

гократного использования. Это дает возможность оперативного использования и редактирования существующих разработок на всех этапах производственного процесса.

Литература

1. Калачев, О. Н. Компьютерно-интегрированное машиностроение и CAD/CAM Cimatron / О. Н. Калачев. – М. : Машиностроение, 1998. – С. 43–47, 49.
2. Maximize ROI with Model-Based Definition (MBD) : ACTION Engineering. – URL: <https://www.action-engineering.com/blog/mbd-and-roi/> (дата обращения: 15.10.2024).
3. MBD (Model-Based Definition): 2023 Edition. – URL: <https://www.capvidia.com/blog/mbd-model-based-definition-guide> (дата обращения: 15.10.2024).

УДК 620.004.5

ВИБРОАКУСТИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ: ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ

А. Н. Парфиевич, В. А. Сокол, Ю. Н. Саливончик

*Брестский государственный технический университет,
Республика Беларусь*

Признанная актуальность проблемы повышения эффективности и достоверности оценки технического состояния механических приводов, основанных на зубчатых передачах, требует постоянного совершенствования методов и средств диагностики. Многолетние исследования подтвердили высокую информативность виброакустических сигналов как диагностических параметров, что привело к разработке целого ряда методов и средств решения поставленных задач. Однако, несмотря на явные достоинства виброакустической диагностики, существует значительный потенциал для повышения их эффективности, что обусловлено стремительными темпами развития не только элементной базы аппаратуры, на которой они функционируют, но и их технических характеристик. Также необходимо отметить нехватку инженерных прикладных методик по диагностике и мониторингу механических приводов, что сдерживает широкое применение виброакустической диагностики в промышленной среде.

Для решения части этих вопросов в университете проводятся исследования, направленные на дальнейшее развитие этой сферы. С использованием современного многофункционального аппаратно-программного комплекса для исследования и мониторинга состояния механических систем по виброакустическим и кинематическим параметрам в процессе экспериментальных работ были разработаны новые методики диагностирования зубчатых колес и пар в составе многовальных механизмов.

Для проверки эффективности результатов проведен ряд экспериментов на объектах различной сложности и конструкции, таких как коробки скоростей привода главного движения металлорежущего оборудования и коробка передач автотракторной техники. В процессе испытаний на данных объектах были установлены зубчатые колеса, среди которых моделировались различные распределенные и локальные дефекты: погрешности профиля, возникающие в результате изготовления или износа, дефекты отдельных частей и поломка целых зубьев.

Чтобы учесть непостоянство частоты вращения, характерное для эксплуатационных условий и затрудняющее анализ спектральных характеристик колебательных процессов, в программной системе комплекса предусмотрена функция синхронного накопления. Она включает одновременное снятие данных о закономерности вращения и виброакустических сигналах, что значительно упрощает решение данной про-

блемы. Таким образом, становится возможным получение четких спектров колебательных процессов от каждого из валов кинематической цепи привода, свободных от компонентов с низкой информативностью.

Кроме того, разработана методика автоматизированной обработки спектральных характеристик колебательных процессов многовальных приводов, способная выявлять частоты и амплитуды, обладающие диагностической ценностью (оборотные частоты и их гармоники, частоты зацепления зубьев и их гармоники, а также комбинированные частоты с любым порядковым номером) всех элементов исследуемого привода. Это значительно упрощает применение диагностических признаков для различных видов дефектов зубчатых колес в процессе их эксплуатации.

Численное представление частот и амплитуд привело к формированию ряда интегральных количественных показателей, которые оценивают состояние элементов зубчатых приводов, отражая соотношение суммы амплитуд кратных зубцовых гармоник анализируемого колеса к сумме амплитуд частот пересопряжения зубьев зубчатого колеса без дефектов, а также соотношение суммы амплитуд боковых полос к сумме амплитуд боковых полос зубчатого колеса без дефектов. Разработанные интегральные показатели, привязанные к частотам зубцовых гармоник, создают обоснованную методику оценки, основанную на систематической обработке полученных данных. Они позволяют не только оценить текущее состояние механических систем, но и предсказать возможные отказы, что, в свою очередь, способствует повышению надежности и безопасности оборудования, а также снизить требования к квалификации пользователя.

Высокую информативность при обнаружении локальных дефектов продемонстрировал время-частотный анализ методом преобразования Габора. Методика и комплекс для анализа виброакустических характеристик внедрены в мониторинг состояния приводов станочного оборудования механических мастерских, позволяя обслуживать приводы согласно их реальному техническому состоянию и снижают риск внезапных отказов, связанных с выходом из строя зубчатых колес. В дальнейшем предполагается развитие этих результатов для внедрения их в эксплуатационных условиях объектов с зубчатыми передачами.

Проведенные исследования подтверждают, что виброакустическая диагностика зубчатых передач обладает высоким потенциалом для повышения надежности и эффективности работы механических приводов. Разработанные методы мониторинга и диагностики, основанные на современном аппаратно-программном обеспечении, обеспечивают более глубокое и детальное понимание состояния механических систем, что критично в условиях постоянно растущих требований к производительности и безопасности. Дальнейшие исследования в этой области могут привести к созданию универсальных программных комплексов, которые будут учитывать специфику различных машин и механизмов. Эти комплексы смогут автоматически анализировать данные, поступающие с датчиков, и на основании заложенных алгоритмов выдавать заключения о состоянии компонентов, что позволит операторам быстрее реагировать на потенциальные проблемы и принимать обоснованные решения на основе объективных данных.

К тому же внедрение искусственного интеллекта и машинного обучения в процесс диагностики откроет новые возможности для предсказания сроков обслуживания и замены деталей. Прогнозная аналитика позволит минимизировать простой оборудования и снизить влияние человеческого фактора на результаты диагностики, тем самым обеспечивая более высокую степень надежности и стабильности производственных процессов.

Кроме того, развитие стандартов и регуляторных норм в области диагностики зубчатых передач станет важным шагом на пути к интеграции этих инновационных методов в массовую практику. Это поможет установить единые требования и способы оценки, что, в свою очередь, создает возможности для межотраслевого сотрудничества и обмена опытом.

Таким образом, будущее диагностики механических приводов на базе зубчатых передач выглядит перспективным, и активное развитие технологий будет способствовать улучшению общей производительности и безопасности промышленных предприятий.

ВОЗМОЖНОСТИ КОМПАНИИ «СНС-ВОЛГА»

А. А. Карлов

ООО «СНС-ВОЛГА», г. Москва, Российская Федерация

Компания «СНС-Волга» за короткое время стала одним из ведущих Российских поставщиков высокотехнологичной продукции в области числового программного управления, серводвигателей и промышленной робототехники.

Наша миссия – сделать процессы производства клиентов автоматизированными, современными и эффективными.

Мы не только продаем оборудование, но и оказываем техническую поддержку, сервис и обучение персонала.



Рис. 1. Системы УЧПУ для станков и видов обработки:
а – 808D; б – 818D; в – 848D