

ОТЗЫВ официального оппонента

доктора технических наук, профессора Хамитова Рустама Нуримановича,
на диссертационную работу Ибрайевой Ольги Леонидовны
«Методы и алгоритмы экспоненциального анализа для промышленных
приложений в АСУ ТП», представленную на соискание учёной степени
доктора технических наук по специальности 2.3.1 – Системный анализ,
управление и обработка информации, статистика

1. Актуальность темы диссертации

Современные производственные системы генерируют значительные объемы данных, содержащих информацию о состоянии технологического оборудования. Однако существующие методы анализа часто оказываются недостаточно эффективными для выделения полезных сигналов на фоне промышленных помех, обработки нестационарных процессов, анализа многокомпонентных сигналов, характерных для реальных условий эксплуатации.

Диссертационная работа Ибрайевой О.Л. предлагает новые решения в области экспоненциального анализа, направленные на преодоление указанных проблем. Разработанные методы позволяют с высокой точностью определять параметры сложных сигналов, что открывает возможности для создания более совершенных систем диагностики и управления.

Практическая ценность исследования подтверждается его ориентацией на решение конкретных промышленных задач, а именно, повышение точности измерений в системах контроля технологических процессов, раннее обнаружение дефектов в электромеханическом оборудовании, создание эффективных алгоритмов для работы в реальном времени.

Предложенные в работе подходы демонстрируют потенциал для совершенствования существующих систем мониторинга и могут быть использованы при разработке новых технических решений в различных отраслях промышленности. Сочетание теоретической глубины и практической направленности исследования свидетельствует о его своевременности и востребованности.

2. Научная новизна, достоверность и обоснованность результатов диссертационного исследования

Научная новизна работы заключается в создании новых методов экспоненциального анализа для решения практических задач диагностики промышленного оборудования. Основные результаты:

- 1) Разработаны рекуррентный и многоканальный методы матричных пучков, которые работают быстрее и точнее классических аналогов при обработке сигналов в реальном времени.
- 2) Созданы алгоритмы диагностики основных дефектов асинхронных двигателей – обрыва стержней ротора и межвитковых замыканий, показавшие высокую эффективность на реальных данных.
- 3) Предложены модификации методов Прони и матричных пучков для анализа сложных сигналов со случайными составляющими, что расширяет возможности диагностики механического оборудования.

Достоверность результатов подтверждается математической строгостью предложенных методов, тестированием на модельных и реальных данных, успешной апробацией на реальных промышленных сигналах от оборудования различных типов и внедрением в промышленность.

Обоснованность работы подтверждается публикациями в ведущих научных журналах, патентами и свидетельствами о регистрации программ, а также апробацией результатов на международных и всероссийских конференциях.

3. Теоретическая и практическая значимость результатов исследования

Теоретическая значимость работы состоит в развитии математических методов решения задач диагностики и прогнозирования состояния сложных динамических систем. Полученные результаты вносят вклад в теорию обработки сигналов, предлагая новые подходы к экспоненциальному анализу в условиях промышленного применения.

Разработанный автором диагностический инструментарий включает:

- 1) новые критерии идентификации истинных полюсов в условиях шума;
- 2) алгоритмы выделения информативных признаков из бесконечных сумм комплексных экспонент;
- 3) комплекс модификаций методов Прони и матричных пучков, преодолевающих ограничения классических подходов при работе с зашумленными и нестационарными сигналами электромеханических систем.

Практическая значимость работы имеет многоаспектный характер и подтверждена актами внедрения. Разработанные алгоритмы диагностики оборванных стержней ротора и межвитковых замыканий статора асинхронных двигателей представляют интерес для создания систем мониторинга электроприводов. Их преимущество – в способности выявлять признаки дефектов на ранних стадиях при работе двигателя под нагрузкой, что позволяет перейти к обслуживанию по фактическому состоянию. Внедрение этих алгоритмов на предприятиях энергетики, metallurgii и машиностроения позволит повысить надежность оборудования и сократить эксплуатационные затраты.

Потенциал тиражирования результатов выходит далеко за рамки рассмотренных в работе применений. Предложенные методы могут быть адаптированы для мониторинга различного электротехнического оборудования: мощных двигателей насосных и вентиляторных установок; генераторного оборудования электростанций; приводной техники прокатных станов и т.д.

Таким образом, работа решает конкретные прикладные задачи и создает основу для внедрения интеллектуальных систем диагностики в различных отраслях промышленности.

4. Замечания по диссертационной работе

Несмотря на, безусловно, высокий уровень диссертационного исследования, хотел бы высказать следующие замечания и вопросы по работе:

1) В диссертации для обозначения неисправности короткозамкнутого ротора преимущественно используется выражение «сломанные стержни ротора». Вместе с тем, в отечественной технической литературе устоявшейся и рекомендуемой терминологией является «обрыв стержней ротора». Использование менее распространённого термина может вызывать вопросы у читателей, ориентированных на традиционную российскую терминологическую практику.

2) В разделе «Научная новизна» диссертации перечислены положения, сформулированные преимущественно как «разработан новый алгоритм...». Такая форма изложения не позволяет в полной мере оценить глубину научного вклада автора, поскольку не всегда ясно, в чём состоит принципиальное отличие от существующих методов, и какие фундаментальные проблемы решены впервые. Особенно это касается

модификаций методов Паде-Лапласа, Прони и матричных пучков. Рекомендуется более чётко выделять теоретическую новизну и первенство в решении конкретных задач.

3) В диссертации при диагностике обрыва стержней ротора асинхронного двигателя производится оценка параметров двух боковых гармоник с частотами $f_{low} = (1 - 2s)f_1$ и $f_{high} = (1 + 2s)f_1$. Однако не приведено физическое объяснение, откуда именно эти частоты возникают. Без этого остаётся неясным, почему именно эти компоненты являются индикаторами дефекта.

4) При разработке рекуррентного многоканального метода матричных пучков слабо пояснено, почему резко сокращается время обработки сигнала по сравнению с другими методами (на примере оценки разности фаз сигналов расходомера).

5) При диагностике неисправностей стержней ротора асинхронного двигателя при использовании алгоритма рекуррентного метода матричных пучков желательно оценивать количественно степень деградации стержней в целях мониторинга состояния двигателя и на основе этого предложить рекомендации по срокам вывода двигателя в ремонт.

6) Основные выводы и результаты имеют фактологическую направленность, не приведены численные данные, показывающие эффективность разработанных методов по точности и времени расчетов и др. параметрам по сравнению с классическими методами, хотя в главах работы эти данные получены и подтверждают эффективность разработанных методов.

7) В работе широко применяется метод матричных пучков и его модификации, однако в тексте не приведён чёткий критерий определения числа экспонент (т.е. числа сигнальных сингулярных чисел). Непонятно, какие сингулярные числа следует отбрасывать как шумовые, особенно в условиях сильного зашумления или близких частот.

5. Заключение о соответствии диссертационной работы критериям, установленным Положениям о присуждении ученых степеней

Высказанные замечания носят частный характер и не влияют на общую высокую оценку диссертационной работы.

Диссертация Ибяевой О.Л. представляет собой завершенное научное исследование, в котором разработаны новые методы и алгоритмы, обладающие признаками научной новизны и имеющие существенную

теоретическую и практическую значимость. Автореферат адекватно отражает основное содержание диссертации. Публикации в ведущих рецензируемых изданиях соответствуют специальности и достаточны для защиты докторской диссертации.

Диссертационная работа соответствует паспорту специальности 2.3.1. «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика» по следующим пунктам паспорта специальности:

П. 1. Теоретические основы и методы системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений, обработки информации и искусственного интеллекта.

П. 2. Формализация и постановка задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений, обработки информации и искусственного интеллекта.

П. 3. Разработка критериев и моделей описания и оценки эффективности решения задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений, обработки информации и искусственного интеллекта.

П. 4. Разработка методов и алгоритмов решения задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений, обработки информации и искусственного интеллекта.

П. 5. Разработка специального математического и алгоритмического обеспечения систем анализа, оптимизации, управления, принятия решений, обработки информации и искусственного интеллекта.

Таким образом, представленная к защите диссертационная работа удовлетворяет критериям, предъявляемым к докторским диссертациям пунктами 9–11, 13,14 «Положения о присуждении ученых степеней», а ее автор, Ибрыева Ольга Леонидовна, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.3.1 – Системный анализ, управление и обработка информации, статистика.

Официальный оппонент

Доктор технических наук,
профессор, профессор кафедры
«Электрическая техника»
федерального государственного
автономного образовательного
учреждения высшего образования
«Омский государственный
технический университет»

Хамит

/ Р.Н. Хамитов/

1.12.2025

Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук защищена по специальности 05.09.03 – «Электротехнические комплексы и системы»

Данные об организации:

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Омский государственный технический университет»

Россия, 644050, г. Омск, пр. Мира, 11.

Телефон +7 (3812) 65-34-07

Эл/почта: info@omgtu.ru

Сайт организации: <https://omgtu.ru>

Подпись д.т.н., профессора Хамитова Рустама Нуримановича заверяю.

Проректор по НИД

П.С. Ложников



с ознакомлением

О.А. Ильиной

9.12.2025