Математическое моделирование деградационных процессов в механических агрегатах роторного типа

Изилов С. А.

ООО "Метроон"

Основным вопросом в реализации методов упреждения и предотвращения отказов, является выбор показателя уровня деградации свойств изделий в каждый отдельный момент их эксплуатации. Такой показатель, определяемый физико-техническими параметрами изделия, характеризует процессы "старения", которые сказываются на необратимых явлениях, накапливаемых в изделиях. Для установления этого показателя привлекаются известнее методы системотехники, такие как "дерево отказов", "анализ характера и последствий потенциальных отказов" и др. Эти методы позволяют выявить физико-технические параметры изделия, сократить номенклатуру измеряемых показателей, характеризующих деградационные процессы наблюдаемые в "глубине" системы, представляющей рассматриваемое изделие, понижают размерность многомерного анализа результатов контроля.

Системный анализ состояния сложных технических объектов позволяет упредить отказы этих объектов. При этом рассматриваются наиболее распространенные отказы, связанные с остаточными явлениями, накапливаемыми при деградации свойств объектов и, соответственно, ведущие к изменению их состояния. При этом особую важность приобретают законы старения, усталости, износа и др.

Если обобщенные показатели состояния (ОПС), характеризующие деградационные свойства объектов, находятся в пределах установленного допуска, эти объекты сохраняют стабильную организацию строения и явно выраженное соответствие функциональному назначению. В свою очередь, ОПС, являясь интегральными показателями свойств объектов, в значительной степени зависят от времени работы объектов. Причем, весь срок жизни объектов, от начала эксплуатации до снятия с нее, может быть разбит на два этапа, соответствующих стационарному и нестационарному характеру поведения объектов.

Для этапа стационарности при постоянном значении ОПС уменьшение случайных погрешностей измерений достигается фильтрацией в соответствии с простейшим алгоритмом среднеарифметической оценки с дисперсией, характеризующей уменьшение погрешностей.

Для автоматизированной обработки результатов измерения целесообразно использовать рекуррентную форму их оценки. При этом алгоритмы исследования, полученные методом наименьших квадратов (МНК) в классической форме, базируются на экспериментальной информации и не используют теоретических данных о координатах системы. Возможность применения теоретической информации для повышения точности оценки и сокращения необходимого числа измерений при переходе к рекуррентной форме МНК является частным случаем байесовского подхода. Рекуррентные алгоритмы позволяют не запоминать значительную информацию, предшествующую данному периоду, а фиксировать ее по мере поступления новых результатов измерений, что во многих случаях позволяет повысить эффективность работы алгоритмов, связанной с обработкой информации.

Для получения рекуррентной формы МНК представим дисперсионную матрицу в виде двух слагаемых – первого, зависящего от изменений до (i–1)-го включительно, и второго, зависящего от i-го изменения. Рассмотренный вариант рекуррентной оценки результатов позволяет не запоминать весь объем экспериментальных данных, а производить пошаговое уточнение полученных оценок по мере поступления новых данных.

В соответствии с критерием Томпсона легко построить интервал, в котором должно лежать ожидаемое значение y. Если измеренное значение y выходит за границы данного интервала, считаем это событие нарушением стационарности и началом активного проявления деградационного процесса.

Специфическим для деградационных процессов является их лавинообразный характер. Для описания таких процессов может быть использована экспоненциальная модель, в которой скорость изменения измеряемого параметра пропорциональна его значению, достигнутому к данному моменту времени.

Предлагаемая методика идентификации моделей деградационных процессов, основанные на системном анализе состояния сложных технических объектов, легко адаптируются к широкой номенклатуре изделий машиностроения. Реализация этих алгоритмов строится на едином математическом аппарате (методе наименьших квадратов) и модульном принципе программирования. Они могут быть рекомендованы для использования в задачах по упреждению отказов, обеспечивающих высокую эксплуатационную надежность рассматриваемых объектов.