

товлением и использованием, остаются до конца не решенными и требуют дальнейших исследований.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Червяков И.Б., Гинзбург Э.С., Монтик С.В. К вопросу исследования температурных полей при электроконтактном механотермическом формировании комбинированных зубков со сферической головкой //НТЖ. Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. -М.:ВНИИОЭНГ, 1993. - N11. - с.21-25.

2. Гинзбург Э.С., Монтик С.В., Лапидус А.С. Совершенствование технологии получения комбинированных зубков методом электроконтактного механотермического формирования//Экспресс - информ. /ВНИИОЭНГ.Сер. Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. - 1993. - Вып.11 - с.4-11.

УДК 621.833

## СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ ПРИВОДОВ

*Монтик С.В., Шурин А.Б.*

БПИ

В мировой практике создания машинных механизмов остаются актуальными проблемы обеспечения надежности их работы и прогнозирования их технического состояния путем без разборного контроля. Для повышения надежности и ресурса машин во многих отраслях, техники предполагают переход на эксплуатацию технических объектов по фактическому состоянию, что невозможно без эффективных методов и средств диагностики.

Большинство используемых в настоящее время способов диагностики технического состояния механизмов, предполагают их полную или частичную разборку, что нарушает приработку узлов и сокращает срок безаварийной работы.

Одним из средств, направленных на решение данных проблем, является измерительно-вычислительный комплекс (ИВК) для контроля технического состояния зубчатых приводов, разработанный в ИНМАШ АНБ /1/. Ориентация диагностического комплекса на зубчатые привода обусловлено тем, что для большинства современных машин и механизмов зубчатые передачи являются неотъемлемой частью конструкции и в значительной степени определяют надежность и качество их работы. В основу работы ИВК положен принцип одновременного контроля и анализа параметров вибрационной нагруженности и кинематической погрешности зубчатых передач. Комплекс состоит из аппаратных и программных средств, объединенных в единое целое.

Дальнейшим развитием программных средств ИВК является автоматизированная система автоматизированного контроля технического состояния приводных механизмов, созданная в БПИ совместно с ИНМАШ АНБ. Данная система в качестве исходной использует информацию от ИВК и позволяет вести базу данных тестируемых механизмов, проводить анализ их кинематической точности и вибрационной нагруженности, получать протокол работы и заключение о годности приводного механизма на основании сравнения с механизмом-эталонном.

При диагностике технического состояния механизмов используется как упрощенный, так и углубленный метод по вибрации и кинематике. При упрощенном методе определяется размах кинематической погрешности для каждого из контролируемых валов диагностируемого объекта при заданной нагрузке и частоте вращения. При величине размаха меньше допустимого работоспособность контролируемого объекта не вызывает сомнений. В противном случае проводится углубленный анализ кинематической погрешности. Также определяется общий уровень вибрации в контрольной точке при заданном режиме нагружения.

При углубленном методе диагностирования анализируется частотный состав кинематической погрешности и вибросигнала и определяются элементы привода, работа которых приводит к превышению допустимых величин. В процессе анализа выделяются амплитуды составляющих на оборотной, зубцовой и кратным им частотах. По величинам амплитуд тех или иных составляющих можно установить, какое зубчатое колесо, вал или подшипник механизма имеют дефект, а также характер самого дефекта. Например, увеличение радиального биения одного из колес в зубчатой передаче приводит к росту амплитуд составляющих кинематической погрешности на зубцовой и кратных ей частотах, и к появлению в спектре модулированных частот  $lf_z - kf_{об}$  ( $f_z, f_{об}$  - зубцовая и оборотная составляющая соответственно;  $l, k$  - коэффициенты;  $l, k = 1, 2, 3$  и т.д.) у парного колеса /1/. При анализе вибросигнала выделяют область низких, средних и высоких частот. Наличие составляющей вибрации с высокими значениями в области низких частот является признаком радиального биения вала и расположенных на нем зубчатых колес. Возможно также установить причину этого биения. Износ и выкрашивание рабочих поверхностей зубьев приводит к росту составляющей вибрации в области средних и высоких частот /2/. Кроме того, определяются амплитуды составляющих, которые соответствуют частотам колебаний из-за дефектов в подшипниках (дисбаланс, эксцентриситет сепаратора, неправильность размеров формы, дефекты на беговых дорожках, раковины). Анализ амплитуд позволяет оценить техническое состояние каждого подшипника, установить наличие и причину дефекта в нем.

После определения параметров технического состояния тестируемого приводного механизма происходит их сравнение с параметрами механизма-эталона, делается заключение о возможности дальнейшей эксплуатации механизма и создается файл протокола по результатам диагностирования, который можно редактировать и распечатать при помощи встроенного редактора.

Система автоматизированного контроля работает с четырьмя базами данных. Две из них содержат результаты тестирования механизмов по кинематической точности (в одной сведения о механизмах-эталонах), а две другие - результаты тестирования по вибрационной нагруженности. В программе возможен просмотр, копирование, удаление, сравнение и создание новых записей.

Наличие базы данных позволяет автоматизировать учет проведения испытаний и обеспечивает безбумажную технологию хранения и использования полученной информации. Система открыта для дальнейшего развития и совершенствования.

Одним из дополнений к данной системе является программный комплекс для расчета и оптимизации геометрических и прочностных параметров зубчатых передач, который позволяет осуществлять проектирование зубчатых передач с увеличенной нагрузочной способностью и улучшенной виброакустической характеристикой.

Геометрические параметры передач рассчитываются в соответствии с ГОСТ 13755-81, при этом возможен расчет зубчатых колес как со стандартным, так и с модифицированным исходным контуром. Проводится проверка на отсутствие интерференции, подрезания и заострения зубьев, по величинам удельного давления и скольжения в передаче.

В зависимости от степени точности и вида сопряжения для зубчатых колес передач автоматически определяются допуски на показатели норм кинематической точности, плавности работы, контакта зубьев и бокового зазора по ГОСТ 1643-81.

При необходимости возможна оптимизация геометрических параметров передачи из условия обеспечения наибольшего значения коэффициента перекрытия при соблюдении других ограничений. Результаты оптимизации представляются графически в виде номограмм, что позволяет конструктору выбрать нужные значения.

Прочностной расчет зубчатой передачи проводится по ГОСТ 21354-87. Расчет выполняется на контактную выносливость и выносливость при изгибе, при этом возможно определение прочностных параметров для зубчатых колес с тонким ободом.

Данная программа имеет удобный пользовательский интерфейс и не требует специальных навыков работы. Для ее использования необходима ПЭВМ типа IBM PC/AT с процессором 80286 и выше.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Берестнев О.В., Жук И.В. и др. Создание микропроцессорного комплекса для диагностики технических систем. // Оперативно-информационные материалы. Ч. II - Мн.: ИНМАШ АНБ, 1996. - 64с.
2. Анжело Мартин. Мониторизация механических колебаний машинного оборудования: перевод технического обзора №1, 1978 // Технические данные. Примеры применения. - Брюль и Кьер, Дания.