



УДК 681.513.6

Е. С. Калинина, С. В. Нестеров, О. В. Толстель

ДИАГНОСТИКА И АППАРАТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕИСПРАВНОСТЕЙ ПРОМЫШЛЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Представлены результаты создания системы ранней диагностики неисправностей оборудования и принцип работы создаваемого аппаратного средства моделирования таких неисправностей.

Results of the early establishment of a system fault diagnosis equipment and principle of operation of the hardware simulation tools such faults.

83

Ключевые слова: ранняя диагностика, нечеткий логический вывод, нечеткая кластеризация, промышленные контроллеры, мнемосхема техпроцесса.

Key words: early diagnosis, fuzzy inference, fuzzy clustering, industrial controllers, mnemonic process technology.

В ходе создания и отработки элементов новых программных и аппаратных средств моделирования неисправностей были получены следующие результаты.

Для котельной, осуществляющей отопление и горячее водоснабжение, был создан фрагмент системы диагностики на основе логических правил, содержащих информацию о специфике работы и неисправностях оборудования. Были извлечены общие правила работы оборудования и различные причины выхода его из строя, а также сформулировано восемь общих правил работы оборудования:

1. Если напряжение 380, 400 В, частота и ток неизменны, расход уменьшается, то силовая часть преобразователя частоты выходит из строя.

2. Если давление до входа p_1 неизменно, давление на выходе p_2 уменьшается, сила тока и частота растут, то образовалась протечка сальника.

...

Из общих правил для каждой единицы оборудования сформулировано в виде нечетких продукций 26 частных правил.

1. Для насоса H_9 : если z_{39} в диапазоне 2,2–2,7 и не меняется (меньше чем на 0,1 в час), если $4,3 < p_{36} < 4,7$ и ток в диапазоне 79–90 А, частота ~ 35 Гц, то потек сальник насоса H_9 .

2. Для насоса H_9 : если условия аналогичные, но $p_{36} = 4,3$, то погнулась лопатка.

...

Для каждой из единиц оборудования построен нечеткий контроллер с необходимыми входными параметрами в программной среде *Matlab* с использованием надстроек *Fuzzy Logic Toolbox* и *Simulink*, обрабатывающий входные сигналы, конкретные значения функций принадлежности, и настроены правила их обработки. Смоделированы возможные аварийные ситуации.



При реализации другого подхода исследуется движение каждой единицы оборудования как точки в многомерном пространстве признаков (рабочих характеристик единицы оборудования), показано в [1]. При этом единицы оборудования объединяются в кластеры в этом пространстве, а для анализа их динамики используется алгоритм нечеткой кластеризации, суть которого в том, что в процессе его работы каждая точка считается принадлежащей одновременно всем кластерам, но с разными степенями принадлежности, общая сумма значений которых равна 1. Он содержит следующие шаги:

1. Установить параметры алгоритма: c – количество кластеров; m – экспоненциальный вес; ε – параметр останова алгоритма.

2. Случайным образом сгенерировать матрицу нечеткого разбиения F , удовлетворяющую следующим условиям: $\sum_{i=1}^c \mu_{ri} = 1, k = \overline{1, M}$.

3. Рассчитать центры кластеров:
$$\mathbf{V}_i = \frac{\sum_{k=1}^N (\mu_{ik})^m \mathbf{X}_k}{\sum_{k=1}^N (\mu_{ik})^m}, i = \overline{1, c}.$$

4. Рассчитать расстояния между объектами из X и центрами кластеров \mathbf{V}_i : $D_{ki} = \sqrt{\|\mathbf{X}_k - \mathbf{V}_i\|^2}$.

5. Пересчитать элементы матрицы нечеткого разбиения:

если $D_{ki} > 0$, то
$$\mu_{ki} = \left((D_{ki})^2 \sum_{j=1}^c (D_{kj})^{-2} \right)^{-\frac{1}{m-1}};$$

если $D_{ki} = 0$, то
$$\mu_{ki} = \begin{cases} 0, & j = i, \\ 1, & j \neq i. \end{cases}$$

6. Проверить условие $\|\mathbf{F} - \mathbf{F}^*\|^2 < \varepsilon$, где \mathbf{F}^* – матрица нечеткого разбиения на предыдущей итерации алгоритма. Если условие истинно, то перейти к шагу 7, иначе – к шагу 3.

7. Конец.

На рисунке 1 в левом верхнем углу показано покластерное распределение оборудования на определенный момент времени эксплуатации, в правом нижнем – предполагаемая картина спустя некоторое время, когда часть оборудования в связи с износом перемещается в сторону области предаварийного состояния.

В ходе вычислительных экспериментов в этом направлении была модифицирована стандартная функция, выполняющая алгоритм fuzzy c-means и разбивающая входные данные на определенное заранее заданное значение кластеров. Проведен анализ времени выполнения программы и возможности ее использования в режиме онлайн на компьютере с процессором AMD Athlon 64 X2 Dual Core Processor 5600+ 2,81 GHz под ОС Windows 7 Professional SP1 в программном комплексе Matlab R2012a с использованием встроенной функции счета системного времени.



Для тестов использовались данные различной размерности и различное входное число кластеров. Постепенно размерность была увеличена до 1000×100 и количество кластеров до 100, что соответствует задаче разбиения 1000 единиц оборудования с сотней снимаемых характеристик на 100 кластеров с подобным состоянием. Максимальное время работы программы не превысило 1,5 с, что приемлемо для использования этой технологии для написания программной надстройки к существующим программным комплексам, обрабатывающим телеметрическую информацию характеристик оборудования для работы ее в реальном времени.

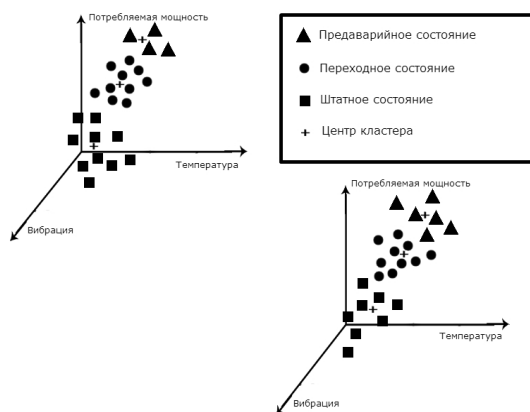


Рис. 1. Движение оборудования в пространстве параметров

Далее была разработана концепция специального стенда-тренажера моделирования работы сложных систем управления технологическим оборудованием, представленная на рисунке 2. Основная идея — использовать сразу два мощных промышленных контроллера: один по обычному назначению (реализация максимально сложной системы управления), второй — для имитирования работы оборудования промышленного объекта (генерации выдаваемых им сигналов). В его состав входят промышленный контроллер *Siemens S1600* с двумя центральными процессорными блоками CPU 1511-рп. Число коммуникационных каналов не менее 64 входных дискретных сигналов, 32 выходных дискретных сигналов, 56 входных аналоговых сигналов, 56 выходных аналоговых сигналов. Также присутствуют: блок для присоединения контроллера к сети *Industrial Ethernet*; промышленный компьютер с сенсорным монитором диагональю не менее 21"; ПО программирования нижнего уровня *Simatic STEP7*; ПО программирования верхнего уровня *InTouch V11*; ПО управления ТОиР, имеющее функциональные характеристики не слабее, чем у ТРИМ-техобслуживания; ПО управления поиском неисправностей оборудования (открытая экспертная система с возможностью создания и редактирования правил и использующая технологию ОРС для получения данных технологического процесса).



Рис. 2. Укрупненная схема создаваемого аппаратного комплекса обработки информационных технологий ранней диагностики

На текущий момент в систему закладываются данные по вышеупомянутой котельной, газокompрессорной станции (ГКС) и центрального теплового пункта (ЦТП), осуществляющего перераспределение тепловой энергии для отопления и горячего водоснабжения группы домов. Приведем некоторые из его элементов:

- Задвижка трубопровода подачи теплосети.
- Автоматический регулятор температуры отопления.
- Фильтр обратного трубопровода отопления.

Заключение

В результате проделанной работы апробированы информационные технологии, реализующие раннюю диагностику оборудования, спроектирован аппаратный комплекс моделирования неисправностей.

Об авторах

Екатерина Сергеевна Калинина – асп., Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Калининград.
E-mail: kalininargu@gmail.com

Сергей Валериевич Нестеров – канд. физ.-мат. наук, доц., Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Калининград.
E-mail: nst456@mail333.com



Олег Владимирович Толстель – канд. техн. наук, доц., Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Калининград.

E-mail: oleg77764@mail.ru

About the authors

Ekaterina Kalinina – PhD student, I. Kant Baltic Federal University, Kaliningrad.

E-mail: kalininargu@gmail.com

Dr Sergey Nesterov – Ass. Prof., I. Kant Baltic Federal University, Kaliningrad.

E-mail: nst456@mail333.com

Dr Oleg Tolstel' – Ass. Prof., I. Kant Baltic Federal University, Kaliningrad.

E-mail: oleg77764@mail.ru