

*Адырбаев Б.Т.*

*Магистрант*

*Научный руководитель*

*Войткевич С.В.*

*д-р техн. наук, старший преподаватель*

*Карагандинский Технический Университет*

*Казахстан, Караганда*

**РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УДАЛЁННОГО МОНИТОРИНГА  
КОРРОЗИОННОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ  
ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ОПОР**

*Аннотация:* В статье рассматривается разработка удалённого мониторинга коррозии элементов крепления опор в ВЛЭП. Большое место в работе занимает рассмотрение методов измерения коррозии в реальном времени, выбор датчика коррозии. Автором дается характеристика датчика и метода измерения. В работе анализируется правильность метода измерения коррозии ультразвукового толщиномера. Главное внимание обращается на датчик серии Rosemount™ PermasenseET310.

Используя Rosemount™ PermasenseET310, автор излагает правильность применения датчиков ультразвукового толщиномера и отражает данные полученные путем мониторинга скорости коррозии в агрессивных средах используя датчики и зонды Rosemount™ PermasenseET310. Статья крайне полезна для специалистов, занимающихся коррозионным мониторингом как для понимания работы датчиков коррозии типа Rosemount™ PermasenseET310 в особо агрессивных средах, так и для правильного выбора средств контроля при антикоррозионных мероприятиях

**Ключевые слова:** удалённый мониторинг, датчик коррозии, элементы крепления опор

**Adyrbayev B.T.**

**Master's student**

**Scientific supervisor**

**Sofia V. V.**

**Doctor of Technical Sciences, Senior Lecturer**

**Karaganda Technical University**

**Kazakhstan, Karaganda**

**Abstract:** *The article discusses the development of remote monitoring of corrosion of the elements of fastening supports in the overhead line. A large place in the work is occupied by the consideration of methods for measuring corrosion in real time, the selection of corrosion sensors. The author gives a characteristic of the sensor and the measurement method. The paper analyzes the correctness of the method of measuring the corrosion of the ultrasonic thickness gauge. The main attention is turned to the Rosemount™ PermasenseET310 series sensor.*

*Using Rosemount™ PermasenseET310, authorizes the correct application of ultrasonic thickness gauge sensors and reflects the data obtained by monitoring the corrosion rate in aggressive environments using Rosemount™ PermasenseET310 sensors and probes. The article is extremely useful for specialists engaged in corrosion monitoring both for understanding the operation of Rosemount™ PermasenseET310 type corrosion sensors in particularly aggressive environments, and for the correct choice of controls during anticorrosion measures*

**Keywords:** *remote monitoring, corrosion sensor, support mounting elements*

Высоковольтные опоры имеют ограниченный срок службы, такая долговечность зависит от стойкости опоры к различным физико-химическим факторам и его способности защищать закладную сталь от коррозионных процессов. Упомянутые процессы создают продукты коррозии стали, которые генерируют объемное расширение на закладываемой арматуре, вызывая чрезвычайно высокие напряжения внутри, превращая его в среду, подверженную образованию трещин от положения арматуры к поверхности или между арматурой. После появления трещин кислород и влага диффундируют непосредственно к арматуре с большей скоростью, что увеличивает скорость коррозии. Как и любое стихийное бедствие, землетрясение или сильные погодные явления, коррозия может привести к очень рискованному и дорогостоящему повреждению нескольких областей, начиная от автомобильных, жидких транспортных систем и заканчивая областью инфраструктуры (мосты, порты, общественные здания). Для справки, с 1980 по 2002 год Соединенные Штаты пережили 52 крупных бедствия, связанных с климатом, включая ураганы, торнадо, тропические штормы, наводнения, пожары, засуху и морозы, понесшие потери, оцениваемые в 380 миллиардов долларов США (17 миллиардов долларов США ежегодно). Согласно последнему исследованию, прямые затраты, связанные с коррозией металлических конструкций, составляют 276 миллиардов долларов США в год, что составляет 3,1% валового внутреннего продукта. В отличие от стихийных бедствий, явление коррозии можно контролировать.

Большой опасностью для ВЛ является отложение на проводах гололеда, мокрого снега и изморози, как со стороны статических нагрузок, так и динамических – представленные в виде колебаний разных типов. Гололед и сверхрасчетные нагрузки, обычно образуются во время атмосферного процесса, действуя одновременно на территории от одной до 3-х энергетических систем. Аварии при гололеде и ветре, чаще всего парализуют систему энергоснабжения потребителей в нескольких районах из-за массовых обрывов проводов, изоляции,

разрушения арматуры и поломок опор. При отложениях гололеда меньше нормативных большая вероятность возникновения колебания, в том числе пляска если отложение гололеда скопилось на одной стороне и низкочастотная вибрация при цилиндрической форме изморози.

При проведении визуальных обследований для подтверждения результатов используется фотографирование объектов и отдельных фрагментов с наличием даты и времени.

Косвенная оценка наличия дефектов ВЛ, в частности, обнаружение мест перекрытия, повреждения гирлянд изоляторов, проводов, арматуры и др. может быть произведена по интенсивности короны или поверхностных частичных разрядов. Для определения интенсивности короны следует применять оптический способ регистрации разрядных процессов, который наиболее чувствительный и помехоустойчивый.

Для визуальных осмотров целесообразно использовать следующие приборы:

- универсальные средства измерения (штангенциркули, линейки, глубиномеры, микрометры и др.);
- бинокли;
- тепловизоры;
- толщиномеры;
- высотомеры для измерения высоты от земли до провода;
- средства для измерения твёрдости (прочности) бетона.

Обнаружение коррозионного явления обычно выполняется, когда в конструкции четко проявляются сигналы повреждения, которые непосредственно отражаются на удорожании корректирующего технического обслуживания. С точки зрения руководителей проектов, существует заметная заинтересованность в

получении информации о состояниях инициирования деградиционных процессов, чтобы избежать понесения указанных затрат. Опубликовано и внедрено значительное количество статей и методик для проведения мониторинга коррозионного состояния опоры, где некоторые из них используют не только одну методику, но и комбинацию нескольких методов оценки, позволяющих собирать информацию о состоянии железобетонных опор или фактическом состоянии арматуры. В рамках этих методик стандарт ASTM C876-91 определяет состояние арматуры с точки зрения вероятности соответственно коррозионному потенциалу арматуры (10% вероятности возникновения явления, область неопределенности, 90% вероятности возникновения явления). Кроме того дополнительный метод оценки скорости коррозии позволяет рассматривать набор измерений в качестве более конкретной оценки процесса коррозии; согласно вышесказанному, метод линейного поляризационного сопротивления (ЛПР) является наиболее распространенной процедурой, учитывая его простоту интерпретации результатов и высокую воспроизводимость. Хотя упомянутые методы широко применяются, их основное ограничение заключается в их гибкости, поскольку они постоянно зависят от аппаратного обеспечения, эксплуатируемого на месте исследования (проводимого пользователем), что увеличивает затраты на оборудование и командировочные расходы специализированного персонала.

В коррозионных исследованиях решаются следующие задачи:

Раскрытие механизма коррозионного процесса, который может быть химическим, электрохимическим или смешанным химико-электрохимическим;

Создание наиболее агрессивных компонентов окружающей среды (хлор, фтор, серная кислота, соляная кислота или их кислотные остатки, пары O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O и т.д.);

Определение контроля процесса коррозии (кинетическая, диффузионная или смешанная в случае химической коррозии) или один из основных практических

случаев контроля процессов электрохимической коррозии (катодный осадочный процесс, ролью перенапряжения при разряде деполяризатора или его диффузия, анод или омик и т.д.);

Установление влияния основных внутренних (материал, структура, состояние поверхности и т.д.) и внешних(состав коррозионной среды, температура, давление скорости среды и т.д.) факторов на коррозионную стойкость металла или сплава;

Подбор лучшего конструкционного материала для использования в определенных условиях с учетом требуемых эксплуатационных свойств (технологических, коррозионных характеристик, стоимости);

Сравнение коррозионной активности среды по отношению к одному или нескольким металлическим материалам;

Проверка методов защиты от коррозии (определение эффективности антикоррозионного легирования, использование ингибиторов коррозии или электро-химической защиты, проверка надежности защитных покрытий и т.д.);

Проверка качества продукции в отношении коррозионной стойкости (проверка нержавеющей стали на отсутствие тенденции к межкристаллитной коррозии, проверка сварных соединений на контактную коррозию, проверка качества защитных покрытий и т.д.) ;

Во время коррозионных испытаний металлов и покрытий решаются следующие

задачи(согласно ISO): Исследование модельных систем для нахождения общих закономерностей, характеризующих коррозионные свойства металлов и покрытий;

Тестирование новых типов металлов и типов покрытий параллельно с тестированием лучших серийных материалов;

Испытания в различных условиях эксплуатации для накопления экспериментальных данных с целью создания методов прогнозирования коррозионных свойств металлов и долговечности покрытий.

В настоящее время в Нефтеперерабатывающих заводах частенько используют датчики Rosemount™ Permasense ET310. Которые представляет собой ультразвуковой преобразователь толщины стенок на основе EMAT. Данные передаются по протоколу Wireless HART. Температура нагрева составляет от -40°C до 200°C.



Рис. 1. Датчик Rosemount™ Permasense ET310

Данные от датчиков передаются в базу данных по беспроводному протоколу HART, который обрабатывает сигналы и получает окончательный результат измерения толщины стенки объектов в выбранной точке.

Датчики серии ET измеряют окраску стен даже при покраске. Они установлены на магнитах, что позволяет легко и быстро его устанавливать на линии. Для усиления датчиков были разработаны специальные аккумуляторные блоки, что снижает затраты на установку и устраняет необходимость в прокладке кабелей. Датчики можно устанавливать в большом количестве в самых отдаленных местах и направлениях. Датчики и аккумуляторы одобрены для использования во взрывоопасных зонах.

После установки датчики автоматически образуют беспроводную сеть, по которой данные с датчиков передаются на шлюз наиболее надежного маршрута. Шлюз передает данные на сервер, на котором установлен Диспетчер данных, что

позволяет оператору тщательно оценить общий уровень коррозии при установке и провести более подробный анализ в определенных точках. Кроме того, данные из базы данных могут быть переданы в любое приложение, используемое клиентом. Данные датчиков передаются на компьютер оператора. Высокая повторяемость измерений, выполненных датчиками, позволяет постоянно следить за динамикой изменения толщины стенок. Программное обеспечение системы предназначено для сбора данных измерений на протяжении всей истории системы и представления их в форме, подходящей для анализа.

Информация о производительности:

- определение потери металла: порядка 10 микрон;
- время обновления показаний: стандартное– 1 раз в 12 часов, настраиваемое пользователем-до 1 раза в час;
- срок службы батарейного блока: 9 лет в стандартных условиях эксплуатации;
- минимальная толщина стенки: 3мм.

### *Список использованных литератур*

1. Коррозия и защита металлов. В 2 ч. Ч.1. Методы исследований коррозионных процессов: учебно-метод. пособ. / Н.Г. Россина, Н.А. Попов, М.А. Жилиякова [и др.]. – Екатеринбург: Изд - во Урал. Ун - та, 2019.
2. EMERSON: Беспроводная система мониторинга коррозии и эрозии Rosemount™ Permasense ET310 2020 г. [Электронный ресурс]. –Режим доступа: <https://www.emerson.ru/ru-kz/catalog/rosemount-permasense-et310-corrosion-erosion-monitoring-system-ru-ru>(дата обращения:05.03.2020).
3. Wireless HART [Электронный ресурс]. –Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/WirelessHART> (дата обращения:13.03.2020).