

TÁBIYIY HÁM TEXNIKALÍQ ILIMLER

Fizika-matematika. Texnika. Informatika

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИДЕНТИФИКАЦИИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПРЯДИЛЬНЫХ МАШИН С ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ПРИВОДОМ

Н.М.Арипов – доктор технических наук, профессор

Ташкентский государственный транспортный университет

М.К.Отажонova – докторант

Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности

Таянч сўзлар: диагностика, идентификация, прогнозлаш, метрик усуллар, статистик усуллар, узатиш функцияси, тўқимачилик усканалари, техник ҳолат.

Ключевые слова: диагностика, идентификация, прогнозирование, метрические методы, статистические методы, передаточная функция, текстильное оборудование, техническое состояние.

Key words: diagnostics, identification, forecasting, metric methods, statistical methods, transmission function, textile equipment, technical condition.

Введение. В статье рассматриваются методы диагностики технического состояния технологического оборудования текстильных предприятий с использованием достижений кибернетики. Основное внимание уделено идентификации и прогнозированию состояния объектов на основе метрических и статистических методов. Описаны подходы к формированию диагностического пространства с использованием параметров гармонических составляющих токов и напряжений электропривода. Рассмотрены динамические модели, включая применение передаточной функции для оценки текущего состояния и прогнозирования остаточного ресурса оборудования. Предложены методы активной и пассивной идентификации, основанные на анализе входных и выходных сигналов системы, а также использование принципа «черного ящика» для сложных объектов.

Литература и методология. Методология исследования базируется на сочетании теоретических и экспериментальных подходов к диагностике технического состояния технологического оборудования. Используются метрические методы распознавания образов, основанные на количественной оценке близости состояний объекта в диагностическом пространстве, формируемом параметрами гармонических составляющих токов и напряжений электропривода. Для идентификации текущего состояния применялись статистические методы, включая построение многомерных корреляционных моделей, связывающих параметры объекта с сигналами измерительных преобразователей [1,2,6]. Динамическая идентификация проводилась с использованием передаточной функции, которая определялась как отношение преобразованных по Лапласу выходных и входных сигналов.

В системах диагностики средства диагностирования воспринимают и анализируют ответы объекта на входные воздействия и выдают результат диагностирования. Теоретически задача диагностирования ставится следующим образом [3, 4]. На состояние объекта S_j влияют факторы (вектор X на рис.1), определяющие необратимые процессы деградации свойств объекта (старение, износ и др.), а также случайные внешние и внутренние помехи (вектор F).

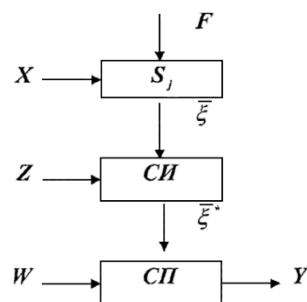


Рис.1. Однолинейная схема системы диагностирования, Содержащая объект (S_j), средства идентификации (СИ) и средства прогнозирования (СП)

Для измерения выбрана совокупность $\{\xi_l, l=1, 2, \dots, n\}$ параметров объекта (вектор ξ), относительно которых предполагается, что они существенно зависят от X . Параметры ξ_l называют диагностическими. При измерении параметров возможны погрешности измерения (вектор Z), вследствие чего вместо вектора ξ истинных значений получается вектор $\xi^* \neq \xi$. Совокупность значений диагностических параметров ξ_l позволяют идентифицировать текущее техническое состояние объекта и предсказать его будущее состояние Y . На результаты прогнозирования влияют погрешности прогнозирования (вектор W).

Таким образом, будущее техническое состояние Y объекта зависит от нескольких аргументов:

$$Y = f(X, F, Z, W) \quad (1)$$

Зависимость (1) является, по существу, моделью процесса диагностирования. Вероятный характер этой модели определяется тем, что аргументы X , F , Z и W являются существенно случайными функциями.

Получить зависимость (1) в явной аналитической форме для сколько-нибудь сложных объектов практически невозможно. В связи с этим используют различные приемы упрощения, как самой модели, так и процедур ее обработки. К этим приемам относится расчленение общей задачи диагностирования на две самостоятельные задачи – задачу идентификации состояния объекта, когда работают с моделью вида

$$\xi^* = \varphi_l(X, F, Z), \quad l=1, 2, \dots, n, \quad (2)$$

и задачу получения прогноза по модели вида

$$Y = \psi(\xi^*, W) \quad (3)$$

Однако и при таком расчленении трудности разработки практически эффективных методов прогнозирования для сложных объектов остаются значительными. Упростить процесс прогнозирования можно применением градиентного или операторного методов, когда процесс эволюции описывается линейной или так называемой центральной детерминированной моделью. Практическая реализация теоретически строгих постановок задач прогнозирования технического состояния сложных объектов встречается с трудностями и ограничениями. Этим объясняется слабое и медленное внедрение методов и средств прогнозирования в практику [5, 7].

Аналогичные этапы в своем развитии претерпела кибернетика – наука об общих закономерностях процессов управления в системах различной физической природы [4]. Кибернетика сегодня решает те же задачи генеза, идентификации и прогнозирования, что и диагностика, но у нее за долгую историю развития накоплен мощный арсенал математического инструмента, который может быть использован при решении задач диагностики.

Идентификация объектов является важнейшим разделом кибернетики. Без успешной идентификации текущего состояния объекта невозможно решение задач генеза и прогноза. Так как решение задачи прогнозирования предполагает рассмотрение изменения свойств объекта во времени, то и модель объекта, получаемая в результате идентификации, должна быть динамической моделью.

Использование достижений в области создания методов и средств диагностики технологических объектов в сочетании с математическим инструментом кибернетики позволяет в краткие сроки с минимальными затратами ресурсов создать методы, технические средства и системы диагностики машинных агрегатов текстильных предприятий.

Метрические методы. Для идентификации технического состояния технологического оборудования могут быть использованы метрические методы распознавания образов, основанные на количественной оценке близости двух состояний объекта. В качестве диагностических параметров для оценки текущего состояния и прогнозирования остаточного ресурса прядильного оборудования с электрическим приводом могут быть использованы параметры гармонических составляющих токов и напряжений, генерируемых двигателем электропривода [3]. Из параметров гармонических составляющих токов и напряжений формируются диагностическое пространство.

Использование современных технических средств и информационных технологий для решения задач диагностики позволило перейти от узкоспециализированных средств диагностики преимущественно индикаторного типа к универсальным устройствам диагностики, позволяющим решать многопараметровые метрические задачи. Целью многопараметровых метрических задач является количественная оценка параметров объекта, это позволяет объективно оценивать текущее техническое состояние и прогнозировать ресурс безопасной эксплуатации оборудования.

Статистический метод. Связи между параметрами, характеризующим техническое состояние объекта и

непосредственно измеряемыми параметрами многомерного сигнала, во-первых, имеют явно выраженный статистический характер, а во-вторых, указанные параметры не стоят в прямой причинно-следственной зависимости друг от друга, а порождаются общей для обеих группой причинных факторов. Цель статистического подхода к решению таких задач в условиях производства заключается в построении многомерных корреляционных моделей.

Контролируемыми параметрами могут быть механические, электрофизические, структурно-химические и другие характеристики элементов прядильного агрегата, а сигналами измерительных преобразователей – амплитуды и фазы высших гармоник токов и напряжений, генерируемых двигателем электропривода.

Сигналы измерительных преобразователей могут быть представлены вектором X с размерностью m , а контролируемые параметры вектором Y с размерностью n . В практике диагностирования оборудования с использованием электромагнитных измерительных преобразователей используют модели, имеющие вид [4, 7]

$$y_i = f_1(x_1, x_2, \dots, x_m), \quad (4)$$

$$x_i = f_2(y_1, y_2, \dots, y_n), \quad (5)$$

где y_i, x_i – компоненты векторов контролируемых параметров и сигналов измерительного преобразователя; f_1, f_2 – некоторые функции преобразования.

Для оценки технического состояния машинного агрегата используются функции расстояния между вектором текущего состояния объекта и вектором – эталоном или поверхностью предельного состояния в пространстве диагностических признаков, образованном параметрами гармонических составляющих сигнала электромагнитного преобразователя [2].

Метод динамической идентификации. Для анализа и выявления неисправностей оборудования в планировании экспериментов используются математические модели. Удовлетворительно адекватная модель может быть использована для воспроизведения работы оборудования и описания изменений его свойств. Диагностика решает задачи генеза и идентификации, так как решение этих задач предполагает рассмотрение изменения свойств объекта во времени, то и модель объекта, получаемая в результате идентификации, должна быть динамической моделью.

Одним из способов представления связи между входными и выходными сигналами системы, описываемой дифференциальными уравнениями, является использование передаточной функции. Передаточная функция определяется как отношение изображения выходного сигнала, преобразованного по Лапласу, к изображению входного сигнала по Лапласу

$$W(p) = \frac{Y(p)}{X(p)}. \quad (6)$$

Общий способ обнаружения неполадок объекта заключается в проверке величины каждого коэффициента модельной передаточной функции и в установлении того, лежит ли эта величина внутри предписанной области – области нормальной работы.

Передаточная функция представляет собой интегральный параметр, идентифицирующий текущее состояние объекта в операторной форме.

Обсуждение. Экспериментальные методы исследования динамики процесса основаны на обработке информации, содержащейся в его входных и выходных координатах. Применяются активные, пассивные и смешанные методы идентификации. Активные методы характерны тем, что на входы объекта подают заранее заданные пробные воздействия и исследуют выходной сигнал, причем эти пробные воздействия могут быть импульсными, периодическими или случайными функциями времени. При пассивном методе идентификации используют случайные естественные колебания входных сигналов.

В задачах диагностики для определения передаточной функции проводится пассивный эксперимент. Процессы, рассматриваемые в объекте исследования, рассматриваем как периодические детерминированные. Такие экспериментальные исследования объекта на основе статистических моделей основаны на широко используемом в технике принципе «черного ящика», структура системы при этом скрыта от наблюдателя, а суждение о ее функционировании создается на основе анализа внешних воздействий и соответствующих им реакций системы.

В целом использование принципа «черного ящика» обусловлено невозможностью математически описать протекающие в объекте исследования процессы. Применение динамических методов, широко используемых в кибернетике, для идентификации объектов диагностирования позволяет комплексно и наглядно оценить их текущее состояние и прогнозировать поведение в будущем.

Использование передаточной функции в качестве интегрального параметра технического состояния объекта позволяет использовать хорошо зарекомендовавший себя математический аппарат анализа динамических систем для предупреждения аварийных ситуаций на производственных объектах, а также организовать техническое обслуживание объектов по фактическому состоянию вместо обслуживания по срокам или ресурсу.

Заключение. Разработанные методы диагностики, основанные на интеграции достижений кибернетики и современных информационных технологий, позволяют эффективно идентифицировать текущее техническое состояние и прогнозировать остаточный ресурс технологического оборудования текстильных предприятий. Использование метрических и статистических методов, а также динамической идентификации с применением передаточной функции обеспечивает объективную оценку состояния машинных агрегатов. Применение принципа «черного ящика» и пассивных методов идентификации упрощает анализ сложных объектов, для которых аналитическое описание процессов затруднено. Предложенные подходы способствуют предотвращению аварийных ситуаций и оптимизации технического обслуживания по фактическому состоянию, что повышает надежность и эффективность эксплуатации оборудования. Результаты исследования могут быть использованы для создания универсальных систем диагностики, применимых в различных отраслях промышленности.

Литература

1. Арипов Н.М., Отажоннова М.К., Тожиев Б.М. Исследование методов диагностики неисправностей устройств в составе асинхронного электропривода прядильных машин. // «Молодой специалист» Международный журнал, Московская область, Балашиха, 2024/09, №3 (30), – С. 3-5.
2. Арипов Н.М., Отажоннова М.К., Тожиев Б.М. Анализ стратегии управления, методов контроля и оценки технического состояния прядильного оборудования для решения задач идентификации. «Интеграция науки и отраслевых предприятий в условиях развития инновационных технологий производства и переработки» - Республиканская научно-практическая конференция, часть 2. – Ташкент: 2024, 20-21 ноября, – С. 115-119.
3. Баширов М.Г. Идентификация повреждений в электрических сетях промышленных предприятий на основе гармонического анализа токов и напряжений. / М.Г.Баширов, В.Н.Шикунов. // Труды Стерлитамакского филиала АН РБ. - Уфа: «Гилем», 2007. Вып. 5. – С. 94 - 95.
4. Барков А.В. Идентификация состояния механизмов с узлами вращения по результатам вибрационного мониторинга и контроля температуры / Н.А.Баркова, Д.В.Грищенко. – НОУ «Северо-Западный учебный центр». – Санкт-Петербург: 2011. – С. 80.
5. Вейнреб К.Б. Диагностика неисправностей ротора асинхронного двигателя методом спектрального анализа токов статора: дисс. в виде научного доклада на соискание уч. степени докт. техн. наук: 05.09.01. / Вейнреб Конрад Беноневич. – Москва: 2012. – С. 58.
6. Wang J. Current envelope analysis for defect identification and diagnosis in induction motors / J. Wang, S. Liu, R.X. Gao, R. Yan. // Journal of Manufacturing Systems. 2012. № 31. –P. 380-387.
7. Кузеев И.Р. Оценка состояния и прогнозирование ресурса оборудования по изменению электромагнитных диагностических параметров / И.Р.Кузеев, М.Г.Баширов. // Мировое сообщество: проблемы и пути решения: Сборник научных трудов. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2005. – С. 4 -12.

РЕЗЮМЕ. Мақолада тўқимачилик корхоналари технологик ускуналарининг техник ҳолатини диагностика қилиш ўсуллари қўриб чиқилган. Асосий этибор метрик ва статистик усуллар асосида объектлар ҳолатини идентификациялаш ва прогноزلашга қаратилган.

РЕЗЮМЕ. В статье рассматриваются методы диагностики технического состояния технологического оборудования текстильных предприятий. Основное внимание уделено идентификации и прогнозированию состояния объектов на основе метрических и статистических методов.

SUMMARY. The article examines methods for diagnosing the technical condition of textile enterprise technological equipment. The main focus is on identifying and forecasting the state of objects based on metric and statistical methods.