

Рис.1. Интенсивность отказов щеточно-коллекторных узлов авиационных машин постоянного тока

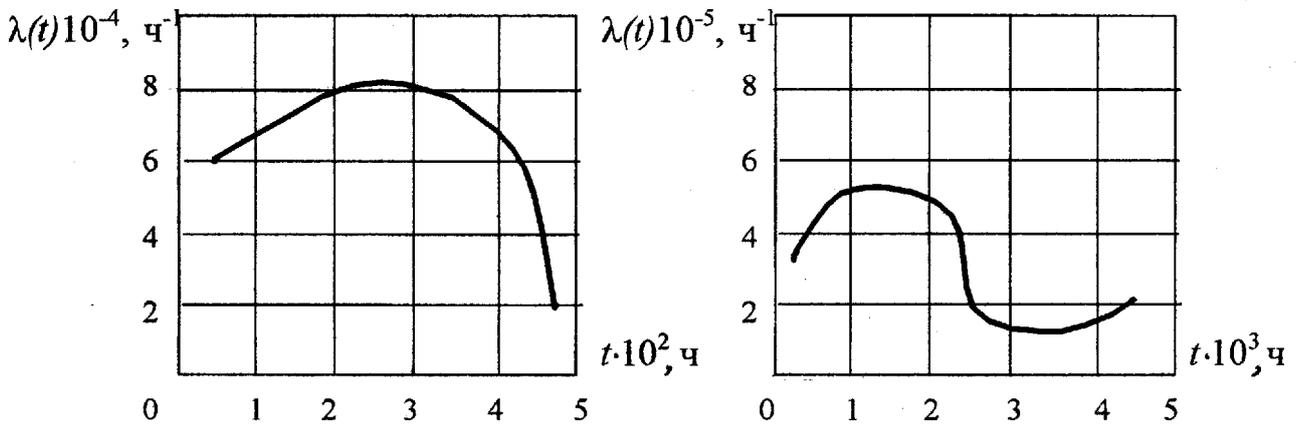
Как видно из рис.1, период приработки генераторов типа ГС-24 и СТГ-12 (кривая 2) и электромашинных преобразователей (кривая 1) составляет почти половину установленного ресурса, что явно доказывает слабую эффективность регламентного обслуживания.

При эксплуатации и ремонте авиационных электрических машин постоянного тока регламентировано применение следующих методов оценки технического состояния:

- испытание машин на соответствие характеристик техническим условиям и стандартам;
- визуальный осмотр состояния щеточно-коллекторных узлов и визуальная оценка степени искрения;
- инструментальные методы, предусматривающие измерение высоты щеток, давления щеточных пружин и радиального биения коллектора.

Недостатки этих методов очевидны. Первый метод не всегда позволяет выявить скрытые дефекты. Второй метод обладает значительным субъективным фактором, который зависит от квалификации обслуживающего персонала и конструктивных особенностей авиационных машин. Инструментальные методы также не лишены субъективных факторов и обладают недостаточной точностью.

Эффективность применяемых на практике методов оценки технического состояния показана рис. 2, на котором представлена частота $\lambda(t)$ отказов авиационных генераторов от времени наработки t после последнего обслуживания (рис.2,а) и после последнего ремонта (рис.2,б).



.2.

-24 -12

.2,

1 & / [2],

() ,

0 2(1)

©,

* (0 - 2 (0 = — 7 (, 0 [© + () , 0] ,

0, (<&I)-

t (> 1 0 (0

1 & 1<

10 1000 (

2372 3945).

3-6

точной полосы спектра мощной маскирующей составляющей. В этом случае применение спектроанализатора с БПФ необходимо и справедливо.

Полученные выводы справедливы и для колебаний в электрических цепях и электромагнитных системах, в особенности, для диагностирования щеточно-коллекторных узлов электрических машин, так как в силу сложности процессов, сопровождающих их работу, затруднительно выполнить точное широкополосное разделение спектра колебаний диагностических сигналов по видам дефектов.

Щеточно-коллекторный узел можно рассматривать как динамическую систему

$$S \subset X * Y,$$

где X – множество входных сигналов системы, в качестве которых можно рассматривать как внешние возмущающие воздействия, так и отклонения внутренних свойств системы от нормы; Y – множество выходных сигналов системы, в качестве которых можно рассматривать диагностические параметры.

Причем множество состояний этой системы Z необходимо синтезировать с помощью как дискретных, так и непрерывных физических процессов.

Поскольку уравнения, описывающие коммутационный процесс, представляют собой нелинейные дифференциальные уравнения, не имеющие решения в общем виде, то получить полную динамическую модель щеточно-коллекторного узла невозможно. Поэтому необходимо рассматривать работу системы при фиксированных входных параметрах X_i , что позволяет применить для описания процесса коммутации классическую теорию. Однако даже если производить диагностирование при условиях, которые позволяют пренебречь индуктированными в обмотке якоря ЭДС, то для простой волновой обмотки выражение для исходного параметра диагностирования, которым является ток в контуре коммутации Δi , имеет вид отношения двух полиномов с переменными коэффициентами [3]:

$$\Delta i = I_k \frac{\sum_{m=1}^{m=3} A_m(\beta, t, m) \alpha^m}{\sum_{n=0}^{n=3} B_n(\beta, t, n) \alpha^n},$$

где I_k – ток во внешней цепи якоря, получаемый от источника тока; $A_m(\beta, t, m)$, $B_n(\beta, t, n)$ – переменные коэффициенты; β – коэффициент отклонения переходного сопротивления отдельной коллекторной пластины от среднего значения; t – текущее значение времени; α – коэффициент соотношения среднего значения переходного контакта и сопротивления секции.

Приведенное уравнение, позволяющее получить реакцию системы по интегральным входным параметрам α и β , дает возможность определить зарождающиеся дефекты с помощью БПФ.

Другой проблемой использования спектрального анализа для диагностирования коллекторных машин являются неоднозначность толкования о характере дефектов и неправильные заключения при различных коэффициентах затухания путей распространения от точки приложения возмущения до точки съема диагностического сигнала при одинаковых дефектах.

Зарубежный опыт применения систем мониторинга показывает, что в этом случае необходимо сравнивать текущие результаты контроля с полученными в течение некоторого периода результатами. Причем необходимо избегать сравнения с результатами, полученными от других источников сигнала и других однотипных машин. В лучшем случае целесообразно использовать сравнение спектров колебаний для обнаружения сравнительно малых изменений составляющих с относительно малыми амплитудами.

Убедившись в том, что сравнение спектров колебаний необходимо для максимально раннего предупреждения о развитии дефекта, следует заметить, что даже незначительные изменения частоты вращения контролируемой машины вызывают смещение пиков спектра по частоте, вызывая тем самым неоднозначные толкования и ложную информацию.

Этот факт подтверждается опытом эксплуатации на заводах авиационной промышленности и гражданской авиации устройств контроля УД-ГПТ-1 и УДМД-80/100, разработанных докладчиком в соавторстве с М.П.Поповым в на кафедре № 32 КМУГА и применяемых для диагностирования генераторов серии ГС и магнитоэлектрических двигателей [1], в которых осуществлено полосовое преобразование спектров диагностических сигналов и использована стабилизация частоты вращения электрических машин в режиме диагностирования.

Решением данной проблемы может быть применение синтезированных спектров, частотные полосы которых имеют достаточную ширину для акцепта случайных изменений частоты и в то же время достаточно узки для обнаружения небольших изменений основных составляющих спектров колебаний.

Тем не менее, проблема остается независимой от ширины полосы частоты, если информативная составляющая расположена на границе двух полос и может попадать в разные полосы в случае изменения частоты вращения машины.

Одним из решений этой проблемы является применение опорного спектра с расширенными учитываемыми частотными полосами, который используется для создания опорной маски с отдельными узкими полосами, имеющими максимальные значения, присущие им самим или двум смежным полосам. Маска имеет также нижний предел, определяющий границу учитываемого динамического диапазона. Этот прием позволяет исключить случайные флуктуации спектра, амплитуды составляющих которых ниже нижнего предела учитываемого динамического диапазона.

Опорный спектр хранится в постоянном запоминающем устройстве системы мониторинга. Там же хранится и опорная маска, которая постоянно сравнивается с текущими спектрами колебаний диагностического сигнала.

При сравнении текущих спектров с опорной маской любые отклонения уровня за контуры маски могут рассматриваться как признаки зарождающегося дефекта.

Преобразование исходного спектра в маску накладывает ограничения на разрешение спектра по частоте. По опытным данным синтезированный спектр с разрешением по частоте порядка 4-6% является оптимальным.

При изменении частоты вращения контролируемой машины можно учесть изменение спектра путем сдвига маски по частоте на величину, пропорциональную изменению частоты вращения.

Глубина проработки рассмотренных методов обработки диагностических сигналов позволяет с успехом применить их для диагностирования авиационных коллекторных машин в эксплуатационных условиях.

Список литературы

1. *Повышение эффективности использования авиационных электрических машин постоянного тока*; Отчет о НИР/ КИИГА; В.И. Курилов. № 73К-91Э. - К. - 1993.
2. *Technical Review*. - № 1. - 1987. - Brüel & Kjær.
3. *Курилов В.И.* Влияние параметров якоря на процесс контроля щеточно-коллекторного узла // Автоматизация процессов технического обслуживания и ремонта авиационного оборудования воздушных судов: Сб. науч. тр. - К.: КИИГА, 1988. - С. 76-82.