

Т.С.Белозерова, А.А.Возовников, А.С.Голдобина, А.В.Иванов,  
В.А.Кутин, В.А.Сурсяков, Т.Г.Хлебутина

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ  
ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ

(г. Пермь)

В Пермском госуниверситете (ПГУ) разработано автоматизированное рабочее место (АРМ), предназначенное для исследований электрохимических явлений в системе металл/электролит. АРМ представляет собой комплекс методических, технических и программных средств для автоматизации этапов проведения эксперимента, обработки экспериментальных данных и организации хранения и отображения результатов в электрохимических исследованиях.

На базе данного АРМ построена подсистема "Электрод", эксплуатируемая в составе локальной вычислительной сети АСНИ ПГУ. В состав АРМ входят средства для решения задач автоматизации в следующих исследованиях:

поляризационные исследования в гальвано- и потенциостатических режимах;

поляризационные исследования в гальвано- и потенциодинамических режимах;

импедансные исследования;

исследование водородопроницаемости.

Целью поляризационных исследований является определение скорости и механизма коррозионных процессов в системе металл-электролит, количественная оценка характеристик пассивности металлов. Физическая сущность явления заключается в том, что при изменении электрического потенциала на границе раздела определенным образом меняется скорость электрохимического процесса, мерой которой является сила электрического тока.

Целью импедансных исследований является определение механизма сложных электрохимических процессов, определение скорости и механизма коррозионных процессов. Физическая сущность явления состоит в превращении вещества на электроде, что связано с переносом электронов через границу металл-раствор электролита. Стадия переноса заряда может сопровождаться стадиями диффузии в объеме, адсорбции,

гетерогенной химической реакции, поверхностной диффузии и др., которые имеют свои характерные времена. При воздействии на систему возникает некоторый переходный процесс, определяемый видом протекающих реакций и их параметрами.

Целью исследований водородопроницаемости является определение параметров, характеризующих подвижность водорода в металлах и сплавах (например коэффициент диффузии). Указанное число экспериментов (четыре) отвечает текущему этапу развития АСНИ ПГУ и будет увеличено по мере уточнения задач экспериментальных исследований.

В состав комплекса технических средств входит потенциостат ПИ-50-1 и система модулей КАМАК, часть из которых представляет собой оригинальные разработки Пермского госуниверситета. Потенциостат ПИ-50-1 предназначен для статирования рабочего электрода электрохимической ячейки как по току, так и по напряжению в зависимости от методики измерений, а также для формирования сигналов на двух входах-каналах  $\varphi$  и  $i$ .

К модулям в стандарте КАМАК относятся:

синтезатор переменного напряжения (СПН), предназначенный для цифрового формирования на выходах переменных напряжений, изменяющихся по заданному закону;

двухканальный программируемый потенциометр (ДПП), предназначенный для согласования выходного напряжения потенциостата и динамического диапазона АЦП;

аналого-цифровой преобразователь (АЦП), тип 712;

мультиплексор, тип 750.

АЦП и мультиплексор представляют собой серийно выпускаемые модули производства ПНР или аналогичные по возможностям модули КАМАК.

В поляризационных исследованиях существуют четыре метода измерений. Выбор методики осуществляется оператором. При статических методиках на вход потенциостата с модуля СПН подается постоянное напряжение. Сигналы с двух выходов потенциостата (каналов  $\varphi$  и  $i$ ) подаются на ДПП, который согласовывает их с динамическим диапазоном АЦП, а затем на мультиплексор, который по команде ЭВМ подключает один из двух выходных каналов к АЦП. По завершении процесса установления в электрохимической ячейке и выполнении серии измерений для статического сглаживания шума модуль СПН по команде ЭВМ изменяет напряжение, подаваемое на вход потенциостата, и процесс измерений повторяется.

При динамических методиках с модуля СПН на вход потенциостата

подается линейная развертка напряжения, а измерения значений функции и аргумента  $\varphi$  и  $i$  выполняются по обоим каналам одно за другим. Переключение с одного канала на другой осуществляется, как и в статических методах, при помощи мультиплексора.

В импедансных исследованиях на вход потенциостата с модуля СПН подается вначале постоянное напряжение для выхода на рабочую точку, а затем на него накладывается синусоидальное напряжение. Определение импеданса электрохимической системы заключается в многократном измерении отклика и сопоставлении его с входным сигналом. Значение выходного напряжения измеряется, как и в поляризационных исследованиях, АЦП через ДПП, а соответствующая ему фаза считывается из счетчика адресов модуля СПН. После вычисления импеданса меняется частота синусоидального сигнала, и измерения повторяются. По завершении измерений на всем заданном наборе частот меняется рабочая точка и весь процесс повторяется на новой рабочей точке.

При исследовании водородопроницаемости ЦАПы, входящие в состав ДПП, управляют потенциостатами. Один потенциостат задает режим в катодной области, являющейся поставщиком атомарного водорода, другой - в анодной. Ток ионизации измеряется в правой электрохимической ячейке (анодной области). С выхода потенциостата сигнал через ДПП поступает на измеряющий АЦП.

Программное обеспечение системы "Электрод" состоит из корневого модуля и трех наборов модулей, обслуживающих проведение этапов ввода параметров эксперимента, измерений и оперативной обработки, постэкспериментальной обработки и представления результатов. Каждый набор содержит по четыре модуля для описанных выше типов экспериментов: статического и динамического поляризационных, импедансного и водородного. Передача данных между программами, выполняющими различные этапы исследования, осуществляется через файлы на внешних устройствах памяти. Файлы создаются в начале проведения эксперимента, наполняются по мере появления текущих результатов оперативной обработки и приобретают окончательный вид по завершении измерений.

Функции корневого модуля заключаются во вводе варианта эксперимента, режима работы, а также в поочередной загрузке и инициации программы управления этапами исследования. Эти загрузочные модули, при написании и генерации которых используются универсальные подпрограммы работы с КАМАКом, сетевой телеобработки и математической обработки. Программы первого этапа включают ввод параметров экспе-

римента и вывод их в файл на внешнем устройстве. Ввод параметров эксперимента осуществляется в диалоговом режиме, после чего оператор получает итоговую таблицу. При желании значения отдельных параметров корректируются. Итоговая таблица образует оглавление файла, который оперативно пополняется по получении каждого нового результата основной процедуры измерений и оперативной обработки. Программы второго этапа выполняют измерение, оперативную обработку и запись ее результатов в файл. Программы третьего этапа позволяют вывести на дисплей или на печатающее устройство результаты оперативной обработки, выполнить постэкспериментальную обработку и отобразить ее результаты в виде таблиц или графиков. На этапе постэкспериментальной обработки выполняется следующая обработка экспериментальных данных:

для поляризационных исследований и исследований водородопроницаемости получения экспериментальная зависимость аппроксимируется заданными теоретическими модулями по методу наименьших квадратов с использованием метода покоординатного спуска;

для импедансных исследований также используется метод наименьших квадратов в комбинации методов Ньютона и покоординатного спуска.

В целом программное обеспечение построено с использованием концепции операционных маршрутов и реализовано на языках Фортран и Макроассемблер. Операционная среда: ОС РВ и ППП СТО/РВ.

УДК 681.3:519.6

А.В.Пыжьянов, О.И.Жуковский, В.А.Кочегуров,  
Н.Т.Нечитайло

СТРУКТУРА УЧЕБНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО  
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА "МОДЕЛЬ"

(г.Томск)

Прикладная математика при широком использовании современных ЭВМ в настоящее время активно участвует в обеспечении научно-технического прогресса. Одной из основных методологических проблем прикладной математики является проблема развития математической техно-