

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ ОЦЕНКИ И ПРОГНОЗА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО РУЛЕВОГО ПРИВОДА ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ

Вересников Г.С.¹, Скрыбин А.В.²

¹Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН,
Россия, г. Москва ул. Профсоюзная д.65,

²Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н. Е. Жуковского,
Россия, г. Жуковский, ул. Жуковского д. 1
veresnikov@mail.ru, skryabinalexey@gmail.com

Аннотация: В работе предлагается общая схема анализа данных для построения алгоритмов оценки и прогнозирования технического состояния электромеханического привода (ЭМП) летательного аппарата с использованием методов интеллектуального анализа данных. Рассматривается математическая модель ЭМП, которую предлагается использовать для оценки технического состояния ЭМП и формирования базы прецедентов, которая является исходной информацией методов интеллектуального анализа данных. Проведенные исследования являются актуальными для проведения работ по созданию электрического летательного аппарата, в котором используется технология ЭМП.

Ключевые слова: электромеханический рулевой привод, диагностика технического состояния, интеллектуальный анализ данных, машинное обучение.

Введение

Разработки, проводимые в РФ и за рубежом в области создания электрического летательного аппарата (ЛА), используют технологию электромеханического привода (ЭМП) для отклонения рулевой поверхности первичной системы управления полетом. Необходимость повышения показателей безопасности полета летательных аппаратов и снижения сервисных затрат обуславливают актуальность разработки и внедрения систем контроля технического состояния (СКТС) ЭМП.

Исследования СКТС ЭМП проводятся ведущими авиационными конструкторскими бюро (Airbus, Boeing, Sikorsky и др.), исследовательскими организациями (ЦАГИ, DLR, NASA, INSA CESA, и др.) и разработчиками систем управления полетом (Liebherr, Moog, Parker и др.) [1].

Существующие прототипы подобных систем показали эффективность интеграции методов интеллектуального анализа данных (ИАД) и метода сравнения функционирования сигналов натурной системы с математической моделью для контроля технического состояния ЭМП. Применение методов ИАД позволяет решать задачу оценки технического состояния ЭМП, когда отсутствуют достаточное количество данных для принятия статистических гипотез с необходимым уровнем доверия и подробные математические модели ЭМП, позволяющие учитывать всевозможные внутренние и внешние факторы.

В работе предлагается общая схема анализа данных для построения алгоритмов оценки технического состояния ЭМП с использованием методов ИАД. Рассматривается модель ЭМП, которую предлагается использовать для оценки технического состояния ЭМП и формирования базы прецедентов для применения методов ИАД.

1 Анализ данных и построение алгоритмов оценки и прогноза технического состояния ЭМП

Использование только методов ИАД для построения алгоритма оценки технического состояния ЭМП может являться неэффективным, вследствие:

- высокой размерности исходных данных;
- наличия закономерностей в данных, которые не могут быть эффективно найдены этими методами без предварительного анализа;
- недостатка данных для формирования базы прецедентов и т.д.

В рамках проведенных исследований предлагается комплексная схема анализа данных (рис. 1), в которой интегрируются методы формирования и обработки исходной информации с методами ИАД. Данная схема предназначена для построения алгоритма, который используется для оценки и прогноза технического состояния ЭМП.

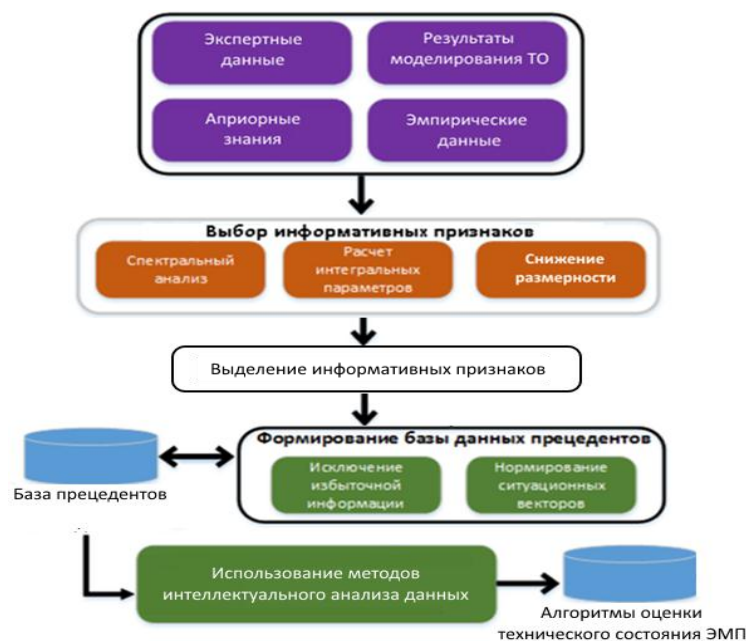


Рис. 1. Схема анализа данных для построения алгоритма оценки технического состояния ЭМП

Схема использования алгоритма оценки технического состояния ЭМП в СКТС ЭМП представлена на рис. 2.

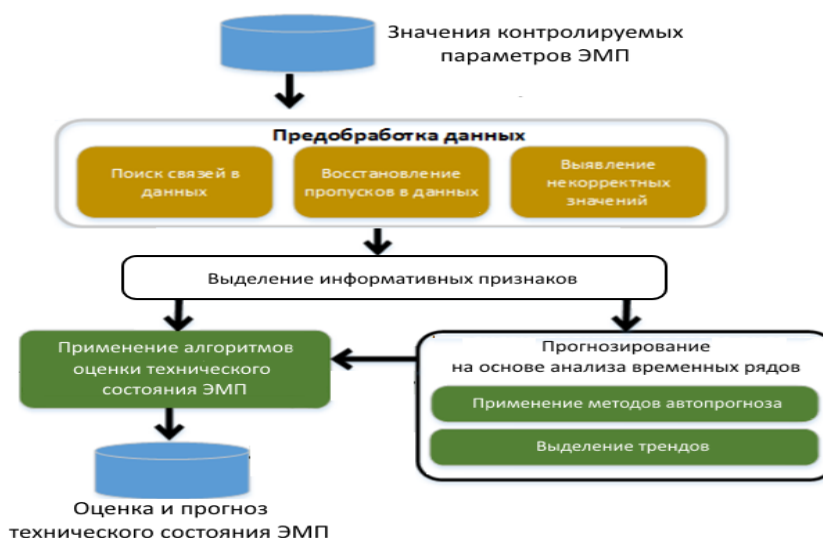


Рис. 2. Схема алгоритма оценки и прогноза технического состояния ЭМП

На выходе схемы алгоритма, представленной на рис. 2, будет получена оценка и прогноз технического состояния ЭМП, которые используются для принятия решений обеспечивающих безопасность эксплуатации летательных аппаратов.

2 Математическая модель ЭМП

Для анализа характера и величин потерь энергии была разработана математическая модель ЭМП с прямым редуктором, состоящая из 3 подсистем: блок электроники, электродвигатель и редуктор. Для задачи идентификации технического состояния ЭМП требуется детализированный учет кинематических характеристик редуктора и электродвигателя [2] (рис. 3).

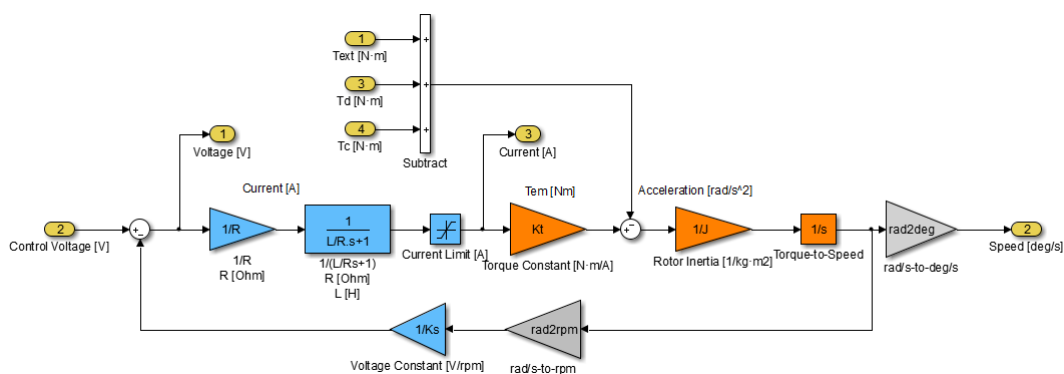


Рис. 3. Упрощенная математическая модель электродвигателя ЭМП.

Представленная математическая модель основана на суммировании активных и реактивных моментов: $T_{EM} = T_{Ext} + T_J + T_D + T_C$, где T_{EM} - электромагнитный момент, T_{Ext} - момент внешней нагрузки, T_J - инерционный момент, T_D - диссипативный момент (трение и электромагнитные потери энергии), T_C - момент, затраченный на упругую деформацию элементов редуктора (возникает после выбирания люфта).

Рост величин трения и люфта до превышения определенного порога может оставаться не выявленным по причине сохранения заданного техническими требованиями качества регулирования привода. Тем не менее, монотонный рост данных характеристик свидетельствует о прогрессирующей деградации системы. Для исследования процессов развития деградаций, их влияния на энергетический баланс, создания и верификации алгоритмов оценки и прогнозирования технического состояния ЭМП с использованием методов ИАД предполагается производить варьирование величин трения и люфта для заданных режимов функционирования привода. Отработка математической модели на характерных режимах функционирования ЭМП позволяет формировать прецеденты, которые используются в рамках схемы на рис. 1.

Заключение

Для обеспечения высокого уровня надежности и безопасности технологий «более электрического» летательного аппарата требуется построение эффективных СКТС ЭМП. В связи с этим возникает проблема разработки методов и алгоритмов для оценки и прогноза технического состояния ЭМП. В результате проведенных исследований разработаны:

- схема анализа данных для построения алгоритмов оценки и прогнозирования технического состояния ЭМП в которой интегрируются методы формирования и обработки исходной информации с методами интеллектуального анализа данных;
- модель электромеханического привода, которую предлагается использовать для оценки технического состояния ЭМП и формирования базы прецедентов, необходимой для применения методов ИАД.

Литература

1. Скрыбин А.В. Системы контроля технического состояния и прогнозирования неисправностей электромеханических рулевых приводов летательного аппарата. Современный уровень развития. // Общероссийский научно-технический журнал «Полет» №2, стр. 50-64, 2018.
2. R. Kowalski, F. Möller, P. Gallun, A. Bierig Test facility for electro-mechanical actuation systems // Proceedings of the 7th International Workshop on Aircraft Systems Technologies, Hamburg, Germany, 2019, p. 133-142.