

ФОРМИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИИ ОБ ОБЪЕКТЕ ОЦЕНКИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ И РАБОТОСПОСОБНОСТИ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ

© 2006 В.А. Михеев, И.П. Попов, С.Ф. Глустенко, В.Ж. Рандаев

Самарский государственный аэрокосмический университет

Предлагается методика формирования информационной системы учёта, контроля и диагностики основного технологического оборудования в производственных системах с учётом реальных условий эксплуатации с целью обеспечения надёжности и безопасности его работы

Любую машину можно рассматривать как техническую систему, представляющую упорядоченную совокупность совместно действующих элементов (агрегатов, узлов и деталей) и предназначенную для выполнения заданных функций. Каждая техническая система характеризуется вполне определённой структурой, под которой понимается и характер взаимодействия между элементами системы, определяемый геометрическими размерами, физическими, техническими и другими показателями.

В процессе эксплуатации внутренние механизмы взаимодействия между элементами системы и поведения машины в целом наиболее трудно поддаются изучению и обобщённой оценке. Одно из проявлений внутренних механизмов поведения заключается в наличии индивидуальных особенностей в машинах. Учитывать эти явления сложно, гораздо проще пользоваться обычными, более привычными представлениями. С учётом этого наиболее правильно оценивать техническое состояние машины индивидуально от исходного значения показателей в динамике их изменения.

Числовые значения этих показателей достаточно полно описывают техническое состояние, работоспособность и качество функционирования элементов машины. Эти значения назовём структурными параметрами. Структурными параметрами могут быть для деталей – геометрические размеры, точность и жёсткость, а для машины в целом – виброакустические параметры, мощность, уровень расхода ГСМ и т.д.

В процессе эксплуатации машины или агрегата вследствие физического износа, старения, коррозии, загрязнения и т.д. структурные параметры изменяются от номинальных значений до предельных значе-

ний. Разность между текущими и номинальными значениями характеризует степень отклонения технического состояния от номинального значения, а разность между текущими значениями и предельными значениями – остаточный ресурс.

Таким образом, для оценки работоспособности или определения остаточного ресурса машины или агрегата необходимо знать текущие, номинальные и предельные значения её структурных параметров. Номинальные и предельные значения параметров указываются в технической документации на машину, а текущие определяются с помощью приборов, датчиков и систем диагностики.

Физический износ представляет собой нормальный эксплуатационный износ машины. Он является результатом прошедших периодов функционирования, воздействия окружающей среды и длительных простоев. В результате физического износа снижается точность обработки, ухудшается техническое состояние машины, увеличивается вероятность возникновения поломки и аварии, уменьшается остаточный ресурс машины в целом или некоторых её узлов и деталей. Чрезмерный износ ухудшает технические характеристики машин и приводит к степени достигаемой точности обработки на ней заготовки.

Последнее относится прежде всего к технологическому оборудованию. Во многих случаях оно теряет свою техническую ценность, что приводит к неспособности удовлетворять требованиям правильного функционирования.

На качество и точность обработки заготовки влияет ряд факторов как конструктивного, так и технологического и эксплуатационного характера. В реальной

производственной среде необходимо по разработанным схемам обеспечивать соответствующий мониторинг процессов эксплуатации машин, в том числе по перемещениям, скоростям и ускорениям.

Следует подчеркнуть, что в действительности не существует деления отдельных видов точности обработки, а имеется лишь определённая точность, которая при эксплуатации каждой машины изменяется во времени. При этом следует учитывать не отдельные отклонения в движении механизмов машины, а комплекс отклонений для наиболее характерных участков движения рабочих органов и устройств управления за время выполнения всего цикла движения. Кроме этого, в процессе эксплуатации машины в движении её механизмов накапливаются отклонения, которые связаны не только с физическим износом, но и с перегрузкой, температурой и с вибрацией машин. Рассмотрим некоторые из них.

Большинство машин работает в условиях прерывистого рабочего процесса и при рабочих режимах, которые отличаются резкими пиками. В связи с этим правильное использование исходных характеристик машин и оборудования следует осуществлять на основе сравнения с рядом дополнительных характеристик: например, допускаемых усилий, передаваемых моментов, потребного запаса мощности. В настоящее время совершенствуется методика неразрушающего текущего контроля параметров прочности, жёсткости с использованием программного обеспечения, позволяющего вести сквозной контроль текущего состояния оборудования.

Одной из нерешённых проблем является поддержание температурного режима обработки материалов с применением систем контроля с обратной связью и автоматическим регулированием и управлением основными режимами работы оборудования. В тепловом балансе в процессе обработки возникает неопределённость в схемах без принудительного регулирования температуры, поэтому каждая единица оборудования может иметь одну или несколько систем охлаждения (принудительно-воздушное, жидкостное, циркуляционная смазка и др.)

Вибрации. Развиваемые в различных механических узлах машины вибрации мо-

гут оказывать двойное влияние на работу машин, особенно тех, которые включают механизмы циклового действия – рычажные, кулачковые, шаговые и др. Цикловые механизмы широко представлены в современном оборудовании. С помощью этих механизмов обычно осуществляется заданное программное движение рабочих органов и обрабатываемых деталей. Поэтому цикловые механизмы, как составная часть колебательной системы машины, обуславливают переменность динамических параметров. Другая особенность цикловых механизмов состоит в том, что они являются одновременно источником возбуждения колебаний и объектом повышения виброустойчивости оборудования.

Вибрации, присущие упругой системе машины, могут вызвать усталостные явления в материалах её деталей, поэтому следует принимать во внимание дополнительные напряжения от вибраций, которые уменьшают прочность деталей. Известно, что при выполнении различных технологических операций происходит изменение частот переменных динамических нагрузок. В связи с этим детали машин подвергаются пульсирующим нагрузкам с различными амплитудами. Поэтому для уменьшения вибраций машины необходимо избегать явления резонанса при совпадении и кратности числа оборотов привода с собственной частотой машины.

В результате движения цикловых механизмов в машине вследствие наличия сил инерции звеньев возникают усилия в кинематических парах, что ведёт к преждевременному износу машины. Кроме того, силы инерции создают дополнительные напряжения в движущихся частях машин, которые могут быть больше напряжений, вызываемых внешними нагрузками.

Итак, практическое использование отмеченных выше особенностей сводится к тому, что в механизмах и в приводе машины выделяется наиболее массивные элементы, а также наиболее податливые (т.е. наименее жёсткие) участки кинематической цепи. Инерционные, упругие и диссипативные свойства остальных элементов учитываются приведёнными значениями соответствующих параметров.

Другим не менее важным показателем работоспособности машины, точнее показателем технического состояния машины, может служить повышенная степень устойчивости её работы при разнообразных неустановившихся (переходных) динамических режимах: например, при включении, выключении и торможении оборудования, *период нагрузки* на рабочем ходе.

Под устойчивостью движения каждой машины понимается её способность возвращаться с течением времени в состояние своего установившегося движения после того, как она под влиянием каких-либо сил была выведена из прежнего состояния движения. Степень устойчивости движений машины характеризуют некоторые структурные параметры системы, определяющие склонность технической системы к саморегулированию. Такие технические системы называются *самоорганизующимися*.

Если рассматривать машину как объект с саморегулированием при наличии в ней силовой обратной связи и запаздывания, то при определении структурных параметров этого объекта удобно рассматривать упругую систему машины в малых отклонениях и в безразмерных величинах.

Исходя из этого принципа, электропривод машины для упрощения можно заменить инерционной или одноёмкостной системой. Тогда простейшей схемой линейного замещения цепи звеньев привода машины, эквивалентной его механической системе, будет так называемое инерционное или аperiodическое звено.

Информационная система парка оборудования должна включать математически формализованное представление характеристик рабочих звеньев. Тогда рассматривая инерционное звено как дисперсную линейную динамическую модель машины можно описать дифференциальным уравнением первого и второго порядка динамику машинной системы применительно к главному валу согласно рис. 1

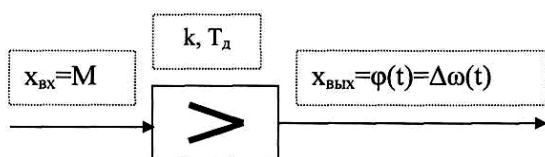


Рис.1. Структурная схема напряжённого звена динамической модели машины

Таким образом, используя систему инерционных звеньев как линейную динамическую модель машины, можно описать дифференциальными уравнениями первого и второго порядка динамику работы машины, приведённую к её главному приводу. В этом случае рабочая нагрузка на электродвигатель привода характеризует внешние параметры динамики машины, а внутренними параметрами являются приведённые постоянные: масса, упругость, трение и др.

Специфика заданной модели состоит в относительно большом значении диссипативной составляющей, что практически исключает возможность параметрического резонанса. Несмотря на указанные упрощения и сохраняя единство подхода, удаётся исследовать параметрические явления, связанные с потерей динамической устойчивости системы машины и построить приближённые решения как при «медленных», так и «быстрых» изменениях параметров.

При обеспечении значения электромеханической постоянной времени $T_d = T_d^* = 0,25 \nu_d \omega_{дх} J_{ср}$ собственная частота машины обращается в нуль. Здесь ν_d – коэффициент крутизны статической характеристики электродвигателя; $\omega_{дх}$ – круговая частота привода, $J_{ср}$ – среднее значение приведённого момента инерции.

Таким образом, при $T_d \leq T_d^*$ – неустойчивый режим работы электропривода. С увеличением T_d до значения $T_d^{**} = 0,5 \nu_d \omega_{дх} J_{ср}$ собственная частота становится максимальной. При $T_d > T_d^*$ собственная частота с ростом электромеханической постоянной времени соответственно убывает. Такой характер параметра T_d связан с его двойственной ролью как инерционного, так и диссипативного фактора в случаях:

- при малых значениях T_d существенно возрастает диссипация в двигателе, что и приводит к возможности появления колебаний в системе электропривода;
- при больших значениях T_d растёт влияние инерционной составляющей, с увеличением которой собственная частота электропривода убывает.

Понятно, что различные элементы машин изготавливаются неравномерно и про-

цесс накопления отклонений носит вероятностный характер. В принципе невозможно точно определить момент отказа того или иного конструктивного элемента.

С точки зрения академической науки проблематично сравнивать методики и подходы, спорить о критериях оценки и целевых функциях.

Различают внезапные и постепенные отказы. Внезапные отказы – это чаще всего отказы, связанные с поддержанием режимов работы при изготовлении деталей или других операций. Нарастание со временем степеней изменения формы и размеров трущихся элементов и структуры их материала, старение, коррозия и многие другие факторы способны вызвать неисправное техническое состояние, или так называемый постепенный отказ в работе. При этом такой отказ происходит после того, как физический износ или коррозия достигают определённого критического значения.

Во всех методах оценки технического состояния машин и оборудования он прогнозируется как ожидаемое среднее значение. Тогда при существующей системе

технического обслуживания и ремонте некоторые узлы и агрегаты, снимаемые с оборудования и направляемые на ремонт, ещё имеют остаточный ресурс.

Поэтому в настоящее время всё большее распространение приобретает система диагностики технического состояния и прогнозирования работы оборудования. Для контроля и прогнозирования технического состояния разрабатываются и используются различные системы диагностической аппаратуры. Результатами диагностического исследования является заключение о техническом состоянии объекта с указанием при необходимости места, вида и причин дефекта и выстраивание ориентированной интегрированной пространственной картины ситуации. При этом предусмотрено уточнение критериев оценки в процессе обработки графоаналитической картографической и другой информации, в том числе компьютерной томографии.

Таким образом, предлагаемая методика позволяет автоматизировать и повысить качество процессов учёта, контроля и повышения надёжности работы оборудования.

THE DETERMINATION OF OPTIMAL CHARACTERISTICS OF TECHNOLOGIC PROCESSES OF PRODUCTION

© 2006 V.A. Micheev, I.P. Popov, S.F. Tlustenko, V.J. Randaev

Samara State Aerospace University

The determination of optimal characteristics of technologic processes of production of thin-walled envelopes of air and space craft engines connected with the providing of several requirements to obtained items. You may wish to see the technique of the operation's calculation of crimp seal – forming of blank parts by the data of minimal variations in thickness of obtained parts group.