

УДК 62.192.52 9(031)

## СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД И МОДЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ В РЕШЕНИИ ПРОБЛЕМЫ БЕЗОТКАЗНОСТИ ЭРГОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Изилов А.И.\*, Лисов А.А.\*\*\*, Рудой В.Н.\*\*\*, Тепленков Н.Н.\*\*\*

\* ООО «Метроон»

\*\* Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «МАТИ» - Российский государственный технологический университет им. К.Э. Циолковского, Москва

Подробная информация об авторах размещена на сайте «Учёные России» - <http://www.famous-scientists.ru>

**В данной статье рассматриваются проблемы безотказности работы различных эрготехнических систем с точки зрения деградационных отказов. Методы изучения этих отказов базируются на принципах классической физики, развитых методах моделирования и системного анализа а также современных информационных технологиях. Однако, реализация методов данного направления требует оценки характеристик конкретной продукции в конкретных условиях эксплуатации.**

Жизненный цикл изделий машиностроения, можно представить с одной стороны в виде процессов проектирования и производства, а с другой – эксплуатацией [1]. Для изучения данных изделий все их разнообразие ограничим для примера энергопреобразователями, в широком смысле характеризующими собой эрготехнические системы (ЭС). При этом наиболее важным признаком, характеризующим качество и конкурентоспособность этих систем, в конечном счете, является на один из последних этапов жизненного цикла ЭС. Именно на этапе эксплуатации ЭС находят своё полное отражение вопросы качества и конкурентоспособности. Эффективность решения этих вопросов для рассматриваемого этапа жизненного цикла ЭС может служить целью данной работы.

Качество ЭС формируется в производстве и затем поддерживается в процессе их эксплуатации. В ряде случаев, например, в отношении изделий спецназначения у нас в стране и за рубежом это условие стало основой организации системы обслуживания их предприятием-изготовителем. Эти особенности указывают на необходимость развивать систему слежения за состоянием ЭС в эксплуатации, в том числе и за пределами их произ-

водства, поскольку это повышает их конкурентоспособность, позволяет продлить эксплуатационные возможности ЭС.

При эксплуатации ЭС, в результате деградации их свойств, они непрерывно эволюционируют. Учитывая это, ЭС приходится рассматривать как сложные адаптивные системы, в которых нельзя заранее учесть все множество взаимодействующих факторов [2, 3].

Деградация свойств ЭС ведет к дрейфу значений показателей состояния (ПС). При этом выход значений ПС из установленного для них допуска характеризует деградационный отказ, достаточно широко известный в технике. На начальных этапах эксплуатации ЭС, когда вероятность отказа мала, мала и тенденция его проявления, но по мере приближения к пределу названного допуска, эта тенденция возрастает.

Традиционно проблема безотказности многие годы рассматривается в теории надежности, основанной на методах теории вероятности и математической статистики. В соответствии с этой теорией сведения о вероятности отказов, формируемые при проектировании объектов и в процессе их производства, служат для оценки величины этой вероятности. Одна-

ко в решении практических задач необходимо не столько оценка вероятности отказов, сколько их упреждение. Этой цели в значительной степени могут служить методы эксплуатации объектов по фактическому состоянию [4].

Стратегия научно-технического направления, связанного с упреждением отказов техники, включает непрерывную регистрацию ПС в пределах допуска предусмотренного техническими условиями на изделие и своевременное принятие решений о возможности продолжения эксплуатации объектов или их изъятия из эксплуатации до наступления отказа.

Для перехода от вероятности безотказной работы изделий к их безотказности, нами сделаны следующие допущения:

- если значения выходных параметров объекта, характеризующих деградацию его свойств, находятся в пределах установленного допуска, объект сохраняет стабильную организацию строения и явно выраженное соответствие функциональному назначению;

- приведенные значения выходных параметров объекта, характеризующих деградацию его свойств, исполняют роль показателей уровня деградации, скорость нарастания которых при стремлении к допустимому пределу положительна и может достигать значительной величины;

- рост значений показателей деградации свойств объекта в пределах допуска носит непрерывный, гладкий и монотонный характер, для описания которого в каждый данный момент устанавливаются абсолютную величину значений названных показателей и их производную по времени, представляя, таким образом, необратимые процессы, протекающие в объекте.

Идея упреждения отказов техники сводится к исключению возможности выхода ПС объектов при их эксплуатации за допустимый предел.

Нет необходимости в отслеживании всей совокупности свойств объекта при реализации методов по упреждению отказов, поскольку его ПС может быть представлен значительным числом взаимозависимых параметров, характеризующих свойства данного объекта. Важно, чтобы

фиксируемый показатель был чувствителен к включению механизмов регуляции и отражать влияние факторов предопределяющих возникновение отказов ЭС. Механизм взаимодействия совокупности взаимосвязанных свойств объектов можно представить с помощью модели. Такая модель, согласно представлениям Максвелла, исключает возможность расчленения свойств объекта при его функционировании и позволяет проследить непрерывный ряд переходов его состояния от момента поступления в эксплуатацию до момента приближения к допустимому пределу.

Очевидно, для годных объектов совокупность значений ПС для необратимых процессов образует некоторую область,

представленную, например, группой  $A_o$ , а

для негодных – группой  $A_m$ . Так как вероятность принадлежности объектов к группе

$A_o$  или  $A_m$  равна единице, а граница между этими группами назначается в пре-

делах группы  $A_m$ , то, следовательно, контролю подвергаются только работоспособные объекты, представляющие ЭС.

Учитывая значительное разнообразие ЭС, для решения поставленной задачи их по конструкции, эксплуатационным характеристикам, модели состояния и другим сходным признакам. Для примера, в рамках данной классификации можно выделить в самостоятельную классификационную группу машины и агрегаты роторного типа. В свою очередь, в эту группу входят электромашинные агрегаты роторного типа (ЭМА) включающие электродвигатель, на выходном валу которого установлен передаточный механизм жестко связанный с электрическим, механическим, пневмо-гидродинамическим и другими преобразователями энергии.

Состояние ЭМА в значительной мере зависит от потерь в зацеплениях, соединительных муфтах, подшипниках, уплотнениях, масляной ванне, в вентиляторе охлаждения и т.д. Эти потери, представляющие собой ПС, связаны, в частности, с такими деградационными процессами, как износ, коррозия, усталость и т.д. [5]. Названные потери возрастают при высоких

скоростях работы ЭМА, когда начинают существенно сказываться центробежные силы, гидро- и аэродинамические сопротивления, механическое трение, перегревы, несоответствующая норме затяжка подшипников и т.д.

Поскольку свойства рассматриваемых ЭС непрерывно эволюционируют, для них выход из гомеостатического состояния непредсказуем. Особенность управления безотказностью в том, что оно связано с необходимостью непрерывного уточнения алгоритма управления и во многих случаях реализуется при отсутствии достаточно надежной текущей информации. Недостаток сведений об условиях работы объектов, сложности измерения режимных факторов, непредвиденные изменения параметров объектов и среды функционирования, приводит к неопределенности отдельных значений ПС объектов.

В свою очередь, наблюдаемую стохастичность ПС, чтобы не разбираться в механизме ее возникновения, обычно рассматривают как случайность [6, 7]. Впрочем, причины стохастичности могут быть связаны с тем, что на объекты оказывать влияние нелинейности в исполнительных элементах системы управления, в частности, наличия зон нечувствительности, люфтов, ограничений, износа регулирующих органов и т.п.

В процессе эксплуатации ЭС по фактическому состоянию особое место отводится функциональному контролю, который обеспечивает реализацию принципа оценки степени приближения значений ПС ЭС к допустимому пределу [8]. При этом учитывая большой объем информации данного контроля, связанной с получением информации о "предыстории" состояния ЭС и прогнозом этого состояния, а также с циклическим характером ее поступления оператору, предполагается создание автоматизированных комплексов получения, обработки и хранения данной информации. Это дорого, но такова плата за несоизмеримо большие потери из-за возможных отказов техники.

Задача функционального контроля – реализация принципа самодостаточности. Его сущность сводится к использованию всего арсенала методических решений га-

рантирующих безотказность ЭС в ограниченном диапазоне времени заданным системообразующим фактором (обычно это время существенно меньше времени принятом на отработку ресурса ЭС). Самодостаточность достигается за счет увеличения числа независимых источников информации, а также использования, как традиционных методов контроля, так и принципиально новых методических решений по обеспечению необходимой точности измерений.

На программное обеспечение системы функционального контроля и управления процессами упреждения отказов возложено установление дистанционной связи абонентов с центральным сервером и принятие управляющих решений в системе "человек – машина". При этом развитие узлов распределенной базы данных осуществляется независимо, без нарушения информационного пространства. Все источники информации объединены в вычислительную сеть, реализующую коммуникационные процессы обмена измерительной и служебной информацией между отдельными терминалами. Это позволяет проводить двустороннее инициирование сеансов связи.

Открытая архитектура аппаратного и программного обеспечения предложенных решений позволяет наращивать состав измерительных средств и вводить новые алгоритмы контроля, а также развивать и модернизировать методы и средства управления. При этом выдерживается необходимый темп обмена информацией, скорость ее обработки в реальном времени, а также обеспечивается хранение больших информационных массивов, быстрый поиск и консолидация информации.

Таким образом, рассмотрено ряд вопросов методологического характера, подставляющих собой отдельные, наиболее важные предпосылки к упреждению отказов ЭС, ориентированные на развитие методов выбранного направления в отношении широкой номенклатуры изделий машиностроения.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Марчук Г.И., Образцов И.Ф., Седов Л.И. и др. Научные основы прогрес-

- сивной техники и технологии. М.: Машиностроение, 1986. 376 с.
2. Глущенко П.В. Моделирование в диагностировании и прогнозировании состояния технических объектов. М.: Вузовская книга, 2004. 248 с.
3. Махалевич В.С., Волкович В.Л. Вычислительные методы исследования и проектирования сложных систем. М.: Наука, 1982. 286 с.
4. Смирнов И.И., Ицкович А.А. Обслуживание и ремонт авиационной техники по состоянию. М.: Транспорт, 1980. 232 с.
5. Лоцицкий Л.П., Янко А.К., Латнов В.Ф. Оценка технического состояния авиационных ГТД. М.: Транспорт, 1982. 160 с.
6. А.с. N282406. "Способ контроля выработки подшипников в электрических машинах", 1985.
7. Лисов А.А., Меликов Э.Н., Пущенко Н.Н., Чернова Т.А. Разработка методов и средств автоматизированного контроля систем ЛА. //Приборы и системы управления. №5. 1994.
8. Александровская Л.Н., Афанасьев А.П., Лисов А.А. Современные методы обеспечения безотказности сложных технических систем. М.: Логос, 2003. 208 с.
5. Лоцицкий Л.П., Янко А.К., Латнов В.Ф. Оценка технического состояния

**THE SYSTEM ANALYSIS AND MODELING ANALYSIS IN THE DECISION OF A PROBLEM OF NON-FAILURE OPERATION ERGOTECHNOLOGY SYSTEMS**

Izilov S.A.\*, Lisov A.A.\*\*\*, Rudoi V.N.\*\*\*, Teplenkov N.N.\*\*

\* LLC «Metroon»

\*\*Moscow state university of aircraft technology, Moscow

Problems of non-failure operation of various kinds of ergotechnology systems from a position of degradation refusals are considered. Methods of studying these refusals are based on principles of classical physics, the developed methods of modeling and system analysis, and also modern information technologies. However, realization of methods of given direction requires the account of features of concrete products in concrete conditions of their operation.