



Math-Net.Ru

Общероссийский математический портал

Т. С. Горева, С. Е. Кузнецов, Н. Н. Портнягин, Фильтрокомпенсирующее устройство импульсных и флуктуационных помех, *Вестник КРАУНЦ. Физ.-мат. науки*, 2012, выпуск 1(4), 44–50

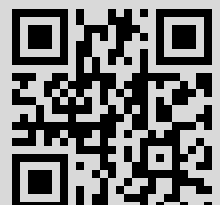
DOI: <http://dx.doi.org/10.18454/2079-6641-2012-4-1-44-50>

Использование Общероссийского математического портала Math-Net.Ru подразумевает, что вы прочитали и согласны с пользовательским соглашением  
<http://www.mathnet.ru/rus/agreement>

Параметры загрузки:

IP: 77.82.194.116

16 июля 2016 г., 15:46:00



УДК 621.3.01

## **ФИЛЬТРОКОМПЕНСИРУЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО ИМПУЛЬСНЫХ И ФЛУКТУАЦИОННЫХ ПОМЕХ**

**Горева Т.С.<sup>1</sup>, Кузнецов С.Е.<sup>2</sup>, Порнягин Н.Н.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Филиал Дальневосточного Федерального государственного университета, 683031, г. Петропавловск-Камчатский, ул. Тушканова, 11/1

<sup>2</sup> Государственная морская академия им. адм. С.О. Макарова, 199106, г. Санкт-Петербург, Косая линия, д. 15а

<sup>3</sup> Российский государственный университет им. И.М. Губкина, 119996, ГСП-1, г. Москва, Ленинский проспект, 65

E-mail: tatyana-goreva@yandex.ru

Предложена методика и алгоритмы идентификации структурных составляющих несинусоидальных сигналов напряжения и тока в судовой электроэнергетической системе. Разработана структурная схема и полезная модель активного компенсатора кондуктивных помех на основе вейвлет-преобразования.

*Ключевые слова: судовая электрическая сеть, активный компенсатор помех, импульсные помехи, вейвлет – преобразование*

© Горева Т.С., Кузнецов С.Е., Порнягин Н.Н., 2012

MSC 93B30

## **FILTER-UNIT PULSE AND FLUCTUATING NOISE**

**Goreva T.S.<sup>1</sup>, Kuznetsov S.E.<sup>2</sup>, Pornjagin N.N.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Branch of the Far Eastern Federal State University, 683031, Petropavlovsk-Kamchatsky, Tushkanova st., 11 / 1

<sup>2</sup> Admiral Makarov State maritime academy, 199106, St. Petersburg, Oblique line 15a

<sup>3</sup> Gubkin Russian State University of Oil and Gas, 119996, Moscow, Leninsky prospekt., 65

E-mail: tatyana-goreva@yandex.ru

The technique and algorithms for identifying structural components of non-sinusoidal voltage and current signals in the ship power system. The skeleton diagram and useful model of active compensator conducted emissions on the basis of wavelet transform.

*Key words: a ship electric network, the active jack of hindrances, pulse hindrances, wavelet – transformation*

© Goreva T.S., Kuznetsov S.E., Portnjagin N.N., 2012

## ВВЕДЕНИЕ

В работе [1] был предложен метод анализа импульсных помех в системах электроснабжения. Такой анализ необходим, так как увеличение установленной мощности нелинейных резко переменных нагрузок в судовых системах, приводит в ряде случаев к ухудшению качественных показателей электроэнергии (КПЭ).

Низкое качество электроэнергии характеризуется искажением формы синусоидального напряжения в цепях питания, отклонением напряжения за пределы установленных допусков или полные прерывания подачи электроэнергии. Такие возмущения могут быть вызваны гармониками сетевой частоты или неполадками в системе электроснабжения. Внешние возмущения обычно проявляются как неправильная работа оборудования или его полная остановка. Флуктуации напряжения имеют относительно небольшое (менее  $\pm 5\%$ ) изменение среднеквадратичными значениями напряжения в линии питания. Источником является пульсирующая нагрузка.

Целью методов преодоления проявлений низкого качества электроэнергии является обеспечение соответствия электроэнергии, используемой для питания оборудования, требованиям стандартов.

Поэтому принципиально новым методом многомасштабного анализа является структурная индексация. Её суть заключается в выявлении структурных особенностей сигналов для последующего анализа этих особенностей. Сигналы питающего напряжения содержат разномасштабные локальные особенности. Относительная величина и временная протяженность таких особенностей зависит от природы возмущения.

Естественным и наиболее эффективным способом представления таких сигналов является построение нелинейных адаптивных аппроксимирующих схем на основе экстраполирующих фильтров. Инструментом, позволяющим реализовать такую процедуру для сигналов с подобными особенностями, является вейвлет-преобразование. При обычном ортогональном вейвлет – разложении аппроксимирующие коэффициенты раскладываются на аппроксимирующие и детализирующие коэффициенты более низкого уровня, а затем процедура применяется к вновь полученным аппроксимирующим коэффициентам. Детализирующие коэффициенты далее не анализируются.

## МЕТОД СТРУКТУРНОЙ ИНДЕТИФИКАЦИИ

Предлагается новый метод выделения структурных составляющих случайных сигналов тока и напряжения на основе вейвлет – преобразования [2],[3],[5].

Структурная схема активного компенсатора помех (АКП) сетевого тока представлена на рис.1. В состав АКП входят следующие узлы:

- 1) датчики тока (ДТ) и напряжения (ДН);
- 2) микропроцессор с процессорным ядром DSP;
- 3) система управления силовыми ключами;
- 4) IGBT – преобразователь;
- 5) дроссели (L);
- 6) блок защиты (F);
- 7) выпрямитель (UD).

В состав компенсатора помех входят:

1. Современные интеллектуальные оптические датчики тока и напряжения. Работа оптического датчика тока основана на эффекте Фарадея, заключающемся в изме-

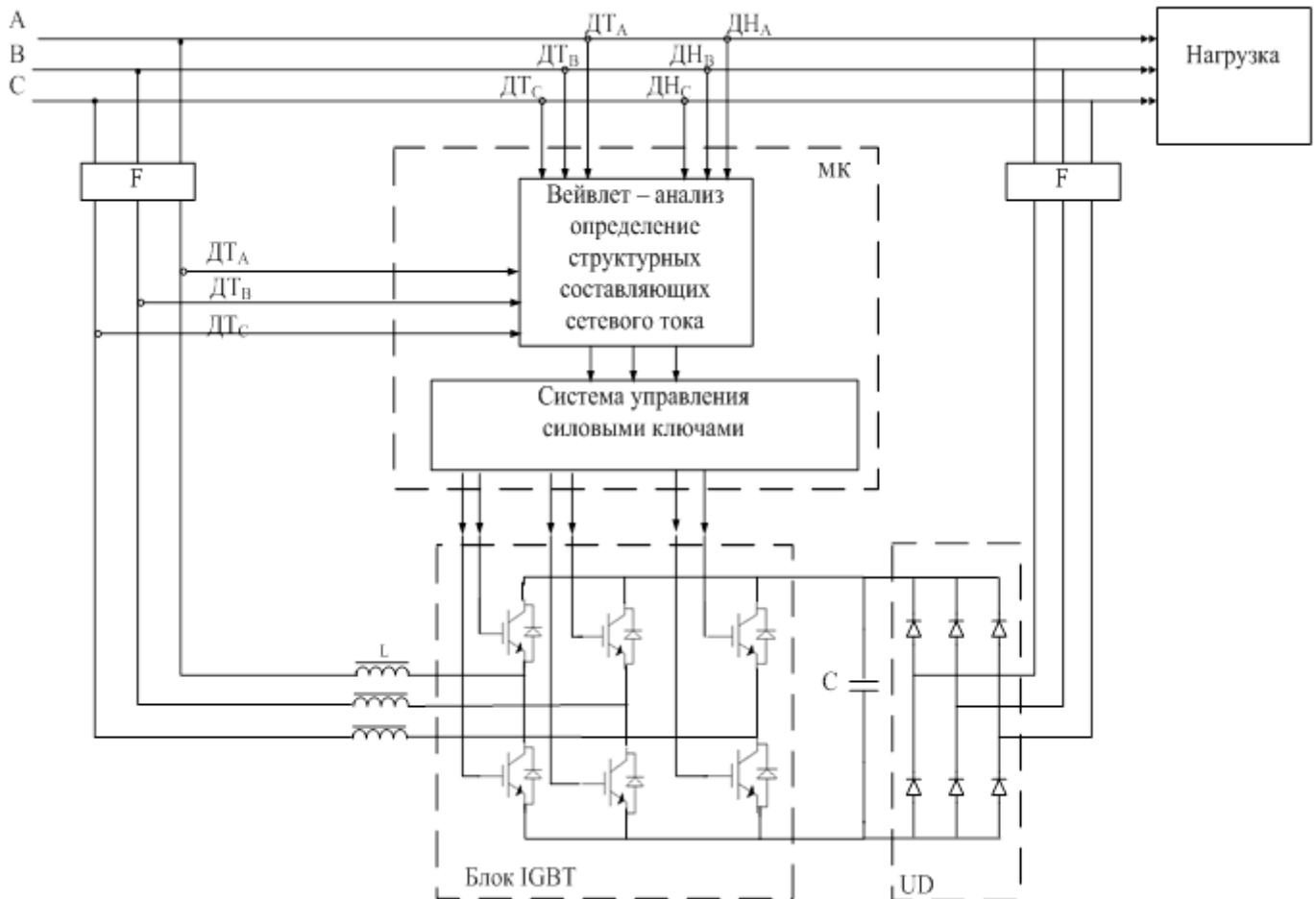


Рис. 1. Структурная схема системы обнаружения и компенсации помех тока

нении поляризации светового потока под воздействием магнитного поля. Упрощенная структурная электроннооптической схемы датчика тока содержит источник оптического сигнала. Этот сигнал с помощью разветвителя преобразуется в два право- и левополяризованных сигнала с противоположными напряжениями вращения, которые поступают в оптическую петлю, выполненную из  $N$  витков оптоволоконна. Возможное размещение датчиков: распределительные устройства, места разделки кабеля. Токосые датчики позволяют измерять токи в диапазоне от 3А до 1кА с погрешностью не превышающей 1%. Работает в диапазоне температур  $-40...+85$  °С. Вес этих датчиков в комплекте с оптоволоконными проводами не превышает 570 г. Полученные электрические сигналы поступают на вход аналого-цифрового преобразователя электронного блока с дальнейшей обработкой в DSP процессоре.

2. Блок активного фильтра (АФ). В качестве АФ используется инвертор напряжения на силовых IGBT-транзисторах. В схеме предусматривается независимое управление транзисторами каждой фазы. Накопителем энергии является конденсатор  $C$  и служит для сглаживания пульсаций мгновенной активной мощности потребителя.

3. Система управления активным фильтром (СУАФ). В основе СУ лежит широтно-импульсный модулятор, который преобразует непрерывные сигналы сетевого тока и напряжения в управляющие импульсы для IGBT-ключей инвертора напряжения. Система управления реализует алгоритм минимизации значений токов ВГ. В цепях модулятора предусмотрена обратная связь по току и таким образом обеспечивает-

ся «слежение» токов компенсации  $i_k$  за изменением задающих токов  $i_s$ . Применение в СУ и инверторе амплитудно-импульсной модуляции (АИМ) взамен широтно-импульсной модуляции (ШИМ) позволит улучшить качество выходного тока и напряжения инвертора, что открывает перспективы применения инверторов в автономных электротехнических комплексах, таких как судовые электротехнические системы.

4. Блок формирования задающих токов компенсации (Вейвлет-Фильтр). При изменяющемся режиме работы нелинейных нагрузок кривые напряжения и тока оказываются непериодическими. Амплитуды и фазы ВГ изменяются во времени по случайным законам. Кроме того, при работе нелинейных нагрузок появляются импульсные и флуктуационные помехи они обуславливают появление составляющих сплошного спектра. По этой причине применение рядов Фурье для идентификации структурных составляющих дает значительную погрешность, следовательно и все устройство будет работать неэффективно.

5. Блок защиты содержит быстродействующие предохранители и с помощью контактора и балластного сопротивления обеспечивает защиту от КЗ и перегрузки. Применение АКП обеспечивает значительное снижение:

- коэффициента несинусоидальности;
- коэффициента  $n$ -й гармонической составляющей.

Построена компьютерная модель фильтрокомпенсирующего устройства рис. 2–4 [4]. Проведена экспериментальная проверка разработанных алгоритмов улучшения параметров качества электроэнергии. Результаты эксперимента приведены на рис.5–8.

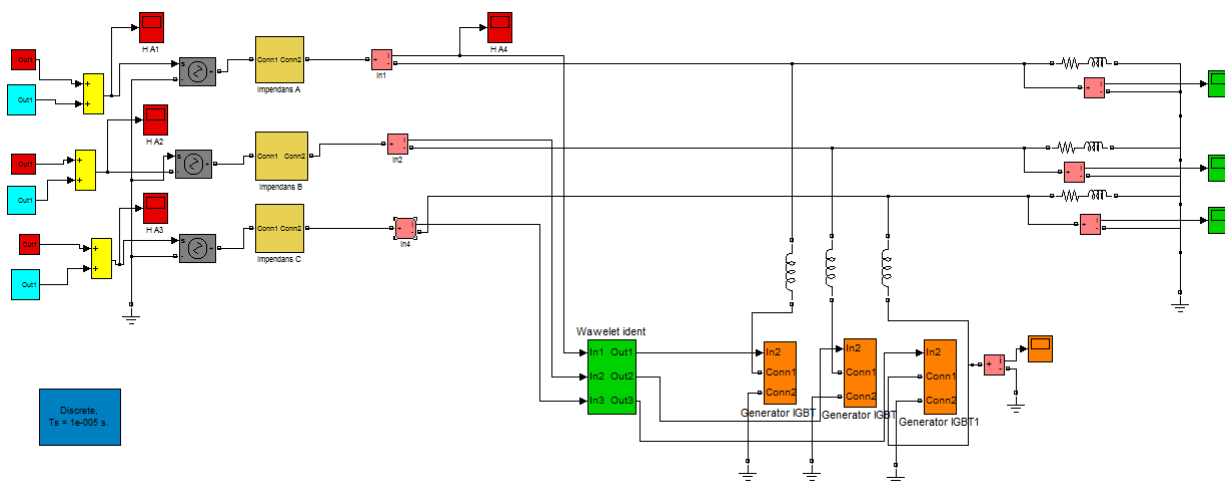


Рис. 2. Полезная модель на фильтрокомпенсирующее устройство импульсных и флуктуационных помех случайного характера, возникающих в системах электроснабжения, с идентификацией в ортогональном вейвлет-базисе

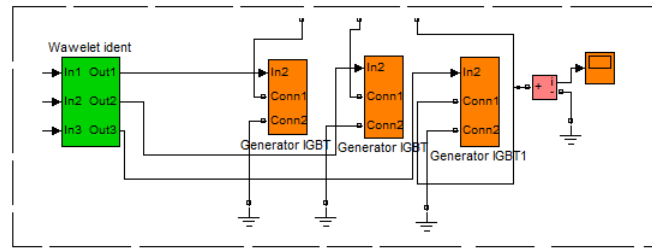


Рис. 3. Подсистема формирования сигнала управления

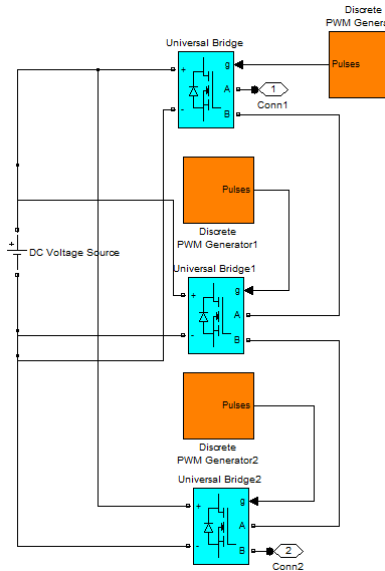


Рис. 4. Подсистема выработки сигнала компенсации

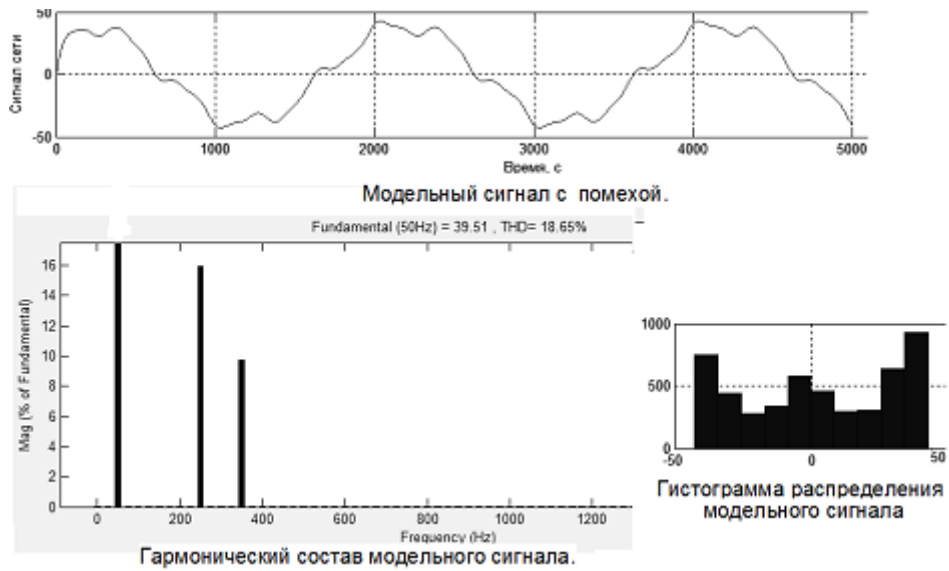


Рис. 5. Анализ структурных особенностей тока нагрузки (соответствующим пятой и седьмой гармоникам по Фурье)

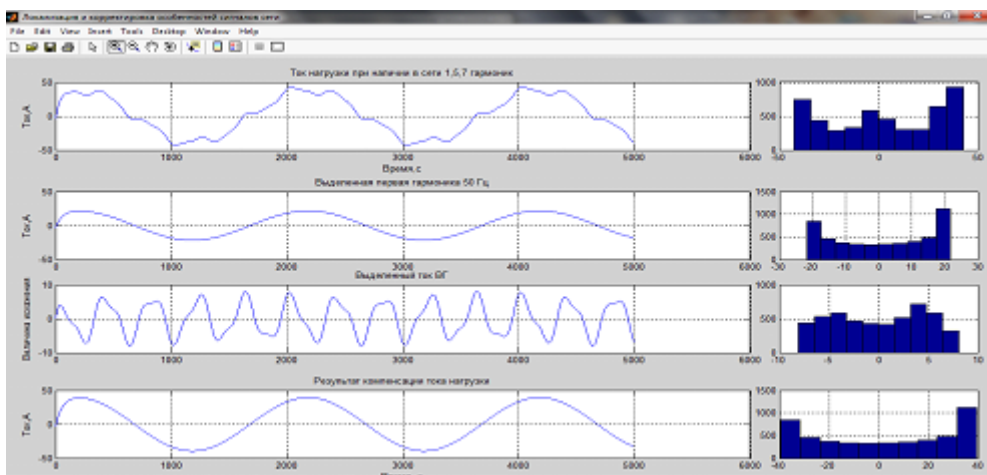


Рис. 6. Идентификация структурных компонент тока нагрузки

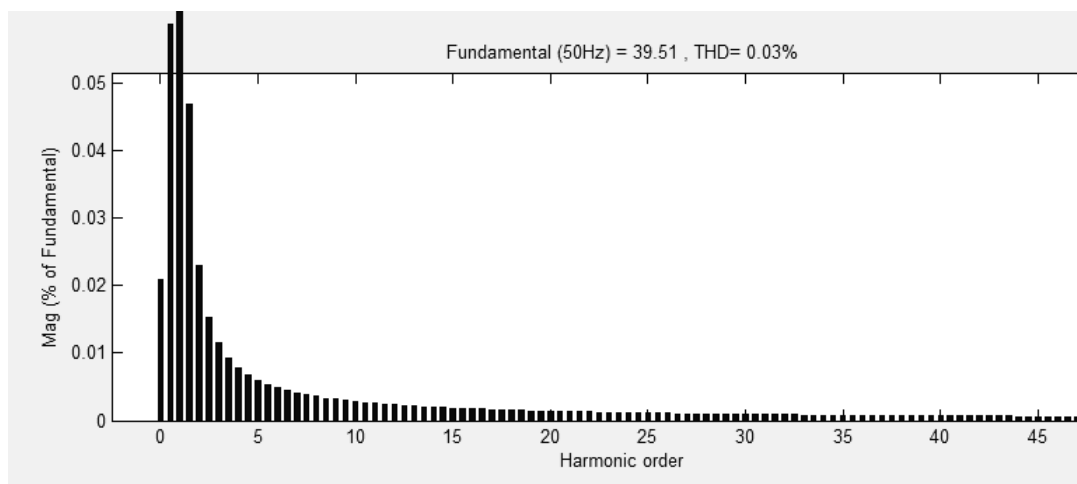


Рис. 7. Гармонический состав сигнала после подавления помехи

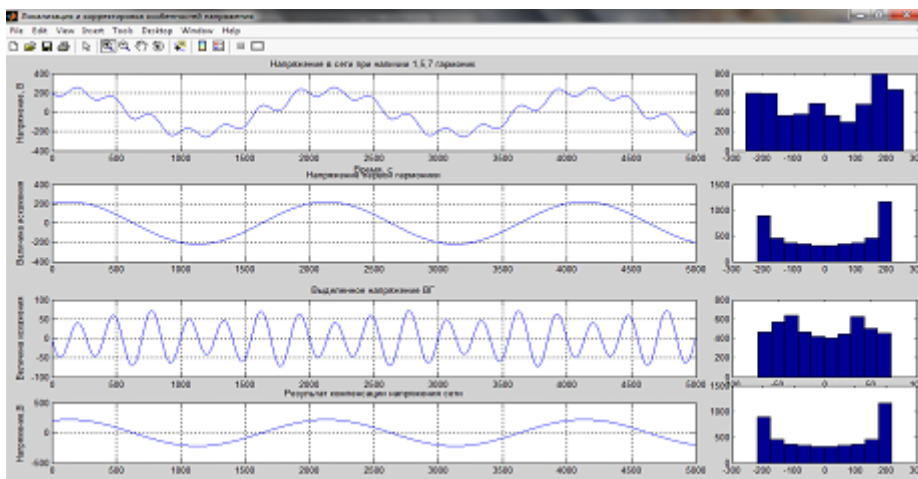


Рис. 8. Идентификация структурных компонент напряжения сети

Из полученных результатов видно, что представленные методы и разработанный активный компенсатор помех позволит уменьшить высшие гармонические составляющие в питающую сеть от 18,65 до 0,03%.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные теоретические исследования и модельные компьютерные эксперименты позволяют сделать следующие выводы:

- проблема роста искажающей мощности в сети электропитания может быть эффективно решена методами активной цифровой фильтрации;
- выделение импульсных кондуктивных и других видов помех эффективно осуществлять, используя разложение в базисе вейвлетов;
- практическая реализация алгоритмов цифровой обработки может быть успешно осуществлена средствами микропроцессорной техники и силовой электроники.

## Библиографический список

1. Горева Т.С., Кузнецов С.Е, Портнягин Н.Н. Метод анализа импульсных помех в системах электропитания с идентификацией структурных компонент в ортогональном вейвлет-базисе // Вестник КРАУНЦ. Физико-математические науки. – 2011. – № 2 (3) – С. 50–57.
2. Кузнецов С.Е., Портнягин Н.Н., Горева Т.С., Горева Т.И. Свидетельство об отраслевой регистрации комплекса программ для ЭВМ № 16624: «Анализатор импульсных и флуктуационных помех случайного характера в системах электропитания с идентификацией структурных компонент в ортогональном вейвлет базисе». – М.: ИНИМ РАО, 2011.
3. Кузнецов С.Е., Горева Т.С., Портнягин Н.Н. Построение активных фильтров подавления импульсных помех в сетях электропитания промышленных судов с применением вейвлет – анализа // Эксплуатация морского транспорта. – 2011. – Вып. 3. – С. 65–70.
4. Горева Т.С., Портнягин Н.Н., Кузнецов С.Е. Свидетельство об отраслевой регистрации комплекса программ для ЭВМ № 16746: «Полезная модель на фильтрокомпенсирующее устройство импульсных и флуктуационных помех случайного характера, возникающих в системах электропитания, с идентификацией в ортогональном вейвлет - базисе». – М.: ИНИМ РАО, 2011.
5. Горева Т.С., Портнягин Н.Н. Методы построения активных фильтров подавления импульсных помех в сетях электропитания промышленных судов. – М.: Академия Естествознания, 2010. – 102 с.

Поступила в редакцию / Original article submitted: 12.06.2012