

бования национального законодательства, основные цели и задачи университета, специфика деятельности [5].

В заключении стоит отметить, что внедрение зарубежного практического опыта в деятельность университетов Республики Беларусь может оказать позитивное влияние на участие университетов в инновационных процессах, в т.ч. в рамках международного научно-технического сотрудничества, и, при должном подходе, будет способствовать внедрению достижений университетской науки в реальный сектор экономики за счет разработки и последующей реализации взвешенной стратегии в области ИС, что делает целесообразным ознакомление, критический анализ, адаптацию и внедрение передовых иностранных практик в данной сфере.

Список использованных источников

1. Кудашов, В.И. Интеллектуальная собственность: экономические и организационно-правовые механизмы управления: монография / В.И. Кудашов, Ю.В. Нечепуренко. – Минск: Амалфея: Мисанта, 2013. – 192 с.
2. Калинин, А.Ю. Политика университета в области интеллектуальной собственности: зарубежный опыт / А.Ю. Калинин, Ю.В. Нечепуренко // Интеллектуальная собственность в Беларуси. – 2018. – № 3 (79) 2018. – С. 16–22.
3. The University of Hong Kong [Electronic resource]: Intellectual Property Rights Policy For Staff, Students And Visitors. – Mode of access: <http://www.handbook.hku.hk/ug/full-time-2018-19/important-policies/intellectual-property-rights-policy-for-staff-students-and-visitors>. – Date of access: 20.02.2019.
4. ipHandbook of Best Practices [Electronic resource]: IP Management at Chinese Universities. – Mode of access: <http://www.iphandbook.org/handbook/ch17/p09/>. – Date of access: 05.11.2018.
5. Калинин А.Ю. Стратегии управления интеллектуальной собственностью вузов Республики Беларусь / Ю.И. Енин, А.Ю. Калинин // Вестник Могилевского государственного университета им. А.А. Кулешова. Серия Д. Экономика. Социология. Право. – 2015. – №2 (46), – С. 12-20.

УДК 621

ПРИМЕНЕНИЕ ОКОННОГО АВТОРЕГРЕССИОННОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ НЕСТАЦИОНАРНЫХ СИГНАЛОВ

Кечик Д.А.

Белорусский национальный технический университет

***Аннотация.** Предложен метод оценки мгновенных параметров нестационарных сигналов, имеющих несколько базовых частот, основанный на оценке коэффициентов авторегрессии на коротких временных интервалах. Коэффициенты авторегрессии оцениваются с учётом линейно изменяющейся частоты.*

***Abstract.** Non-stationary signals parameters with a few base frequencies estimation method based on autoregression coefficients estimation at short time frames has been proposed. Autoregression coefficients are estimated considering linear sweeping frequency.*

Общепринятым методом извлечения информативных признаков дефектов роторного оборудования является спектральный анализ вибрационного сигнала и его огибающей. Метод показал свою эффективность в силу периодичности возбуждающих или модулирующих вибрацию сил [1]. Большинство методов спектрального анализа основаны на выявлении роста амплитуд составляющих вибросигнала на частотах, соответствующих собственным частотам элементов машины, частотам вращения роторов

и гармоникам этих частот [2]. Частоты спектральных составляющих рассчитываются исходя из геометрических размеров деталей и скорости вращения приводного вала [2, 3].

Основная проблема использования данного метода состоит в растекании спектральных составляющих при изменении мгновенных параметров составляющих сигнала во времени [4, 5]. Для повышения достоверности обнаружения спектральных составляющих целесообразно масштабировать исходный сигнал по времени таким образом, чтобы скомпенсировать изменение мгновенной частоты [6]. Использование оконного ДПФ для её оценки общепринятыми методами [6–8] уменьшает разрешение по частоте. Использование коэффициентов авторегрессии (АР) позволяет избавиться от указанных недостатков и получить более точные результаты [9]. В коротких перекрывающихся временных окнах рассчитываются АР коэффициенты. В каждом окне методом Прони получают амплитуды, частоты, начальные фазы и коэффициенты затухания синусоидальных компонентов. Предполагается затухание оцениваемых компонентов по экспоненциальному закону, незатухающие синусоиды являются частным случаем. Виброакустический сигнал содержит в себе множество составляющих различной природы, но рассмотренные алгоритмы оценки частот составляющих сигнала предполагают наличие одной базовой частоты [6–8]. Для метода [9] это предположение не является обязательным.

Существует метод преобразования оцененных ранее мгновенных параметров компонентов сигнала в авторегрессионные (АР) коэффициенты для параметрического представления речи [10]. Известные ковариационный и автокорреляционный методы оценки АР коэффициентов предполагают постоянство частоты сигнала. Процедура конверсии гармонических параметров позволяет эффективно представить сигнал с меняющейся частотой АР коэффициентами при известных значениях амплитуды и частоты компонентов сигнала в каждый момент времени.

Предложено использовать процедуру конверсии мгновенных параметров сигнала для повышения точности оценки частот составляющих сигнала в коротком окне. Частота в пределах временного окна полагается меняющейся по линейному закону с неизвестным коэффициентом нарастания. На первом этапе предварительно оцениваются частоты имеющихся во временном окне компонентов автокорреляционным или ковариационным методом. На втором – минимизируется средняя квадратичная ошибка при конверсии оцененных ранее амплитуды и линейно меняющейся частоты в АР коэффициенты по коэффициенту нарастания частоты. На третьем этапе предлагается минимизировать среднюю квадратичную ошибку по оставшимся параметрам – амплитуде, фазе, затуханию.

В результате предложенный метод оценки мгновенных параметров компонентов сигнала позволяет достичь большего разрешения по частоте и представить одним отсчётом по частотной оси компоненты с частотной и амплитудной модуляцией, что повышает достоверность их обнаружения на фоне шума.

Список использованных источников

1. Генкин, М.Д. Виброакустическая диагностика машин и механизмов / М.Д. Генкин, А.Г. Соколова. – М.: Машиностроение, 1987. – 288 с.
2. Абрамов, И.Л. Вибродиагностика энергетического оборудования / И.Л. Абрамов. – Кемерово: КузГТУ, 2011. – 81 с.
3. Алгоритмы уточнения частоты вращения вала в задачах вибродиагностики роторного оборудования / Ю.П. Асламов [и др.] // Вестник ПГУ Серия В Промышленность Прикладные Науки. – 2017. – № 11. – С. 51-58.
4. Астафьева, Н.М. Вейвлет-анализ: основы теории и примеры применения / Н.М. Астафьева // Успехи Физических Наук. – 1996. – Т. 166, № 11. – С. 1145.
5. Воскобойников, Ю.Е. Филترация сигналов и изображений: фурье и вейвлет алгоритмы (с примерами в Mathcad): монография / Ю.Е. Воскобойников, А.В. Гочаков, А.Б. Колкер. – Новосибирск: Новосиб. гос. архитектур.-строит. ун-т (Сибстрин), 2010. – 188 с.

6. Азаров, И.С. Вычисление мгновенных гармонических параметров речевого сигнала / И.С. Азаров, А.А. Петровский // Речевые Технологии. – 2008. – № 1. – С. 67-77.
7. Instantaneous pitch estimation based on RAPT framework // 20th European Signal Processing Conference (EUSIPCO 2012) / Elsevier ; eds. A. Petrovsky, M. Vashkevich, E. Azarov. – Amsterdam ; New York, 2012.
8. Gonzalez, S. PEFAC – A Pitch Estimation Algorithm Robust to High Levels of Noise / S. Gonzalez, M. Brookes // IEEEACM Trans. Audio Speech Lang. Process. – 2014. – Vol. 22, №2. – P. 518-530.
9. Ribeiro, M.P. Non-stationary analysis and noise filtering using a technique extended from the original Prony method / M.P. Ribeiro, D.J. Ewins, D.A. Robb // Mech. Syst. Signal Process. – 2003. – Vol. 17. – P. 533-549.
10. Azarov, E. Linear prediction of deterministic components in hybrid signal representation / E. Azarov, A. Petrovsky. – 2010. – P. 2662-2665.

УДК 621.396.677

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МНОГОЛУЧЕВЫХ МИКРОПОЛОСКОВЫХ АНТЕННЫХ РЕШЕТОК ДЛЯ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ

Кизименко В.В., Корневский С.А., Наумович Н.М.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

Abstract. *The process of modeling of the antenna array farfield with formation of zero in the direction of interference is considered. It is shown that it is possible to apply the method of integral equations in thin-wire approximation to provide the required accuracy of the amplitude-phase distribution calculation for effective interference suppression.*

Введение. По мере развития сетей подвижной радиосвязи все большее внимание уделяется качественным показателям и надежности связи. Стремительное развитие сетей подвижной связи обусловило увеличение плотности размещения радиооборудования в городах, рост количества абонентов всех видов сетей, увеличение времени пользования мобильными телефонами, что привело к электромагнитной загрязненности среды. Действенным способом решения проблем электромагнитной совместимости и повышения помехоустойчивости аппаратуры, является применение цифровых антенных решеток (ЦАР), именуемых Smart-антеннами (умными антеннами). Технологиям цифрового формирования луча (цифрового диаграммообразования или цифрового формирования диаграммы направленности антенны) отводится все более значимое место в современных системах связи, ими занимаются практически во всех технически развитых странах мира. Без них не обходятся концепции мобильной связи 3-го, 4-го и 5 поколений.

Моделирование многолучевой антенной решетки. При расчете цифровых антенных решеток частот для эффективного подавления сигналов помех необходимо использовать математические модели излучателей, обеспечивающие малую погрешность вычислений.

На рисунке 1 приведены расчетные диаграммы направленности адаптивной многолучевой антенны, полученные методом геометрической оптики. Сплошной линией (USdB) показана ДН антенны при отсутствии помехи. Точками (UKdB) – ДН адаптивной антенны при наличии помех с направлений $V_{p1} = -27^{\circ}$ и $V_{p2} = 17^{\circ}$ градусов.

Из рисунка 1 видно, что ДН адаптивной антенны в направлении принимаемого сигнала ($V_c = 0$) практически не изменилась. При наличии помех адаптивная антенная решетка сформировала нули ДН в направлениях помех. Анализ полученных результатов показал, что для эффективного ослабления сигналов помех погрешность определения направления на источники помех не должна превышать 1-2 градуса. При погреш-