на заданном уровне и заданном окне данного уровня необходимо выполнить свертку сигнала с соответствующим вейвлет-пакетом:

$$\begin{aligned} \text{coefs}_{\text{Level:Window}} &= \Psi_{\text{>window}} \times s = \\ &= \Psi_{2^{\text{Level}} + \text{Window} - 3} \times s. \end{aligned} \quad (8)$$

В рассмотренном решении по обнаружению в сигнале импульсов с «первого класса» по «третий класс» в качестве вейвлет-функции использовалась функция Добеши десятого порядка (db10). Вейвлеты Добеши увеличивают свою чувствительность к выделению импульсов, особенно слабых, от низких к высшим порядкам. При этом бесконтрольное увеличение порядка вейвлета Добеши бессмысленно, нужная точность для обнаружения «третьего класса» импульсов достигается на десятом уровне и дальнейшее увеличение порядка вейвлета приведет лишь к увеличению затрат времени на производимые вычисления.

ИССЛЕДОВАНИЕ ИМПУЛЬСОВ «ЧЕТВЕРТОГО КЛАССА»

Для определения в сигнале импульса «четвертого класса» недостаточно простого выявления увеличения значений коэффициентов относительно среднего значения в сигнале без импульса. Это обусловлено тем, что импульс сильно растянут во времени и вносит значительно больший вклад в коэффициенты ПВП, нежели импульсы «первого» – «третьего класса», и, как следствие, может быть принят за отказ работы датчика. Пример ПВП до второго уровня приведен на рис. 5.

Из рисунков видно, что на первом уровне ПВП, так же как и для сигналов с «первым классом» импульсов, детализирующие коэффициенты возрастают в местах появления импульсов. Но при этом отчетливо видно, что величина коэффициентов в местах импульсов значительно уменьшается при уменьшении мощности самих импульсов и становится сравнимой с детализирующими коэффициентами остальной части сигнала.

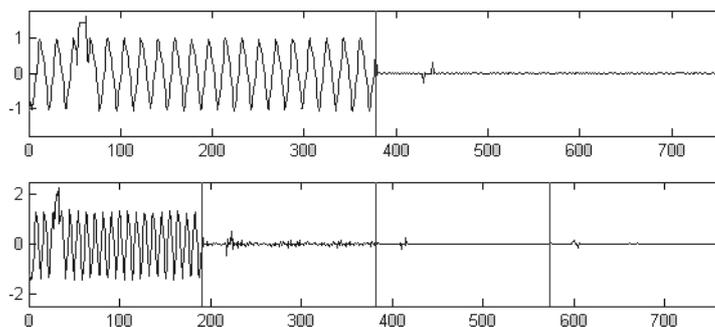


Рис. 5. ПВП сигнала с импульсом «четвертого класса»

В качестве базового вейвлета был выбран вейвлет Добеши третьего порядка (db3). Такое снижение порядка базового вейвлета скажется на его длине и длине его вейвлет-пакетов, т. е. длина вейвлет-функции будет меньше за счет того, что ее можно описать меньшим количеством точек. При длине вейвлет-функции меньшей отрезка сигнала, который содержит исследуемый импульс «четвертого класса», часть коэффициентов преобразования будет иметь одинаковые значения, поскольку значение функции (пика импульса) не будет изменяться во времени.

Кроме того, что после вейвлет-преобразования в детализирующих коэффициентах возможно обнаружение последовательности коэффициентов, принимающих одинаковые значения, необходимы дополнительные условия, которые смогли бы охарактеризовать появление в сигнале именно импульса, а не просто определенной последовательности значений сигнала, которые могут породить такие же последовательности коэффициентов, как и импульс. В качестве таких дополнительных условий можно рассмотреть восходящий и нисходящий фронты импульса «четвертого класса». Как видно из рис. 5, во втором окне первого уровня и во втором – четвертом окнах второго уровня разложения имеются выразительные всплески или отклонения коэффициентов от среднего значения всего остального сигнала. Эти всплески являются достаточно выраженными за счет резко возрастающего и убывающего фронтов импульса. Важным является тот факт, что знаки всплесков (максимального отклонения от средней величины остального сигнала), соответствующие возрастающему и ниспадающему фронту импульса, являются противоположными.

Учитывая все вышеизложенное, для определения наличия в сигнале импульса «четвертого класса» необходимо выполнить свертку сигнала (8) с вейвлет-пакетом соответствующего уровня и окна, определить в полученных вейвлет-коэффициентах наличие последовательности из нескольких одинаковых по значению величин, а также установить наличие «всплесков» на краях найденной последовательности с противоположными знаками и заданной относительной мощностью. Важным вопросом при выявлении импульсов «четвертого класса» остается выбор оптимального уровня и окна для анализа вейвлет-коэффициентов.

ВЫВОДЫ

Выявление импульсов в сигналах с датчиков частоты вращения является одной из проблем в задаче

выявления аварийного рассоединения трансмиссии, так как момент обрыва вала характеризуется скачком параметров сигнала, получаемых с ДЧВ.

Для выявления импульсов различного рода выбран математический аппарат вейвлет-анализа. Выбор обусловлен хорошей частотно-временной локализацией вейвлет-преобразования и высокой скоростью обработки.

Для выявления импульсов предложено рассчитывать относительную мощность последовательных участков коэффициентов вейвлет-разложения, сделан вывод об информативности данной характеристики. Сравнение с порогом относительной мощности позволит судить о наличии импульса в сигнале. Важным является подбор такого порога, который обеспечит достоверность принятия решения о наличии импульса. Не менее важным является выбор параметров вейвлет-преобразования сигнала (порядка вейвлета, уровня разложения, при ПВП – уровня и окна данного уровня).

Перспективным в данном направлении является: анализ вейвлетов других семейств, поиск дополнительных информативных характеристик, которые бы позволили ускорить процесс принятия решений; исследование поведения датчиков при их выходе из строя с целью последующего учета такого поведения при анализе сигналов ДЧВ, что позволит повысить достоверность принятия правильного решения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Афонин Ю. С.* Методы обработки сигналов в задаче обнаружения аварийного рассоединения трансмиссии газотурбинного двигателя / Ю. С. Афонин, В. И. Дубровин, В. Н. Харитонов // Вестник двигателестроения : научно-технический журнал. – 2009. – № 3. – С. 15–18: рис., граф.
2. *Дремин И. М.* Вейвлеты и их использование / И. М. Дремин, О. В. Иванов, В. А. Нечитайло // Успехи физических наук. – 2000. – Т. 171, № 5. – С. 465–501.
3. *Дьяконов В. П.* Вейвлеты. От теории к практике / Дьяконов В. П. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М. : Солон-Пресс, 2004. – 400 с.
4. *Чуи К.* Введение в вейвлеты / К. Чуи. – М. : Мир, 2001. – 412 с.
5. *Jaideva C.* Fundamentals of wavelets. Theory, algorithms and applications / Goswami, Andrew K. Chan. – Wiley Interscience, 1999. – 324 p.
6. *Афонин Ю. С.* Быстрое и пакетное вейвлет-преобразование в задачах моделирования объекта / Ю. С. Афонин, В. И. Дубровин, Т. В. Манило // 5-я международная научно-практическая конференция «Математическое и программное обеспечение интеллектуальных систем» : сб. докладов. – Днепропетровск, 2007. – С. 12–13.
7. *Манило Т. В.* Оптимизация схемы пакетного вейвлет-разложения для сокращения времени обработки одномерных сигналов / Т. В. Манило, Ю. С. Афонин // 12-й международный молодежный форум «Радиоэлектроника и молодежь в XXI в.» : сб. материалов форума. – Харьков : ХНУРЭ, 2008. – Ч. 2. – С. 130.

Надійшла 15.02.2010

Дубровін В. І., Афонін Ю. С., Маніло Т. В., Харитонов В. М.

ВЕЙВЛЕТ-АНАЛІЗ КОРОТКОЧАСНИХ ІМПУЛЬСІВ В СИГНАЛАХ З ДАТЧИКІВ ЧАСТОТИ ОБЕРТАННЯ РОТОРА ГТД

В статті розглянута проблема виявлення короточасних імпульсів в сигналах з датчиків частоти обертання ротора ГТД, які виникають в момент аварійного роз'єднання трансмісії. Подана класифікація даних імпульсів. Аналіз кожного виду імпульсу виконаний з використанням вейвлет-перетворення, як найбільш доцільного для виявлення локальних особливостей характеристик сигналу. Розглядаються перспективні задачі в даному напрямку.

Ключові слова: сигнал ДЧО, вейвлет-аналіз, короточасний імпульс, коефіцієнти вейвлет-перетворення, вейвлети Добеши.

УДК 004.042

Корниенко С. К.

Канд. техн. наук, доцент Запорозького національного технічного університета

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ЛОГИСТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА

Рассмотрены основные понятия информационной логистики. Проведен анализ информационных потоков торгового предприятия и основных требований, предъявляемых к логистическим системам. Предложена архитектура и описаны функции разработанной логистической информационной системы.

Ключевые слова: информационные потоки, логистика, логистическая информационная система, торговая логистика.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время коммерческие отношения формируются в условиях высокой конкуренции, неопределенности и неустойчивости рыночной среды. Для того чтобы добиться успеха в предпринимательской деятельности, уже недостаточно использовать лишь маркетинговые подходы, требуется применение современных высокоэффективных способов и методов управления потоковыми процессами.

Результатом управления товарным и информационными потоками в ручном режиме является недостаточная оперативность, полнота и достоверность получения данных. Как следствие – принятие неверных или запоздавших управленческих решений, невозможность предвидеть и моделировать ситуации, низкая эффективность менеджмента в целом.

Спецификой современной торговой компании является широкая номенклатура товаров, которые поступают от разных поставщиков. При этом учет каждого вида товаров имеет свои нюансы: нормы естественного убытка, контроль сроков годности, нормативный запас и т. д. В этих условиях нужны не

только аккуратность и точность, но и высокая скорость работы с информационным потоком и быстрое принятие решений, что невозможно обеспечить только за счет человеческого ресурса [1, 2].

Обеспечить это можно только современными автоматизированными методиками, базирующимися на основе компьютерных технологий. Крайне важно, чтобы собранная информация была структурирована с учетом потребностей потенциальных пользователей и хранилась в форме, позволяющей использовать современные технологии доступа и обработки [3, 4].

Наиболее прогрессивным научно-прикладным направлением в данной области является информационная логистика.

АНАЛИЗ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПОТОКОВ ТОРГОВОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Логистика – часть экономической науки и область деятельности, предмет которых заключается в организации и регулировании процессов продвижения товаров от производителей к потребителям, функционирования сферы обращения продукции, това-

© Корниенко С. К., 2010