

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ ИМПУЛЬСНЫЙ МЕТОД МОНИТОРИНГА КОРРОЗИОННО-МЕХАНИЧЕСКИХ ПОВРЕЖДЕНИЙ

Архипов А.Г., Любимова-Зинченко О.В., Ковалев Д.А.

Технологический институт Восточноукраинского национального университета им. В. Даля,
г. Северодонецк, Украина

Предложен электрохимический импульсный метод мониторинга коррозионно-механических повреждений технологического оборудования, эксплуатируемого в среде жидких электролитов. Разработанный метод дает возможность оценивать состояние технологического оборудования как по интенсивности появления импульсов разрушения, которые фиксируются за определенный интервал времени, так и по изменению во времени потенциала металла оборудования. (E-mail: kovalovdanyil@gmail.com)

Ключевые слова: импульс разрушения, мониторинг, текущее состояние, коррозия, измерение, датчик.

Введение

Актуальной проблемой современного химического и нефтеперерабатывающего производства является стремление продлить ресурс работы технологического оборудования, сохраняя надлежащую безопасность его эксплуатации. Диагностика и мониторинг технического состояния оборудования является одним из эффективных способов решения данной задачи. В химической и нефтеперерабатывающей отраслях промышленности большинство технологических процессов протекают в среде жидких электролитов, что часто приводит к развитию электрохимической коррозии металлов. Это обуславливает использование электрохимических методов мониторинга состояния оборудования.

На современном этапе известны следующие электрохимические методы мониторинга: измерение поляризационного сопротивления, определение электродного потенциала коррозии, измерение переменного тока импеданса, измерение электрохимического шума. С их помощью можно определить общую коррозионную стойкость металла, коррозионную активность веществ [1], диагностировать техническое состояние металлоконструкций и определить эффективности различных способов защиты металлов от коррозии.

Указанные электрохимические методы имеют практическое применение непосред-

ственно для определения текущего состояния трубопроводного транспорта, резервуаров и оборудования [2, 3].

Недостатки приведенных методов:

- потребность в высококвалифицированной оценке повреждений и глубоком изучении свойств конкретной конструкции;
- сложность реализации автоматического контроля состояния оборудования в режиме реального времени;
- необходимость автоматического контроля одновременно с введением оборудования в эксплуатацию;
- необходимость учета предыдущей «истории» эксплуатации оборудования.

Целью работы являлась разработка нового электрохимического импульсного метода мониторинга для оценки степени коррозионно-механического повреждения технологического оборудования, позволяющего оценивать текущее состояние оборудования как по интенсивности появления импульсов разрушения, которые фиксируются за определенный интервал времени, так и по изменению во времени потенциала металла оборудования, которое подвергается воздействию агрессивной среды и циклических нагрузок. Путем построения измерительной схемы импульсного метода реализован автоматический контроль, что обеспечивает своевременное выявление коррозионно-механических повреждений технологического оборудования.

Импульсный метод мониторинга и его аппаратная реализация

Мониторинг подразумевает наличие системы диагностирования состояния оборудования, предназначенной для контроля и предупреждения возможных негативных последствий, связанных с эксплуатацией и разрушительным действием коррозии [4, 5].

Для обеспечения стабильного мониторинга состояния оборудования, разработана логическая блок-схема импульсного метода измере-

ния, сигнализации и постоянного контроля коррозионно-механических повреждений оборудования в режиме реального времени (рисунок 1).

Алгоритм работы блок-схемы следующий. Электрические импульсы, генерируемые при росте трещины в металле, снимаются с объекта контроля датчиком разрушений ДР [6, 7]. Постоянный сигнал фиксируется и усиливается усилителем постоянного сигнала УП (серии INA 128) и поступает на 1-й канал регистратора РЭ МТМ-160.

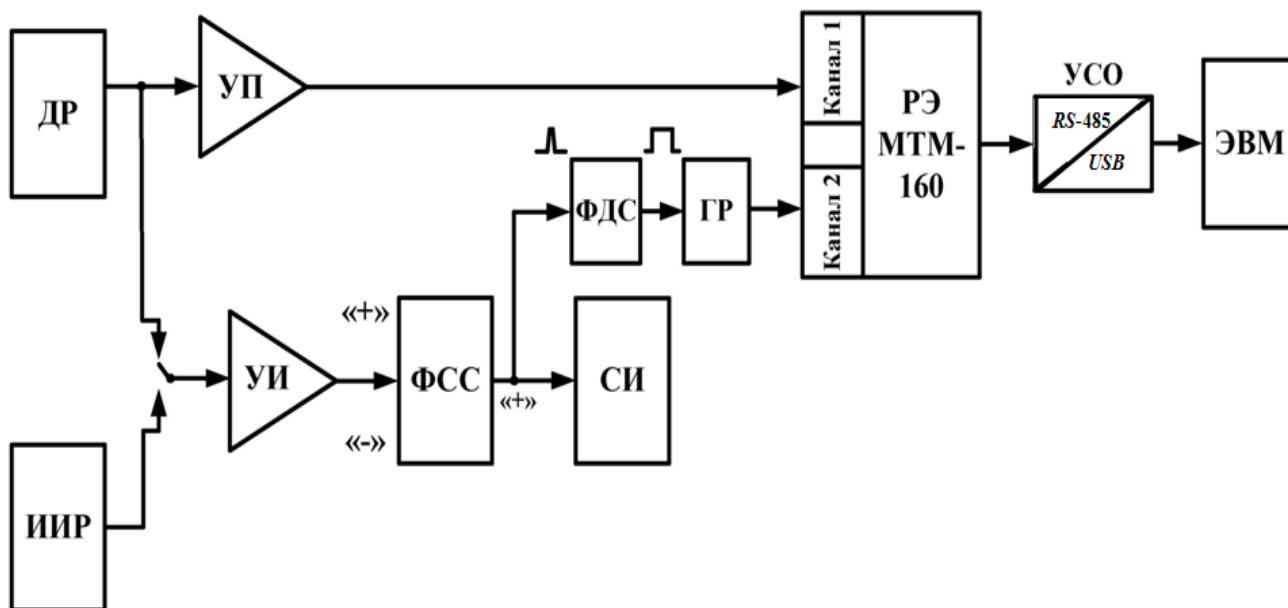


Рисунок 1 – Блок-схема импульсного метода мониторинга коррозионно-механических повреждений технологического оборудования: ДР – датчик разрушения; ИИР – имитатор импульсов разрушения; УП – усилитель постоянного сигнала (потенциала); УИ – усилитель переменного сигнала (импульсов разрушения); ФСС – формирователь сигнала стандартного уровня; «+», «-» – сигналы положительной и отрицательной полярности; СИ – счетчик импульсов разрушения с индикацией; ФДС – формирователь длительности сигнала; ГР – гальваническая развязка; РЭ МТМ-160 – регистратор электронный; УСО – устройство связи с объектом; RS-485 – последовательный интерфейс; ЭВМ – электронно-вычислительная машина (компьютер)

Блок ИИР – имитатор импульсов разрушения – предназначен для имитации искусственных импульсов с целью проверки рабочего состояния системы контроля.

Импульсы разрушения, которые являются переменными сигналами, также фиксируются датчиком ДР и усиливаются отдельным буферным усилителем УИ (серии INA 128) для исключения влияния внешних сигналов, которые генерирует регистратор РЭ МТМ-160 на систему контроля.

Усиленные импульсы поступают на формирователь сигналов стандартного уровня ФСС, который формирует импульс положительной полярности с разнополярных входных импульсов. Сформированные импульсы поступают на формирователь длительности сигнала ФДС, далее при необходимости импульсы поступают на визуальный счетчик импульсов разрушения с индикацией СИ.

Импульсы разрушения из ФДС поступают на оптическую развязку ГР, которая является

переключателем в гальванически развязанных электрических цепях; в это же время открывается канал пропускания импульсов. После принятия каждого импульса разрушения вход оптической развязки закрывается, и сигнал передается на 2-й канал регистратора РЭ МТМ-160.

В приборе РЭ МТМ-160 при достижении определенно заданной интенсивности появления импульсов разрушения за выбранный период времени срабатывает аварийная сигнализация (коэффициент пропорциональности задается величиной определенной вставки). Далее через последовательный интерфейс RS-485 полученные результаты передаются на ЭВМ.

Таким образом, импульсный метод позволяет оценивать состояние технологического оборудования как по интенсивности появления импульсов разрушения, которые фиксируются за определенный интервал времени, так и по изменению во времени абсолютного значения потенциала металла оборудования.

Существенно, что данный метод позволяет начать автоматический контроль состояния оборудования в любой момент его эксплуатации. Благодаря такому принципу оценки степени повреждений, исчезает необходимость учета предыдущей «истории» эксплуатации оборудования.

Для мониторинга коррозионно-механических повреждений оборудования, эксплуатируемого в среде жидких электролитов, согласно предложенной методике была изготовлена лабораторная установка.

Исследования проводились на вибростенде, при частоте циклических нагрузок 5 Гц и амплитудой колебаний 12 мм. В ходе экспериментов использовалась труба из нержавеющей стали 0Х23Н18, диаметром 32 мм, толщиной стенки 2 мм и длиной 0,78 м, которая содержала 5%-й водный раствор NaCl, рабочая температура 20 °С. Для ускорения процесса разрушения внутри трубы был нанесен острый концентратор напряжений треугольного профиля вблизи консольного крепления (рисунок 2).

В торцевую часть трубы установлен одноэлектродный электрохимический датчик, состоящий из корпуса и вспомогательного электрода, которые изолированы друг от друга и изготовлены из того же металла, что и корпус оборудования [8].

Конструкция одноэлектродного электрохимического датчика приведена на рисунке 3.

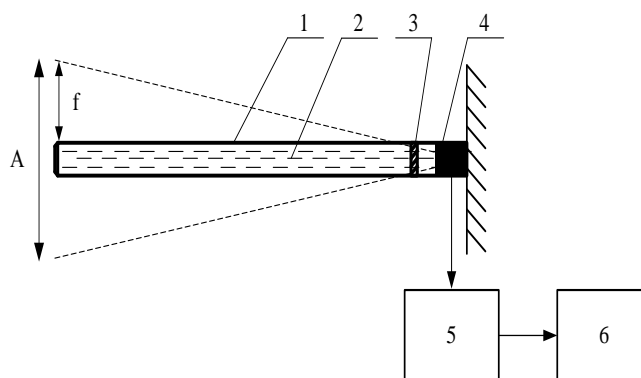


Рисунок 2 – Схема проведения эксперимента: A – размах циклических колебаний; f – амплитуда циклических колебаний; 1 – нержавеющая труба; 2 – водный 5%-й раствор NaCl; 3 – острый концентратор напряжений; 4 – одноэлектродный электрохимический датчик; 5 – прибор регистрации, усиления, формирования импульсов разрушения; 6 – компьютер

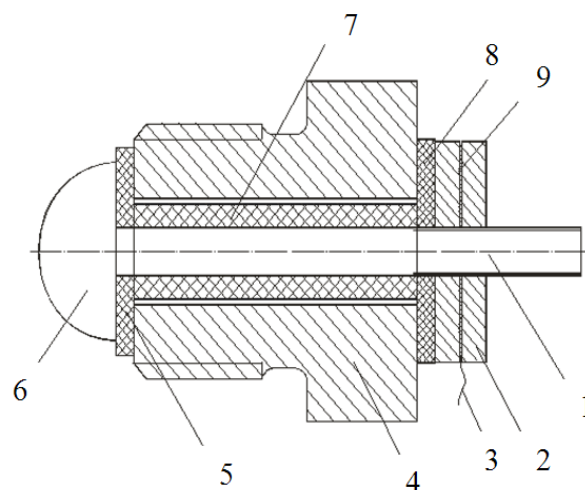


Рисунок 3 – Одноэлектродный электрохимический датчик: 1 – контакт электрода; 2, 9 – гайки; 3 – токоотвод; 4 – корпус датчика; 5, 8 – изолирующие шайбы; 6 – рабочая поверхность электрода; 7 – изолирующая втулка

Путем измерения величины потенциала металла отслеживалась динамика коррозионно-механического разрушения. В процессе работы за определенный период времени сравнивалась интенсивность появления импульсов, которые свидетельствуют о стадийности коррозионно-механического разрушения.

Результаты исследования и их обсуждение

В результате исследований установлена зависимость изменения во времени потенциала и интенсивности появления импульсов разрушения.

На рисунке 4 показано изменение потенциала металла во времени при циклической нагрузке трубы. Как видно, чем ближе к моменту разрушения, тем интенсивнее происходит увеличение потенциала по абсолютному значению. Значения потенциала на момент разрушения возрастает приблизительно в 3 раза по сравнению со значением на момент начала нагружений.

Кривая, представленная на рисунке 5, построена в координатах «количество импульсов разрушения (n) – время разрушения (t , мин)», показывает интенсивность нарастания импульсов разрушения и стадии разрушения при импульсной форме регистрации сигнала.

Построение данного графика происходило путем фиксации скачков потенциала металла. Каждый скачок регистрировался в виде короткого во времени импульса, величиной от 4 до 200 мВ, который образовывался в момент развития коррозионно-механической трещины. Величина каждого импульса разрушения зависела от степени раскрытия трещины в теле металла. Далее каждый импульс аппаратно регистрировался как единичный сигнал и формировался до стандартного уровня согласно блок-схеме, представленной на рисунке 1.

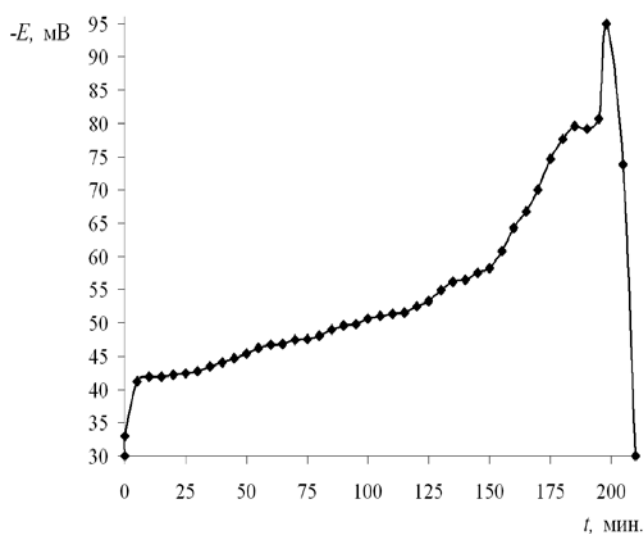


Рисунок 4 – Изменение потенциала металла во времени при частоте циклических нагрузок 5 Гц

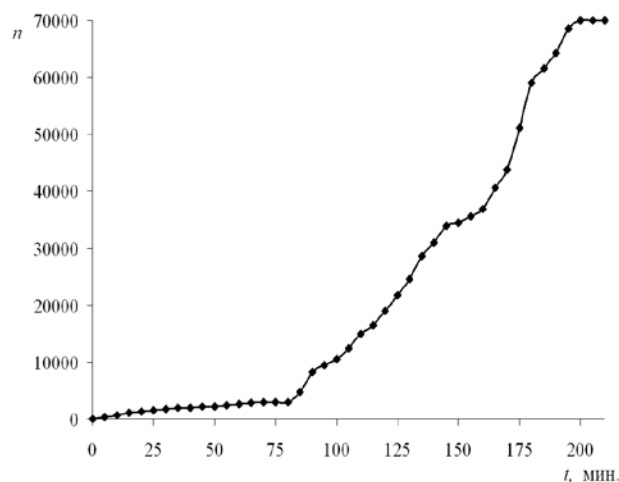


Рисунок 5 – Изменение интенсивности импульсов разрушения во времени при частоте циклических нагрузок 5 Гц

Кривая (рисунок 5) показывает, что интенсивность появления импульсов, свидетельствующих о развитии коррозионно-механической трещины, возрастает приблизительно в 22 раза за все время испытаний – 2 ч. Каждый участок кривой имеет свой определенный диапазон интенсивности появления импульсов, и она возрастает по мере приближения к моменту разрушения.

На функциональную зависимость интенсивности появления импульсов разрушения во времени существенно влияет система металл-среда, частота и амплитуда циклических нагрузок.

Проведенные исследования показали, что при помощи предложенной методики можно оценивать степень коррозионно-механических повреждений оборудования и его текущее состояние как по изменению потенциала металла, так и по интенсивности появления импульсов разрушения.

Заключение

1. Предложен электрохимический импульсный метод мониторинга коррозионно-механических повреждений технологического оборудования, работающего в условиях химических и нефтеперерабатывающих производств.

2. Разработана логическая блок-схема импульсного метода контроля и сигнализации.

3. Предложенный метод позволяет оценивать состояние технологического оборудования как по интенсивности появления импульсов разрушения, которые фиксируются за опреде-

ленный интервал времени, так и по изменению во времени потенциала металла оборудования.

4. Проведенные исследования показали, что в процессе эксплуатации от начала нагрузки до момента разрушения значение потенциала возрастает приблизительно в 3 раза, а интенсивность импульсов, свидетельствующих о коррозионно-механическом разрушении, приблизительно в 22 раза.

5. Установлено, что существенным отличием и преимуществом импульсного метода по сравнению с ранее известными, является возможность автоматического мониторинга на любом этапе эксплуатации оборудования.

Разработка защищена патентами Украины.

Список использованных источников

1. Чвірук, В.П., Академперіодика. Електрохімічний моніторинг техногенних середовищ / В.П. Чвірук, С.Г. Поляков, Ю.С. Герасименко. – К. : 2007. – 321 с.
2. Новицкий, В.С. Контроль коррозионного состояния технологического оборудования по потенциалу коррозии / В.С. Новицкий, В.С. Кузуб // Физ.-хим. механика материалов. – 1985. – № 1. – С. 76–82.
3. Новицкий, В.С. Промышленный коррозионный контроль химической аппаратуры / В.С. Новицкий, Л.М. Писчик // Физ.-хим. механика материалов. – 2001. – Спец. выпуск № 1. – С. 10–15.
4. Pokhmurskii, V. New method development of electrochemical monitoring of the equipment subject to corrosion mechanical damage / V. Pokhmurskii, M. Khoma, A. Arkhypov // 1st International Conference: Corrosion and Material Protection. 1st–4th October 2007. Prague. Czech Republic. – CD ROM. – P. 6.
5. Импульсный метод определения коррозионно-механических повреждений в среде электролитов / В.И. Похмурский, М.С. Хома, А.Г. Архипов [и др.] // Фундаментальные аспекты коррозионного материаловедения и защиты металлов от коррозии. – 2011.
6. Пат. 46156 Украина, МПК (2009) G01N 3/32, G01N 27/26. Імпульсно-динамічний спосіб оцінки ступеня корозійно-механічного пошкодження / В.І. Похмурський, М.С. Хома, О.Г. Архипов та ін.; заявник і патентовласник Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України. – № u200906274, заяв. 16.06.2009, опубл. 10.12.2009, бюл. № 23.
7. Пат. 55489 Украина, МПК (2010) G01N 3/32, G01N 27/26. Імпульсний спосіб / В.І. Похмурський, М.С. Хома, П.О. Архипов та ін.; заявник і патентовласник Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України. – № u201008556, заяв. 08.07.2010, опубл. 10.12.2010, бюл. № 23.
8. Пат. 16117 Украина, МПК G 01 N 27/26. Електродний вузол / А.М. Кузюков, В.І. Похмурський, В.А. Борисенко та ін.; заявник і патентовласник Східноукр. націон. універ. ім. В. Даля. – № u200602108; заяв. 27.02.06; опубл. 17.07.06, бюл. № 7.

Arkhypov A.G., Lyubimova-Zinchenko O.V., Kovalyov D.A.

The electrochemical pulsewise method for monitoring of corrosion and mechanical damage

The electrochemical pulsewise method for corrosion and mechanical damage monitoring the process equipment operated in liquid electrolyte agent is provided. The developed method makes it possible to inspect the equipment condition either according to the formation rate of disturb pulses which are recorded during a certain period of time or according to the equipment potential behave our in time. (E-mail: kovalovdanyil@gmail.com)

Key words: impulse of destruction, monitoring, current condition, corrosion, measurement, sensor.

Поступила в редакцию 30.01.2012.