

ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА

УДК 681.5.004.8

© Зайцев В.С.¹, Добровольская Л.А.², Черевко Е.А.³

СИСТЕМА ДИАГНОСТИКИ ОШИБОК В ИАСУ ТЛС ПОСРЕДСТВОМ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

В статье приводятся результаты разработки авторами системы диагностики ошибок посредством нейронной сети в ИАСУ ТЛС, призванной существенно ускорить и улучшить этот контроль.

Ключевые слова: система диагностики ошибок, методы идентификации ошибок, экспертные системы, нейронные сети, MLP-сеть.

Зайцев В.С., Добровольська Л.О., Черевко О.О. Система діагностики помилок в ІАСУ ТЛС за допомогою нейронної мережі. У статті наводяться результати розробки авторами системи діагностики помилок за допомогою нейронної мережі в ІАСУ ТЛС, покликаної істотно прискорити і поліпшити цей контроль.

Ключові слова: система діагностики помилок, методи ідентифікації помилок, експертні системи, нейронні мережі, MLP-мережа.

V.S. Zaycev, L.O. Dobrovolskaya, O.O. Cherevko. System for fault diagnosis in IACS of TSM using neural network. The article presents the results of the development by the authors the system for fault diagnosis by neural network in IACS of TSM designed to significantly speed up and improve this control.

Keywords: system for fault diagnosis, error identification methods, expert systems, neural networks, MLP-network.

Постановка проблемы. Система диагностики ошибок должна выполнять быстрый поиск нарушений и решать широкий круг задач по принятию решений предотвращающих аварийную ситуацию или остановку технологического объекта.

Анализ последних исследований и публикаций. Теоретические и практические аспекты систем диагностики ошибок исследованы во многих трудах отечественных и зарубежных ученых. Весомый вклад в решение проблем в этой активно развивающейся области внесли Г. Грабовский, Н. Рюмшин, В. Архангельский, И. Богаенко и др. Различают несколько видов диагностики ошибок: 1) контроль ограничений: непосредственно измеряемые величины подвергаются проверке по выходу за пределы допустимых значений и выдаются сигналы тревоги; 2) автоматическая защита: при опасных состояниях процесса система контроля ограничений автоматически вводит мероприятия для перевода процесса в нормальное состояние; 3) контроль с диагностикой ошибок: по измеряемым величинам рассчитываются признаки, вырабатываются симптомы, проводится диагностика и вырабатываются решения для предотвращения возникающего нарушения. Первые два метода пригодны для общего контроля процесса: при определении допустимых отклонений в общем случае должны быть заданы компромиссы между оценкой ненормального отклонения и сигналом тревоги, исходя из нормальных нерегулярных изменений переменных. Система простого контроля ограничений функционирует надежно в тех случаях, когда процесс находится в установившемся режиме. При резких динамических изменениях в процессе контроль ограничений усложняется, поскольку в переходных процессах

¹ д-р техн. наук, профессор, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь, zvs35@meta.ua

² канд. техн. наук, доцент, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь

³ аспирант, ассистент, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь, cherevko_e.a@mail.ru

выходные сигналы и управляющие воздействия находятся в стадии изменений, и контроль ограниченный вступает в действие только в установившемся режиме. Поэтому контуры регулирования могут исключать ранее выявление ошибок. Большим преимуществом указанных методов является их простота и надежность в установившихся режимах. Но сигнал тревоги может поступать лишь с относительно большой задержкой после возникшего изменения признака. Также невозможна детальная диагностика ошибок. По указанным причинам целесообразно применение систем контроля с диагностикой ошибок, которые могут удовлетворять следующим требованиям: ранее выявление ошибок; диагностика ошибок с указанием места, величины и причины возникновения; идентификация ошибок в замкнутых контурах регулирования; контроль процессов в динамике производственных объектов.

Цель статьи – на основе существующих теоретических и практических материалов разработать рекомендации по созданию системы диагностики ошибок посредством нейронной сети.

Изложение основного материала. При возникновении нарушений в работе сложной технологической установки с ИАСУ обслуживающему персоналу трудно быстро обнаружить и устранить неполадки. Поэтому требуется эффективная система контроля и диагностики для поддержки управления процессами и быстрого поиска нарушений. При раннем выявлении нарушений в ходе процесса могут быть проведены мероприятия, предотвращающие аварийную ситуацию или остановку технологического объекта.

Согласно разработкам НПК «КИА» контроль процесса осуществляется по рассогласованию между заданным ходом и фактическим, с последующим выявлением причин возникшего отклонения. Процесс диагностики иллюстрирует структурная схема на рис. 1.

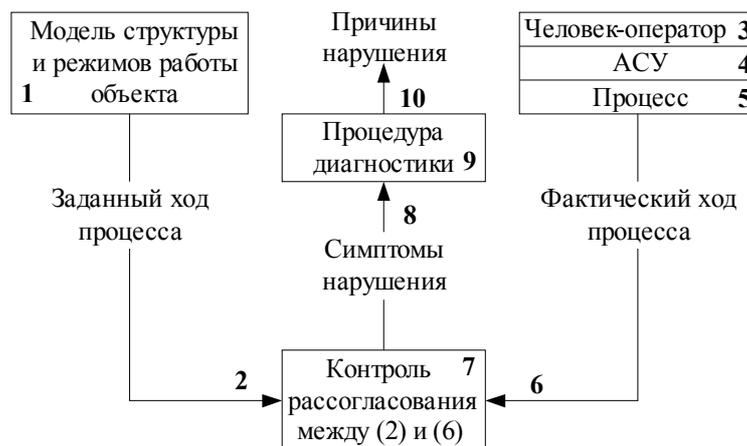


Рис. 1 – Процедура диагностики по симптомам контроля

Модель структуры и режимов работы объекта 1 выдает информацию о заданном ходе автоматизированного процесса 2, а модель, в которую входят человек-оператор 3, управляющая система 4 и процесс 5, выдает информацию о текущем состоянии процесса 6. В блоке 7 ведется постоянное сравнение задания 2 с фактическими данными 6, а возникающее между ними рассогласование, характеризующее симптом нарушения, поступает в блок 9, который выполняет анализ и оценку ситуации и выдает информацию о месте и причине нарушения 10. Система анализирует всю информацию, поступающую с датчиков и устройств контроля, и по результатам анализа и на основании знаний о структуре и функционировании ИАСУ определяет причину нарушения. Эта причина подлежит поиску, как в самом технологическом процессе, так и в линиях сопряжения с ИАСУ, исполнительных механизмах, измерительных приборах и датчиках, устройствах ввода-вывода, устройствах системы автоматизации. Система контроля и диагностики интегрируется в систему приборов и устройств контроля и обслуживания ИАСУ, в части сообщений и квитирования, и имеет доступ к банку данных системы с проектными данными управляемого объекта. Таким образом, система контроля и диагностики тесно сопряжена с системой управления.

К системе контроля и диагностики выдвигаются определенные требования, и все нарушения разделяются на общепринятые группы. На практике широко применяются методы идентификации ошибок, основанные на моделях. Наиболее распространенными являются метод оценки параметров, метод уравнений паритетов, применение наблюдателя величин состояния и т.п. Наиболее часто используются экспертные системы контроля ошибок.

Рассмотрим экспертную систему контроля ошибок.

Обычная экспертная система (ЭС) используется в пассивном режиме работы для быстрого решения задач оператором с помощью ЭВМ на базе знаний. На рис. 2 приведена структура пассивной ЭС. Подлежащая решению задача посредством данных или фактов вводится в блок решения задачи 7. В базе знаний 2 хранятся необходимые знания из данной области, например, в форме правил и опытных сведений. Логический механизм 3 вырабатывает предложение по решению задачи на основании результатов анализа входной информации из блоков 7 и 2. Оператор 4 взаимодействует с ЭС в диалоговом режиме (блок 5). При этом он, например, выводит различные данные по решаемой задаче, запрашивая объяснения (блок 6), и вызывает последовательно вырабатываемые ЭС предложения (блок 7). Таким образом ЭС совместно с оператором образует замкнутый контур, в котором ЭС является «советчиком».

Если задача имеет не общий характер, а связана с физико-техническим процессом, тогда ЭС сопрягается с контролируемым процессом, образуя замкнутую экспертную систему, работающую в активном режиме (рис. 3). Данные о процессе 7, поступающие в форме сигналов, проходят предварительную обработку по определенной методике (фильтрацию, спектральное разложение, оценку параметров и данных состояния в блоках решения задачи 2 и обработки данных 3). Для этой цели используются аналитические знания 4 и диалог 5 оператора с системой.

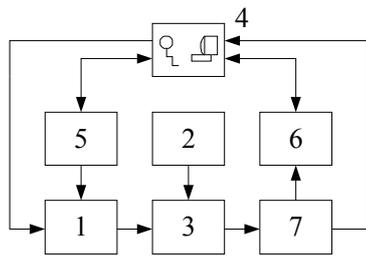


Рис. 2 – Экспертная система для выявления ошибок в ЭВМ

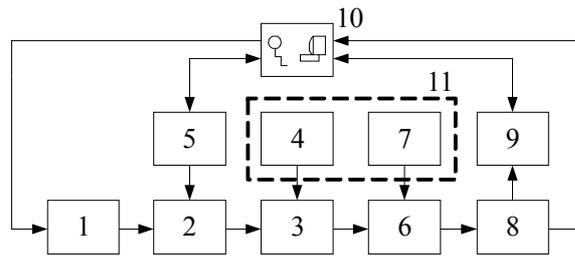


Рис. 3 – Экспертная система в замкнутом контуре управления

Далее сжатая информация о процессе поступает в логический блок 6, где с привлечением эвристических знаний о процессе 7 вырабатываются предложения 8 с объяснениями 9 оператору 10. Теперь оператор либо подает рабочую команду процессу 7, либо вводит измененные данные процесса и таким образом взаимодействует в диалоговом режиме с системой в замкнутом контуре.

ЭС (рис. 3) рекомендуется применять в тех случаях, когда технологический процесс частично поддается физическому и математическому описанию, но при этом требуется дополнительная экспертиза и поддержка со стороны оператора [1].

Поэтому база знаний 11 состоит из аналитической части 4, формирующей знание о процессе посредством математических моделей, и части 7 эвристических знаний, которая содержит правила ведения процесса, основанные на опыте работы и инспекции поведения. Такие замкнутые ЭС могут применяться и для диагностики ошибок в технологических процессах.

Предлагаемая экспертная система контроля и диагностики ошибок основана на использовании искусственной нейронной сети (ИНС). В настоящее время ИНС достаточно широко применяются для решения различных задач во многих технических и гуманитарных областях.

Искусственные нейронные сети конструируются по принципам построения их биологических прототипов. В зависимости от архитектуры и обучающих алгоритмов они способны решать задачи по распознаванию образов, идентификации и т.п.

Развитие теории нейронных сетей и выпуск устройств для их моделирования, предназначенных для выполнения функций по переработке информации, позволяет создавать информационные блоки и системы, имитирующие поведение человека. Речь идёт, таким образом, о создании искусственного интеллекта. В основе «разумного» поведения ИНС лежат алгоритмы их обучения.

Все возрастающие требования к технологическим процессам в отношении качества, стоимости и безопасности могут быть реализованы лишь эффективными системами контроля и диагностики. Ключевой проблемой при этом является тот факт, что для большинства процессов требуется наличие их моделей. Качество модели процесса в основном определяет успешное решение задачи прогнозирования объекта. Тем временем во многих публикациях указано, что нейронные сети хорошо подходят для идентификации нелинейных систем, а также для распознавания образов.

При помощи тренировочных данных нейронная сеть способна изучить желаемое соотношение входа/выхода. К сети подаются определенные входные векторы, под действием которых должны быть получены требуемые выходные векторы сети. Для этой цели необходимо в процессе обучения сети так изменять ее параметры, чтобы получить на выходе желаемый результат. Для диагностики ошибок производится сравнение данных реального объекта с эталонными величинами, вырабатываемыми моделью процесса [2]. По характеру изменения остатка могут детектироваться ошибки. Эта процедура получила определение «Residuengenerierung» (генерирование ошибок) с использованием модели. При этом для локализации ошибки целесообразно использовать сеть как классификатор ошибок.

Применим MLP-сеть идентификации и классификации ошибок нелинейного объекта регулирования. В качестве программного обеспечения для описанной ниже системы применен программный пакет «Neural Works Professional II/PLUS» фирмы «Scientific Computers», а также система наблюдения FIX фирмы «Fa Intellution».

Диагностика ошибок состоит из трех шагов [3, 4]. Первый шаг описывает обнаружение ошибок, при этом определяется, есть ли отклонение от нормального хода процесса. Вторым шагом является локализация ошибок, т.е. определение типа ошибки и места ее возникновения. На третьем шаге выполняется анализ ошибок и при необходимости проводятся мероприятия для устранения нарушений, вызванных ошибками.

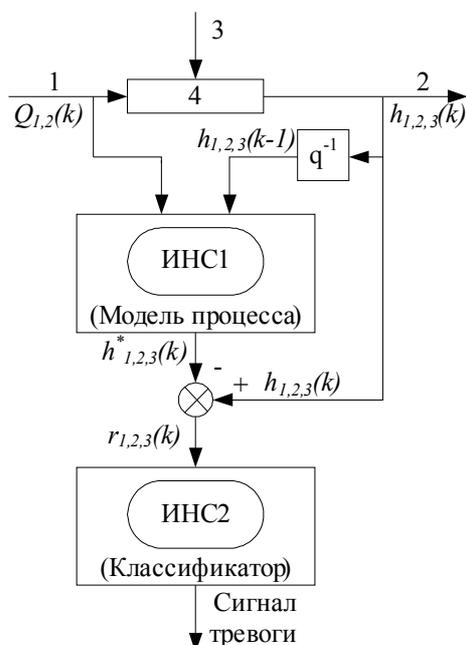


Рис. 4 – Диагностика ошибок на базе моделей

При методике, опирающейся на модель (рис. 4), детектирование ошибок осуществляется сравнением измеренных и прогнозируемых данных процесса. Параметры состояния и управляющие воздействия обрабатываются моделью или наблюдателем, включенными параллельно с процессом. В случае отсутствия ошибок разность (остаток) между выходными величинами процесса и модели приблизительно равна нулю в зависимости от качества модели. Обнаружение ошибки и ее локализация осуществляются по оценке получающегося остатка, выполняемой классификатором остатков.

В качестве модели процесса применена нейронная сеть ИНС1. Входными величинами сети служат управляющие воздействия $Q_1(k)$ и $Q_2(k)$, а также отстающие на один такт уровни $h_1(k-1)$, $h_2(k-1)$ и $h_3(k-1)$. Нейронная сеть выполняет оценку по входному вектору величин относящихся к нему выходных векторов $h_1^*(k)$, $h_2^*(k)$ и $h_3^*(k)$.

По разности между прогнозируемым и измеренным выходными векторами вычисляется остаток, по которому возможна оценка функции ошибок в реальной системе. Вектор остатка определяется следующим соотношением:

$$\bar{r}(k) = \begin{bmatrix} r_1(k) \\ r_2(k) \\ r_3(k) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_1(k) - h_1^*(k) \\ h_2(k) - h_2^*(k) \\ h_3(k) - h_3^*(k) \end{bmatrix}.$$

Остаток при помощи классификатора разделяется на различные классы, которые дают возможность локализации ошибок. В зависимости от вида ошибок могут выдаваться предостережения или аварийные сигналы для обслуживающего персонала.

Эта классификация должна также выполняться нейронной сетью. Каждый входной вектор ИНС2, называемый вектором признаков, содержит определенное число компонент в зависимости от конкретной решаемой задачи. В случае трехрезервуарной системы речь идет о трехразмерном векторе признаков. ИНС2 должна выполнять корректную классификацию векторов признаков по классам ошибок, основываясь на известных ей примерах классификации, изученных в процессе тренировочной фазы. При этом веса в сети выбираются так, чтобы каждый выходной нейрон по принадлежности к определенному классу реагировал с максимальным выходным сигналом.

Для комплектования данных для обучения и тестирования выполняется имитационное моделирование ошибок и замеры относящихся к этому остатков. Следует, однако, учитывать, что такой способ генерирования данных обучения и тестирования практически не всегда может быть реализован. Многолетнее накопление данных о ходе процесса позволяет выделять повторяющиеся ошибки из массы других и предлагать их нейронной сети в качестве учебных и тестовых массивов данных.

Для классификации ошибок применена сетевая структура. В ней входным вектором ИНС является остаток-вектор \bar{r} . Каждый нейрон представляет одну ошибку или одно состояние. Наличие некоторого состояния соответствует единице на выходе нейрона в выходном слое, в противном случае на выходе нейрона будет нуль.

Из поведения ИНС после фазы тренировки следует:

- функционирование объекта классифицируется как правильное;
- детектирование ошибок обеспечивает почти всегда малую активность нейрона, при состоянии «нет ошибки» указывает на ошибку, которая не локализована. Нейрон с наибольшей выходной активностью соответствует правильно опознанному состоянию.

Выводы

Предлагаемая система диагностики ошибок посредством использования нейронной сети позволяет достаточно просто и наглядно реализовать идентификацию ошибок и решать широкий круг задач по принятию решений, предотвращающих аварийную ситуацию или остановку технологического объекта.

Список использованных источников:

1. Архангельский В.И. Интегрированные АСУ в промышленности / В.И. Архангельский, И.Н. Богаенко, Н.А. Рюмшин. – К.: НПК «Киевский институт автоматики», 1995. – 316 с.
2. Lattasch M. Einsatz von Neuronalen Netzen zur Technischen Diagnose / M. Lattasch, B. Koppen-Seliger, P.M. Frank // ACS. – 1997. – № 8. – S. 53-60.
3. Isermann R. Modelgestutzete Überwachung und Fehlerdiagnose Technischer Systeme (Teil 1) / R. Isermann // ACS. – 1996. – № 5. – S. 9-20.
4. Euringer M. Horchverfugbate und fehlersiechere Prozessautomatisierung mit redundanten System / M. Euringer, W. Reichert, T. Schlierf // Siemens Energie und Automation. – 1988. – № 6. – S. 334-336.

Bibliography:

1. Archangelskiy V.I. Integrated ACS in industry / V.I. Archangelskiy, I.N. Bogaenko, N.A. Ryumshin. – K.: RPC «Kiev Institute of Automation», 1995. – 316 p. (Rus.)
2. Lattasch M. Einsatz von Neuronalen Netzen zur Technischen Diagnose / M. Lattasch, B. Koppen-Seliger, P.M. Frank // ACS. – 1997. – № 8. – S. 53-60. (Ger.)
3. Isermann R. Modelgestutzete Überwachung und Fehlerdiagnose Technischer Systeme (Teil 1) /

- R. Isermann // ACS. – 1996. – № 5. – S. 9-20. (Ger.)
4. Euringer M. Horchverfugbate und fehlersiechere Prozessautomatisierung mit redundanten System / M. Euringer, W. Reichert, T. Schlierf // Siemens Energie und Automation. – 1988. – № 6. – S. 334-336. (Ger.)

Рецензент: Ю.Л. Саенко
д-р техн. наук, проф., ГВУЗ «ПГТУ»

Статья поступила 18.03.2014

УДК 681.5.004.9

© Черевко Е.А.*

УПРАВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ РОЛИКОВ РОЛЬГАНГОВ ТЛС С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФАЗЗИ-ЛОГИКИ

В статье рассмотрена возможность использования фаззи-логики для управления асинхронным электроприводом роликов рольгангов ТЛС на примере регулирования, ориентированного на поток.

Ключевые слова: асинхронный электропривод, регулирование ориентированное на поток, фаззи-логика, фаззи-контроллер, фаззи-ПИ-регулятор.

Черевко О.О. *Управління електроприводом роликів рольгангів ТЛС з використанням фаззі-логіки.* У статті розглянута можливість використання фаззі-логіки для керування асинхронним електроприводом роликів рольгангів ТЛС на прикладі регулювання, орієнтованого на потік.

Ключові слова: асинхронний електропривод, регулювання орієнтоване на потік, фаззі-логіка, фаззі-контролер, фаззі-ПІ-регулятор.

O.O. Cherevko. *Operation control of the electric rolls of TSM using fuzzy logic.* The article discusses the use of fuzzy logic for controlling asynchronous electric drive of rollers on the roller tables TSM on the example of regulation-oriented stream.

Keywords: asynchronous electric drive, regulation-oriented stream, fuzzy logic, fuzzy controller, fuzzy PI controller.

Постановка проблемы. Более чем в 90 % промышленных систем электроприводов применяются асинхронные электродвигатели благодаря их высокой выносливости, надежности, высокому КПД и дешевизне. Но указанные преимущества трехфазных асинхронных двигателей снижаются сложностью их регулирования. Основные недостатки их состоят в нелинейности из-за эффекта насыщения и неустойчивости электрических параметров, сильно изменяющихся от температуры. Эти факторы существенно затрудняют регулирование, так как в практике приходится при проектировании систем регулирования использовать существенно упрощенные модели. Поскольку сложные процессы легче регулируются с применением фаззи-логики, чем традиционными методами техники регулирования, то предлагается использовать регулирование посредством фаззи-логики.

Анализ последних исследований и публикаций. Теоретические и практические аспекты использования фаззи-логики в системах управления нашли отражение во многих трудах отечественных и зарубежных ученых. Весомый вклад в решение проблем в этой активно развивающейся области внесли В. Архангельский, И. Богаенко, Г. Грабовский, Н. Рюмшин, В. Галушко и др. В настоящее время на многих технологических объектах применение управляемого по скорости частотно-регулируемого электропривода переменного тока дает значи-

* аспирант, ассистент, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь, cherevko_e.a@mail.ru