

бы импортировать данные и расчеты, полученные вышеупомянутой программой и на основе них задать новые параметры позволяющие решить поставленные задачи, нерешенные предыдущей версией, для более глубокого анализа проектируемой сети и получить более точные и подробные результаты.

Библиографический список

1. Коннов, А.Л. Исследование и разработка методов расчета показателей производительности сетей ЭВМ с неоднородным трафиком [Текст]. – Оренбург: Изд-во ГОУВПО «Оренбургский государственный университет», 2008. – 135 с.
2. Тарасов, В.Н. Моделирование сетей связи при помощи пакета OPNET Modeler [Текст] / В.Н. Тарасов, Ю.Н. Пивоваров, Ю.А. Ушаков, А.Л. Коннов. – Оренбург, 2006.
3. Имитационное моделирование компьютерных сетей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.sduto.ru/32/40/1268/index1.html>
4. Моделирование сетей связи при помощи пакета OPNET Modeler [Электронное гиперссылочное пособие] /А.Л. Коннов, В.Н. Тарасов, Ю.Н. Пивоваров, Ю.А. Ушаков. 27.12.2006.
5. IT Guru Academic Edition [Электронный ресурс]: OPNET Technologies. – 2005.
6. OPNET IT Tutorial [Электронный ресурс]: OPNET Technologies. — Режим доступа: <http://www.opnet.com/itguru-academic/mk-setup.html>

СОСТОЯНИЕ ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ КОНТРОЛЯ И ДИАГНОСТИКИ ПИЛОТАЖНО-НАВИГАЦИОННЫХ КОМПЛЕКСОВ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

А.Н. Коптев. А.В. Кириллов

Техническая диагностика пилотажно-навигационных комплексов (ПНК) летательных аппаратов (ЛА) основана на распознавании состояния технической системы, включающая широкий круг проблем, связанных с получением и оценкой диагностической информации технической системы (техническая диагностика). Она изучает методы получения и оценки диагностической информации, диагностические модели и алгоритмы принятия решений. Целью технической диагностики является повышение надежности и ресурса технических систем.

Наиболее важным показателем надежности является отсутствие отказов во время функционирования (работы) технической системы. Основной задачей технической диагностики применительно к системам ПНК является распознавание состояния технической системы в условиях ограниченной информации, то есть без разборки изделия.

Теоретическим фундаментом для решения основной задачи технической диагностики систем ПНК следует считать общую теорию распознавания образов.

Математическая теория распознавания образов является одним из наиболее интенсивно развивающихся в последние десятилетия направлений.

Опыт решения значительного числа прикладных задач распознавания приводит к попыткам осмысления экспериментального материала и построению достаточно общих аспектов теории. Так возникли, в частности, статистическая теория распознавания и алгебраическая теория распознающих алгоритмов. В рамках последней советскими учеными рассматривались распознающие отображения (операторы), их свойства, а также возможности, связанные с алгебраическими расширениями простых базисных распознающих процедур. При этом не проводилось детального анализа структуры распознаваемых объектов или ситуаций, а основное внимание уделялось исследованию самих процессов распознавания.

Так, например, работы У. Гренандера направлены именно на исследование структуры распознаваемых объектов [1]. Новым является понятие образа. Оно вводится следующим способом. На множестве объектов (схем) определяется полугруппа или группа преобразований. К одному образу относятся объекты, переводимые друг в друга этими преобразованиями. Таким способом задается разбиение множества распознаваемых объектов на классы эквивалентности (образы). Указанный подход к определению образа, безусловно, является интересным и позволяет строить математическую теорию распознавания с использованием алгебраических методов. Предложенное У. Гренандером определение образа охватывает значительное число прикладных задач, хотя, по-видимому, не является универсальным.

Автор вводит также понятия «наблюдение», «формальное описание объекта» и т. д. Под наблюдением понимается переход от реального объекта к формальному описанию. Наблюдение может проводиться с разной «степенью точности» и приводить к описаниям разного типа. Свойства наблюдения также учитываются при распознавании. Наконец, определяется совокупность деформаций, действующих на изображения.

Наша цель состоит не в том, чтобы выяснить, как образы распознаются в природе или как их следует распознавать с помощью алгоритмов. Вместо этого объектом нашего изучения будут образы как таковые, рассматриваемые в рамках точного формализма, который будет использоваться в качестве концептуальной основы для синтеза и анализа образов, помогая лучше понять, как образы строятся и обрабатываются.

Теория будет атомистической: образы строятся из простых стандартных блоков – знаков или образующих. Это наши неделимые элементы или атомы, и в каждом конкретном случае они будут выбираться как можно более простыми. В качестве таких элементов могут выступать абстрактные символы, множества, отношения или функции, большое разнообразие типов образующих.

Задав образующие, мы будем настаивать на введении определенных правил, ограничивающих способы их соединения между собой. Эти правила приводят к типичным регулярностям образов и представляют их комбинаторную структуру.

Получаемые в результате регулярные конфигурации являются абстрактными конструкциями, не обязательно наблюдаемыми во всех деталях. В какой степени регулярные конфигурации могут быть идентифицированы наблюдателем — зависит от системы наблюдения. Результаты наблюдения, соответствующие некоторому множеству регулярных конфигураций, называются изображением. Основным предметом нашего исследования является множество изображений вместе с существующими между ними отношениями: алгебра изображений.

Изображение соответствует результатам наблюдения при идеальных условиях, если на наблюдения не оказывают влияния ограни-

ности, свойственные используемой аппаратуре, и несовершенство модели. Теория образов, не учитывающая поведение образов в реальных условиях, будет иметь очень ограниченные приложения. Следовательно, необходимо обеспечить реалистичность теории с тем, чтобы она могла оперировать реальными образами. Другими словами, нам следует рассмотреть процесс преобразования «чистых» образов в реальные с помощью некоторого механизма деформации. Механизм деформаций позволяет работать с изображениями, наблюдаемыми в реальных условиях, т. е. с деформированными изображениями. Одна из основных задач теории образов — восстановление идеального изображения по его деформированной, наблюдаемой форме.

Основными понятиями теории образов являются объекты и отношения [2]. Объектами в теории образов служат образующие, конфигурации, идеальные и деформированные изображения, классы образов. Отношения в теории образов задаются в виде преобразований подобия, комбинаторных отношений, правил идентификации и механизмов деформации.

Объекты распределены по уровням, причем образующие занимают нижний уровень, конфигурации — ближайший к нему верхний и т. д. В иерархической системе образов может содержаться значительное число уровней.

При синтезе образов продвижение происходит от нижнего к верхнему уровню системы. Анализ образов представляет собой обратный процесс: в качестве отправной точки анализа выбирается верхний уровень образа и предпринимается попытка расчленить объект-образ на объекты, принадлежащие низшим уровням [2].

Непроизводные объекты, используемые для построения конфигураций и изображений, являются образующими. Множество образующих будем обозначать через G , символом для отдельного первичного элемента будет служить g , $g \in G$.

Образующие представляют собой элементы — носители информации, и так как они имеют значение неких первичных высказываний, то иногда их называют знаками.

Множество всех образующих G состоит из непересекающихся классов образующих $G^\alpha \subset G$:

$$G = \bigcup_{\alpha} G^\alpha, \quad (1)$$

где α — общий индекс, индекс класса образующих.

Интерпретация этого разбиения состоит в том, что образующие, сходные качественно, будут относиться к одному классу.

Образующие — это простейшие объекты, некоторые стандартные блоки. Они могут обладать определенными свойствами, и если они ими действительно обладают, то свойства эти могут быть двух типов.

Первый тип свойств — это признаки. Образующей ставится в соответствие признак $a = a(g)$, причем в качестве значений признака a могут выступать целые числа, действительные числа, векторы и так далее. Одной из составляющих признака служит индекс класса образующей α , однако обычно он располагает и другими составляющими, представляющими более специфическую информацию.

Второй тип свойств охватывает связи. Определенной образующей g соответствует определенная арность $\omega(g)$, которая выражается неотрицательным целым числом или бесконечностью. Величина арности указывает максимальное число соединений, связывающих данную образующую с остальными.

Множество связей всякой образующей g , соответствующим образом перенумерованное, образует структуру связей образующей. Структура связей не определяет значения показателей, поставленных в соответствие отдельным связям.

В дополнение к свойствам образующих необходим также идентификатор или имя для того, чтобы иметь возможность различать используемые образующие.

Техническое состояние диагностируемого объекта ПНК определяется совокупностью параметров, характеризующих существенные свойства элементов объекта и их функциональные связи друг с другом. В процессе эксплуатации параметры объекта ПНК непре-

разно изменяют свои значения, а это значит, что множество возможных состояний объекта бесконечно. Практически целесообразно в зависимости от уровня диагностики разбить это множество состояний на конечное и обычно небольшое число классов. Задача диагностики, таким образом, состоит в определении класса состояний. Совокупность тех свойств, которые позволяют отнести ряд конкретных состояний к одному классу, составляет образ, и в этом смысле указанная задача классификации является задачей распознавания образов.

Узловым моментом проблемы распознавания является выделение минимального количества признаков, в которых запечатлены основные сведения о различаемых классах (задача минимизации). Применительно к технической диагностике эта задача сводится к оптимальному отбору контролируемых параметров, с достаточной точностью характеризующих состояние диагностируемого объекта ПНК. Ниже предлагается использовать для решения задачи минимизации метод отображения оптимального пространства на исходное пространство признаков [3]. В соответствии с основной идеей метода производится сравнение исходного описания диагностируемого объекта ПНК с некоторой абстрактной эталонной моделью, оптимальной в смысле четкого разграничения классов. В результате сравнения из исходного описания выбираются только те параметры, которые образуют описание объекта, наиболее сходное с эталонной моделью и, следовательно, содержащее в себе максимум сведений о распознаваемых классах состояний. Таким образом, производится минимизация исходного описания объекта, т. е. выделение оптимального подпространства в L -мерном пространстве, где L – число параметров объекта.

Алгоритм решения задачи может быть выражен в следующей форме. Обозначив через H эталонную модель, L – исходное описание, мы определяем такой оператор минимизации B , при котором разница между минимизированным описанием G и эталонной моделью минимальна:

$$(H - G) = \min, G = B \cdot L. \quad (2)$$

Теория образов, составляет важный раздел технической кибернетики, занимается распознаванием образов любой природы. Техническая диагностика сложных систем пилотажно-навигационного комплекса изучает алгоритмы распознавания применительно к задачам диагностики, которые обычно могут рассматриваться как задачи классификации.

Такие алгоритмы распознавания частично основываются на диагностических моделях, устанавливающих связь между состояниями технической системы и их отображениями в пространстве диагностических сигналов.

Важной частью проблемы распознавания являются правила принятия решений (решающие правила). Решение диагностической задачи (огнесение изделия к исправным или неисправным) всегда связано с риском ложной тревоги или пропуска дефекта. Для принятия обоснованного решения целесообразно привлекать методы теории статистических решений, разработанные впервые в радиолокации.

Решение задач технической диагностики агрегатов и систем ПНК всегда связано с прогнозированием надежности на ближайший период эксплуатации (до следующего технического осмотра). Здесь решения должны основываться на моделях отказов, изучаемых в теории надежности.

Вторым важным направлением технической диагностики является теория контролеспособности. Контролеспособностью называется свойство агрегата или вычислительного блока обеспечивать достоверную оценку его технического состояния и раннее обнаружение неисправностей и отказов. Контролеспособность создается конструкцией изделия и принятой системой технической диагностики.

Крупной задачей теории контролеспособности является изучение средств и методов получения диагностической информации. В этой области огромное распространение получила технология приёма и обработки информации на базе платформ PXI с программным комплексом LabView американской фирмы NATIONAL INSTRUMENTS [4]. Данная технология имеет универсальную структуру использования и применяется для диагностики сложных вычислительных аналого-цифровых систем в различных отраслях промышленности.

В сложных технических системах, составляющих пилотажно-навигационный комплекс современных летательных аппаратов (ЛА) используется автоматизированный контроль состояния, которым предусматривается обработка диагностической информации и формирование управляющих сигналов. Методы проектирования автоматизированных систем контроля составляют одно из направлений теории контролеспособности. Наконец, очень важные задачи теории контролеспособности связаны с разработкой алгоритмов поиска неисправностей, разработкой диагностических тестов, минимизацией процесса установления диагноза.

Современные сложные бортовые пилотажные комплексы, как правило, имеют системы встроенного контроля. Принцип встроенного контроля заключается в подаче разовых сигналов на входные цепи блока или агрегата, что позволяет имитировать работу соответствующего подканала, определив тем самым его исправность. Операция тест-контроль в основном применяется для оперативной проверки системы, например перед полётом. Поиск дефекта, причин его появления внутри системы - есть задача не контроля, а диагностики.

Технологические особенности ПНК заключаются в низкой ремонтопригодности комплектующих изделий (КИ). Устранение неисправностей проводится путем замены блоков ПНК с последующей регулировкой и подстройкой системы.

Анализ конструктивных особенностей систем и агрегатов ПНК, а также инженерный анализ физики возникновения и развития неисправностей элементов, составляющих КИ ПНК, позволяют классифицировать последние, как объекты диагностики, по характеру повреждений и общности ремонтно-технологических признаков.

Условно повреждения КИ систем ПНК разделяются на три группы.

К первой группе относятся различного вида износы, коррозия, эрозия и другие процессы, связанные с потерей массы материала.

Ко второй – старение материала и накапливающиеся повреждения, вызывающие расстройки, изменения электрической прочности, переходные сопротивления и другие неисправности.

К третьей группе относятся повреждения, вызванные разрушением структур материала (обрыв, прогар, электрический пробой, смещение осей приборов и другие), возникающие под действием случайных во времени пиковых перегрузок в процессе эксплуатации.

По статистическим данным отказов и неисправностей за 10 лет эксплуатации ВС по системе 022 «Оборудование автоматического управления полетом» автоматизированной системы «Надежность авиационной техники» данным в приложении № 1 к первой группе повреждений относятся 25...30%, ко второй – 30...45%, а к третьей группе – 25...30% всех повреждений.

Первая группа повреждений характерна для электромеханизмов, узлов и механических соединений в блоках ПНК. Эти же повреждения характерны для электропроводки, штепсельных разъемов и различных типов коммутационных изделий (реле, контакторов, переключателей). Узлы и детали изделий этой группы, как правило, подлежат замене при техническом обслуживании и ремонте в случае выявления значительных повреждений.

Вторая группа повреждений в общем виде определена как «старение», что физически означает изменение микро- и макроструктуры материалов под воздействием среды (изменений влажности, температуры, давления) и нормально действующих циклических нагрузок. Следствием этих изменений, как правило, являются расстройка и разрегулировка, разбалансировка блоков ПНК, изменение упругости манометрических элементов датчиков систем автоматического управления, появление люфтов в передаточных механизмах агрегатов, снижение электроизоляции, пробой и межвитковое замыкание в трансформаторах и др.

Под третьим видом повреждений обобщены различного рода разрушения структуры материала. Например: трещины, обрывы электроцепей, прогары, изломы, пробой конденсаторов, внутренние замыкания или обрывы в транзисторах и полупроводниковых приборах и другие, возникающие как правило, под действием случайных пиковых перегрузок электрического, механического или климатического характера, а также вследствие нарушений правил эксплуатации и ремонта (удары при транспортировке, нарушение норм монтажа и

др.). Эти повреждения присущи всем видам комплектующих изделий и элементов ПНК, однако при данной классификации их целесообразно рассматривать применительно к высоконадежным блокам и деталям которые в нормальных условиях и режимах эксплуатации могут безотказно работать достаточно длительный период времени (несколько межремонтных ресурсов планера ВС).

Библиографический список

1. Гренандер, У. Лекции по теории образов [Текст]. – М.: МИР, 1979.
2. Полонников, Р.И. [и др.] Об одном способе решения задачи опознавания объектов [Текст] / Р.И. Полонников, В.В. Александров. // Изв. АН СССР, Техническая кибернетика № 1, 1967.
3. Евдокимов, Ю. К. [и др.] LabView для радиоинженера [Текст] / Ю. К. Евдокимов, В. Р. Линдваль, Г. И Щербаков. – М.: ДМК пресс, 2007. – 398с.
4. Климов, В. Т. [и др.] Функциональные системы летательных аппаратов [Текст] / В. Т. Климов, В. Д. Борисов. – М.: Московский рабочий, 2003. – 256 с.

ПОСТРОЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ СИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА

А.Н. Коптев, Н.А. Яковенко

Построение методики контроля компонентов СЭС ЛА невозможно без создания системы генерации энергии. Однако использование реальных систем не всегда возможно и эффективно с точки зрения экономических затрат.

Построение модели функционирования электрической машины, вкупе с аппаратными средствами позволяет построить бортовую сеть меньшей мощности, но обладающую сходными характеристиками, что и реальная.

При этом возникает проблема построения математической модели, которая бы в достаточной степени соответствовала бортовой системе генерации энергии. Поскольку построение подобной системы представляет достаточно сложную задачу, необходимо сделать ряд допущений.