

УДК 519.711.3

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНЫХ АРХИТЕКТУР ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ ПРИ ПОСТРОЕНИИ СИСТЕМ ДИАГНОСТИКИ В УСТАНОВКАХ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ СВАРКИ

А.В. Хоминич

Институт проблем математических машин и систем НАН Украины

e-mail: samot@ukr.net

1. Введение

Как известно, современные установки электронно-лучевой сварки (УЭЛС) – представляют собой сложную совокупность устройств, приборов и конструкций, обеспечивающих сварочный процесс в рамках конкретных технологических режимов [3]. Высокотехнологичное оборудование УЭЛС требует жесткого соблюдения правил эксплуатации и своевременного технического обслуживания.

Функционально УЭЛС состоит из двух комплексов:

- **механического**
- **энергетического**

Механический комплекс установки отвечает за обеспечение заданного технологией сварки уровня вакуума в вакуумной камере и электроннолучевой пушке, перемещение изделия и электроннолучевой пушки, погрузочно-разгрузочные (для изделия) работы.

Энергетический комплекс установки обеспечивает генерирование и формирование интенсивного электронного пучка, а также управление в режиме реального времени его рабочими параметрами: током пучка, током фокусировки.

Установка электроннолучевой сварки, как объект автоматизации представляет собой сложный технический комплекс, в состав которого входит прецизионное электромеханическое, высокопроизводительное вакуумное и мощное энергетическое оборудование. Технологический процесс электроннолучевой сварки является по своему характеру потенциально опасным, что связано с использованием высокого напряжения (60 кВ и выше) и взрывоопасного откачного оборудования, используемого для создания глубокого вакуума. Отказ оборудования, вызвавший аварийную ситуацию, может привести к травмам обслуживающего персонала, порче свариваемого изделия, повреждению оборудования установки. Вероятность безотказной работы УЭЛС не должна быть меньше 0,95 – 0,99 для нескольких лет непрерывной работы, а коэффициент, готовности оборудования должен быть в пределах $0,99 \pm 0,999$.

В настоящий момент технология электроннолучевой сварки перешла из сугубо научного применения, к использованию в производстве. Опыт эксплуатации УЭЛС в производственном цикле, показывает, что на первый план выходит вопрос эффективности ее использования. В этой связи в состав задач автоматизированной системы управления (АСУ) УЭЛС включают следующие:

- 1) предотвращение аварийных ситуаций;
- 2) обеспечение производительности и качества сварки;
- 3) помощь обслуживающему персоналу (для минимизации времени затрачиваемого на нахождение и устранение неисправностей оборудования установки).

Анализируя приведенные выше задачи АСУ УЭЛС не сложно заметить, что ключевую роль в борьбе за эффективность использования УЭЛС, играет, проводимая в реальном режиме времени, диагностика оборудования установки.

Диагностирование оборудования УЭЛС включает три типа задач. К первому типу относятся задачи по определению состояния, в котором находится оборудование УЭЛС в настоящий момент времени. Ко второму типу относятся задачи по определению состояния, в котором окажется оборудование УЭЛС в некоторый будущий момент

времени. Это задачи прогноза, возникающие для определения сроков выполнения профилактических проверок и ремонтов. К третьему типу относятся задачи определения состояния, в котором находилось оборудование УЭЛС в некоторый момент времени в прошлом. Это задачи генеза. Они возникают в связи с расследованием происшествий и предпосылок к ним.

2. Постановка задачи.

Совокупность объектов диагностирования и средств диагностирования образуют систему диагностирования.

Составим перечень задач системы диагностирования АСУ УЭЛС:

- отображение, хранение и анализ изменяющихся во времени данных, поступающих от контролируемого оборудования УЭЛС;
- обнаружение неисправного состояния оборудования;
- прогнозирование технического состояния оборудования;
- динамическое изменение алгоритма функционирования оборудования с целью недопущения аварийной ситуации;
- пояснения обслуживающему персоналу о ходе выполняемых действий по недопущению аварийной ситуации;
- помощь обслуживающему персоналу в устранении выявленной неисправности оборудования;
- накопление информации о техническом состоянии оборудования для проведения его обслуживания «по состоянию».

Выполнение требований к оперативной диагностике УЭЛС невозможно без введения в состав АСУ УЭЛС - экспертной системы (ЭС) реального времени, содержащей знания конструкторов и технологов [1,2].

3. Использование экспертной системы при диагностировании.

Создание ЭС трудоемкий и длительный процесс. Возникает вопрос - почему не использовать для помощи обслуживающему персоналу конструкторов и технологов УЭЛС. Человек не может моментально дать ответ на любой вопрос даже в той сфере, в которой он является профессионалом. Это обусловлено тем, что опыт конкретного человека ослабевает, он должен постоянно практиковаться, чтобы сохранить свой профессиональный уровень. Человек может забыть в экстремальной ситуации важное правило из-за того, что его "поджимает" время или под влиянием стресса. Человек делает заключение с возможными субъективными ошибками. Процесс передачи знаний от одного человека к другому - трудоемкий, долгий и дорогой процесс. Высококвалифицированные эксперты редки, зарплата их высокая, а возможности ограничены в пространстве и времени.

Преимуществом ЭС является их точность и удобство в работе. Расчеты проводятся быстро, результаты устойчивы и воспроизводимы. Стоимость разработки (труд высококвалифицированных программистов, экспертов) уравнивается стоимостью ее освоения и эксплуатации. Стоимость эксплуатации экспертной системы при решении задачи любой сложности равна номинальной стоимости прогона программы на компьютере.

4. Математические модели объекта диагноза.

Вместе с тем парадигма математического и имитационного моделирования работы УЭЛС заключается в необходимости разработки такой математической модели (ММ) УЭЛС, количественные результаты которой были бы адекватны количественным результатам реальной УЭЛС, поскольку выбор оптимального (рационального) варианта

УЭЛС осуществляется на количественной основе. Очевидно, что неадекватные количественные результаты использования ММ УЭЛС могут привести к неверному выбору режима сварки, а это приведет к экономическим потерям. Известно, что количественные результаты реальных процессов считаются адекватными процессам моделирования в том случае, если доказано, что выборки реальных значений показателей УЭЛС и полученных результатов моделирования имеют одинаковые законы распределения. То есть когда совместные функции распределения векторов, параметров, характеризующих условия функционирования УЭЛС модели, и векторов выходных характеристик равны:

$$F_{УЭЛС}(\bar{x}(t), \bar{y}(t)) = F_M(\bar{x}(t), \bar{y}(t)) \quad (1)$$

где: $\bar{x}(t)$ – вектор параметров, характеризующий условия функционирования УЭЛС или модели,
 $\bar{y}(t)$ – вектор выходных характеристик УЭЛС или модели,
 $F_{УЭЛС}(\cdot), F_M(\cdot)$ – совместные функции распределения векторов УЭЛС и модели соответственно.

Математическая модель (ММ) исправного объекта диагноза имеет вид

$$Z = \langle X, Y, t \rangle \quad (2)$$

где: X – n -мерный вектор входных переменных,
 Y – m -мерный вектор внутренних переменных,
 Z – k -мерный вектор значений выходных функций, отражает зависимость реализуемых объектом выходных функций от его входных переменных X , внутренних переменных Y и от времени t .

Для описания процедур диагностирования неисправного объекта в его предметной области задается полная структура функциональных связей для элементов (блоков). При этом соотношения между элементами позволяют находить значения одних элементов через другие. Задание исходных и целевых элементов приводит к поиску путей, ведущих от исходных элементов к целевым. Если хотя бы один такой путь существует, то по нему строится программа решения задачи диагностирования [4].

Математическая модель объекта диагноза (ОД), находящегося в i -ом неисправном состоянии, представляется в той же форме, что и ММ для исправного объекта:

$$Z^i = \langle X, Y_{нач}^i, t \rangle \quad (3)$$

Система (3) для фиксированного i является ММ i -го неисправного объекта, при этом $Y_{нач}$ и $Y_{нач}^i$ могут не совпадать. Выражения (2) и (3) характеризуют связь между входным вектором $\langle X, Y \rangle$ и выходным Z . Система (2) и совокупность систем (3) для всех $s_j \in S$ образует явную модель объекта диагноза, где s_j – j -я неисправность, S – множество одиночных и кратных неисправностей объекта. Если в явном виде задана только модель исправного объекта (2), а поведение ОД в i -неисправных состояниях представляется косвенно через множество S , то неявную модель ОД образуют: – зависимость (2); – множество S возможных неисправностей представленных их ММ; – способ вычисления зависимостей (3) по зависимости (2) для любой s_i неисправности. Если же ММ отдельных неисправностей неизвестны, то зависимости (3) можно получить в процессе проверок ОД при наличии в нем соответствующих неисправностей, и которые физически осуществимы в конкретных условиях диагностирования.

Элементарная проверка π_j ($\pi_j \in \Pi$, где Π – множество всех допустимых элементарных проверок ОД, $j = 1, N$, где N – количество допустимых элементарных проверок) характеризуется: – воздействием на ОД и ответом ОД на это воздействие. Она определяется:

- входными переменными и последовательностью их значений X_j ;
- внутренними переменными и последовательностью их значений Y_j .

При этом ответом ОД на элементарную проверку является результат R_j^i , который характеризуется $\{\gamma\}_j$ - множеством контрольных точек, и зависит от технического состояния ОД (i – номер неисправности, j – номер элементарной проверки).

В общем случае результат элементарной проверки R_j^i определяется выражением:

$$R_j^i = \langle \psi^i, \alpha_j, \{\gamma\}_j \rangle \quad (4)$$

где: ψ^i – Функция, описывающая i – ю неисправность,
 α_j – воздействие в j -той элементарной проверке π_j ,
 $\{\gamma\}_j$ – множество контрольных точек в j -той элементарной проверке.

Практически используется более короткая запись функций значения α_j воздействия:

$$R_j = \psi(\pi_j) \quad (5)$$

как результат π_j – ой элементарной проверки исправного объекта,

$$R_j^i = \psi^i(\pi_j) \quad (6)$$

как результат π_j – ой элементарной проверки для i – неисправных объектов.

Модели (5) и (6) могут быть получены для элементарной проверки путем подстановки в правые части (2) и (3) значений X_j , $Y_{нач}$, t и вычисления тех компонент векторов Z и Z^i , которые сопоставлены контрольным точкам из множества $\{\gamma\}_j$.

Графически функциональная модель ОД изображается схемой, в которой функциональные блоки обозначены прямоугольниками, соединенными линиями со стрелками на концах, указывающими направление прохождения сигналов.

Логическая модель ОД как модель представления знаний строится по функциональной модели, состоящей из n связанных между собой блоков (компонентов структуры ОД).

Логическая модель будет правильной, если для любой пары блоков справедливо: - выход одного из блоков является входом другого и подмножества допустимых значений входа и выхода, а также подмножества их недопустимых значений соответственно совпадают; - для одноименных входов подмножества допустимых значений и соответственно подмножества недопустимых значений входов совпадают.

В общем случае каждому исходному блоку в функциональной модели соответствует подмножество блоков логической модели. В некоторых случаях логическая модель может совпадать с функциональной моделью ОД.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Попов Э.В. и др. Статистические и динамические экспертные системы. М.: Финансы и статистика. 1996, 232 с.
2. Питер Д. Введение в экспертные системы. М.: Финансы и статистика. 2001, 246 с.
3. Назаренко О.К. и др. Электронно-лучевая сварка. К.: Наукова думка. 1987, 320 с.
4. Пархоменко П.П., Согомонян Е.С., Карибский В.В. Основы технической диагностики. М.: Энергия. 1981, в 2-х томах.