

НАБЛЮДЕНИЕ НА КОРОЗИОННОТО СЪСТОЯНИЕ НА ПОДЗЕМНИ ТРЪБОПРОВОДИ С ПОМОЩТА НА СЕНЗОРНИ УСТРОЙСТВА

Теодора Христова

Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски", 1700 София, e-mail teodora@mgu.bg

РЕЗЮМЕ. Анализирани са конструктивните особености и основните характеристики на различни според принципа на действие и предназначение датчици. С помощта им се извършва измерване на корозионността на почвата и ефективността на електрохимичната защита, в това число и в полето на блуждаещи токове. В зависимост от условията на средата и предназначението на датчиците се определя ефективността и стойността им.

OBSERVE OF CORROSION STATE OF UNDERGROND PIPELINES THROUGH SENSOR'S EQUIPMENTS

Teodora Hristova

University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia, e-mail teodora@mgu.bg

ABSTRACT. This paper analyses construction properties and the main characteristics of the different gauges in accordance with their operational mechanism and their applications. The gauges measure the corrosion of the soil and efficiency of electrochemical protection including in the field of stray currents.

Въведение

Оценката на състоянието на тръбопроводите е многостранно понятие. Може да се определя местоположението на тръбопровода, налягането в тръбите или степента на корозия.

Системите за защита от корозия се състоят от измервателна част, от устройство което изработва защитен ток и от управляващ модул. Техническите иновативни решения зависят от приложението им в системите за защита. Системите за защита според начина на изграждането им са:

- електрически дренаж – за защита от блуждаещи токове и подпочвена корозия
- катодна защита – с помощта на външен източник на ток
- протекторна защита – с помощта на анодни галаванични електроди

За поддържане на нужните защитни параметри на защитната система е нужно величините да се следят непрекъснато. В зависимост от условията на средата и предназначението на датчиците се определя ефективността и стойността им. Не е възможно следене на процесите на корозия без да са изследвани причините в конкретните експлоатационни условия и без да се вземат предвид характеристиките на подземното съоръжение.

Класификация

Според начина на получаване на данните се различават преки и косвени методи на измерване. При преките методи резултатът се измерва директно от измерващото

устройство, а при косвените резултатът от измерването се получава след математична обработка на измерените стойности. Изборът на метод и принцип на измерване зависи от желаната точност, средата, приложимост, агресивност на средата и т.н.

Датчиците, използвани в устройствата за катодна защита, според мен се класифицират по още два принципа – според функциите, които изпълняват и използваният метод на измерване. Според функциите, които изпълняват са:

- за установяване на корозия
- за измерване на ефективността на прилаганата катодна защита: измерване на съпротивлението на защитавания материал, измерване на потенциалната разлика "земя- защитавано съоръжение"
- датчици за изследване на корозивността на почвата
- датчици за определяне на устойчивостта на материалите
- датчици за определяне на процесите на корозия в анодите [2]

В зависимост от приложението на датчика те работят на различен принцип: резистивен, магнитоиндукционен, капацитивен, магнитоелектричен, ултразвуков, та дори и радиоактивен [3]. Изборът на метод за измерване зависи от конкретното приложение: условия на експлоатация на тръбопровода, агресивност на транспортирания флуид, електрохимична характеристика на заобикалящата среда, наличие на блуждаещи токове, материал на тръбопровода и т.н.

За измерване на ниво на корозия се използват преки и косвени методи, основани на следните принципи:

- Резистивни методи. Те се основават на промяна на съпротивлението на изследвания материал в резултат на корозията, измерван от едната страна на стената на тръбата. Има две възможности - според поляризационната крива [4] и чрез измерване на проводимостта на изследвания материал и последващо изчисление на нивото ѝ чрез прилагане на метода на Тафелевата крива [5]
- - Ултразвуков – който измерва отношението между скоростта на протичане на флуид близо до повърхността на тръбата за определен период от време. След преобразуване на сигнала се определя нивото на корозия. [6]
- Магнитен - който измерва забавянето на електромагнитната вълна. Точността на такива устройства намалява поради влиянието на агресивната среда върху забавянето на вълната, промяна на електросъпротивлението на изследвания обект поради утечка на тока и други. Предимство на метода е нечувствителността на магнитното поле към диелектричната проникваемост и електропроводимостта на корозионната среда.
- Оптични системи и оптоелектронен сензор. Монтирането на оптична система в тръбопроводите е подходяща само за тези, транспортиращи газообразни вещества.
- Магнитоиндуктивен метод – измерва се интервалното време на вълната, като се контролира с пусков импулс от стартов генератор и сигналът се получава от антена.
- Радиоактивен. Използва се радиоактивно лъчение.

Измерване на корозивността на металите един спрямо друг. Използва се при наличие на чужди съседни структури. Основани са на резистивни методи и се извършват предимно в лабораторни условия. [7,13]

Оценка на скоростта на корозия:

- резистивен принцип, използва се многоелектродна система [14]
- корозия в агресивен газов флуид се използват електромагнитни датчици, които измерват забавянето на електромагнитната вълна.
- Индуктивният принцип. Прави се сравнение между работеща електромагнитна намотка и индуктивността на еталонна електромагнитна намотка [15]
- Електромагнитен принцип.

Определяне на стрес корозия:

- капацитивно чрез лапи – променя се капацитетът между електрода и обекта в резултат на корозията
- резистивно чрез лапи

- магнитното поле при магнитни материали. [20]
- оптоелектронен сензор

Определяне на крекинг корозия. Електромагнитните вълни също се използват за откриване на крекинг корозия в тръбопроводи.[1] Ултразвуковият, магнитният и резистивният метод не са ефективни при откриване на крекинг корозията.

Откриване на корозия при наличие на филмови и други покрития на тръбите се използва основно резистивен метод в схеми с два електрода [16,17]

При изследване на корозията по метални повърхности се прилагат специални методи – интерференция, спектроскопия и др. Чрез тях се достига високата резолюция - от 0.1 до 100 микрона. [18] Обектите могат да бъдат изследвани независимо от причината за корозия – органичен или неорганичен причинител, или други характеристики на обекта – електропроводим, магнитопроницаем, температура, влажност, абразивност.

Интерес представляват датчиците за установяване на корозия, защото те дават първите данни за нуждата от катодна защита и параметрите и. Те се разделят на следните видове:

1.Устройства за определяне на загубата на материал – работят предимно на принципа на електромагнитната индукция или с ултразвукови вълни, като определят дебелината на стената на тръбата. Възможно е да се използва и радиоактивен метод, но той е неприложим за измерване на вътрешността на тръбите.

2. Устройства за установяване на пукнатини – ултразвукови, напречно електромагнитни вълни, еластични вълни, тегловен метод – използват се здрав тръбопровод и се сравнява сигнала между две ултразвукови вълни. Тегловният метод се използва само в лабораторни условия за изпитване на образци или материали.

3. Устройства, използващи геометрични средства - определят се промените на формата, здравината и т.н. това могат да бъдат механични пръсти, които минават по повърхността на тръбата, жироскопско изследване или GPS система, която установява промяната в местоположението на тръбата.

От направеният преглед може да се установи, че всички изброени методи имат предимства и недостатъци. Резистивните са неточни, влияят се от промените в температурата и състава на транспортираното вещество, но имат лесна поддръжка. Датчиците, работещи на този принцип се характеризират с лесен монтаж върху съоръжението и кратък експлоатационен живот. Те не регистрират корозията, която се появява под изолационното покритие. Измерването на корозия чрез изследване на поляризационната крива е неточен метод, поради наличие по повърхността на продукти на корозията.

Резистивните, магнитоиндуктивните методи и тези основани на промяна на магнитното поле работят определен период от време, нямат дълъг живот на експлоатация. Методите, работещи на принципа на измерване на магнитното поле се прилагат основно в

лабораторни условия, при което се използва липсата на разпространение на вихрови токове в порестата структура на ръждата [7,8]. Точността на такива устройства намалява поради влиянието на агресивната среда върху забавянето на вълната, промяна на електросъпротивлението на изследвания обект поради утечка на тока и други. Предимство на метода е нечувствителността на магнитното поле към диелектричната проникваемост и електропроводимостта на корозионната среда. Електромагнитен принцип е подходящ при наличие на агресивен флуид. За разлика от тях магнитоиндуктивните методи имат дълъг експлоатационен живот. [11,12] Магнитното поле трябва да е перпендикулярно на аксиалната част на тръбата. За успешното регистриране на дълбочината на кородиралите участъци трябва точно да бъдат поставени сензорите и да се определи разстоянието между тях. Капацитивните датчици са точни, но изискват тръбата да е от проводим материал.

Ултразвуковите методи са приложими в полеви и лабораторни условия. Точни, но поставянето и обслужването им е свързано с големи разходи. Недостатък е, че точността на регистриране промените в долната част на тръбите и резервоарите е ниска. Използването на свръхзвукови сигнали [6] позволява да се диагностицира корозията от разстояние дори и в изградени тръбопроводи. Радиоактивните методи са подходящи единствено в лабораторни условия, в полеви условия излъчвателят и приемникът трябва да са защитени.

Чрез изграждане на оптична система за подземно реално наблюдение на Fabry-Perot корозивни дупки се намират чрез огледало, което е интегрално монтирано и е изработено от материала на тръбата [9]. Като нова технология е използването на оптоелектронен сензор за изследване на корозията в подводни тръбопроводи. [7] Двата метода се прилагат рядко, поради новост на технологията и трудност при внедряване.

Недостатък на повечето датчици, които измерват потенциал е усредняване на стойността му за даден участък, без да се взема предвид формата и големината на дефекта.

Тенденции в изработването на датчици, обслужващи системите за катодна защита на подземни тръбопроводи.

Точността при измерване се повишава чрез различни технологични решения. При резистивните методи това е повишаване на броя на електродите. Използват се схеми с 2, 3 или повече електрода, например в среда с наличие на мехури и други включения независимо от причината. При ерозия или химическа корозия е подходяща 4 електродна схема. Многоелектродната схема дава възможност за следене на процесите по-дължина на тръбопровода – това може да се съгласува с промяна на параметрите на обкръжаващата среда при полагане на тръбопровода.

Изолирането на електродите индикатори води до повишаване на точността, чрез премахване на взаимното екраниране.

Ако се направи обобщение схемите с три електрода измерват по-точно, има възможност за откриване на питинг

корозия, откриват корозия в по-ранни стадии и в по-малки засегнати участъци, използват се при всякакви тръбопроводи и резервоари, измерват и в агресивна среда, не се влияят толкова от pH

В измервателната техника непрекъснато се работи за промяна конструкцията на датчиците. Моделирани са сонди за непосредствено измерване на корозия. Те могат да бъдат с вътрешно или външно захранване или да са комбинирани. Интересно е да се отбележи, че в някои случаи системите за катодна защита се приспособяват и за защита на хора от индуциран потенциал между земя и тръба чрез поставянето на мрежа, анод от материали като цинк. [19]

С цел подобряване на работата на датчиците и повишаване на бързината, точността и функциите се изграждат GPS системи на подаване на информацията. Така може да се направи карта на тръбопроводната система и да се следи информацията от всички датчици с цел повишаване надеждността и ефективността на катодната защита.

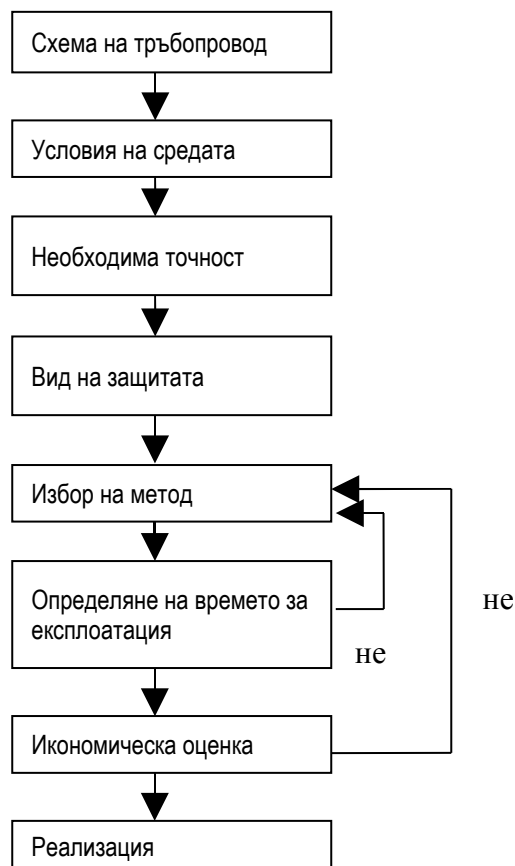
Контролът на датчиците в системите за катодна защита се развиват в следните насоки:

- GPS системи за подаване на информацията
- Компютърна обработка на данните, като обикновено процесорът е на разстояние
- Ниски материални капиталовложения
- Стремех към ниски материални и енергийни загуби и консумативи
- Съвместяване на няколко датчика в едно устройство
- Едновременно следене на процесите на корозия на два или повече обекта – например проводници и тръби
- Работа на датчиците съвместно с компенсиращи устройства с цел понижаване на грешката
- Изработване на станциите за катодна защита така, че да се спазват правилата за безопасност на живота на обслужващия персонал
- Усъвършенстване на влаганите материали с цел повишаване на точността на работа и понижаване на материалните вложения
- Използване на импулсно захранване с цел намаляване на шумянето
- Поставяне на защитни покрития по повърхността на датчици и електроди с цел повишаване на периода на работа
- Внедряване на различни дизайнерски решения в оформлението на датчиците и електродите с цел повишаване на точността на измерване и повишаване на живота на датчиците

Алгоритъм за избор на датчик.

Съвременните икономически условия налагат тенденциите за ниски материални и енергийни разходи, съчетани с висока точност на процесите. За ефективното използване на един датчик е добре при избора му да се вземат предвид следните страни: схема и размери на изследваното съоръжение, икономичност, точност, условия и период за експлоатация и ефективност.

Предимство при икономическата оценка е цената за изработка, поддръжка и експлоатационен живот при зададените условия. При изборът на метод за измерване важен фактор е желаната точност. Предлагам следния алгоритъм за икономически съобразен избор на датчик.



Предложеният алгоритъм не е перфектен. Той може да се променя в зависимост от промяна на условия, параметри, нормативни изисквания или други фактори.

Изводи

В резултат на направения преглед на тенденциите при проектиране на датчици за измерване на нивото на корозия се може да се обобщи, че галваничните датчици са най-често използване и са най-ефективни. Те имат стабилна структура, която лесно може да бъде изолирана от корозионната среда. Приложими са за различни подземни и надземни условия, при наличие на налягане, агресивни частици на средата, наличие на блуждаещи токове. При експлоатацията на тези устройства са налице и следните предимства:

- ниски енергийни разходи
- съвместяване на няколко датчика в едно т.е. един датчик може да измерва ниво и скорост на корозия и потенциал «тръбопровод -земя»
- ниски материални капиталовложения – производството и поддръжката са евтини
- сравнително дълъг живот

- точността им е средна или висока в зависимост от дизайна

Капацитивните датчици също са подходящи за измерване в подземни условия. Предимствата им са точност, евтини, лесна поддръжка, липса на шум в газообразни среди, приложими – повечето тръбопроводи са електропроводими. Те не се влияят много от температурните промени, универсални са за различни по размери тръби.

Електромагнитните датчици също са евтини, но те нямат дълъг експлоатационен живот. Лесно се монтират и на инсталирани тръбопроводи, дават точни резултати, универсални са за различни по размери тръби.

За нуждите на подземните нефтени и газови тръбопроводи най-подходящи са преките и полеви методи за измерване, базирани на резистивен, капацитивен и електромагнитен принцип. В практиката те най-често са приложими. Цената за поддръжка не е висока и точността е задоволителна.

Литература:

1. Dr. Damaschke, J., Beuker, ., 2006, Calgary, Canada
2. DOWLING, D., (US) , WO2006130714 "Apparatus, system and method for extending the life of sacrificial anodes on cathodic protection systems", **Publication date:** 2006-12-07
3. OKAMURA, O.I, US4295092 "Apparatus for and method of detecting and measuring corrosion damage in pipe" **Publication date:** 1981-10-13
4. Белевский В. С., Егоров И. Ф., RU2185612 "Способ измерения скорости коррозии металлов и сплавов" дата публикации 20. 07.2002г
5. KATO, K., JP2006038835 "Method for measuring corrosion rate of metal and corrosion-proof method for metal using the same", **Publication date:**2 006-02-09
6. ZANKER, K.,(US) , US2003101804 "**Ultrasonic meter to detect pipeline corrosion and buildup**", **Publication date:** 2003-06-05
7. KAGE ;S., TAKEMURA, A., FUJITA S., JP2003215024 "Method for predicting amount of **corrosion of metallic material due to galvanic corrosion, life predicting method, metallic material, structure designing method, and method for manufacturing metallic material**" **Publication date:** 2003-07-30
8. Демин Ю. В., Микитинский М. Ш., SU1770839 "Высокочастотный коррозиметр" дата публикации 23.10.1993г.
9. SIRKIS, J., (US) , US5367583 "**Fiber optic stress-corrosion sensor and system**", **Publication date:** 1994-11-22,
10. TUBEL ,P., (US); JOHNSON, M., (US); HARRELL, J. (US); LEMBCKE, J. (US); HICKEY K. (US), US7040390 "**Wellbores utilizing fiber optic-based**

- sensors and operating devices”, Publication date: 2004-04-08**
11. SAKUMA, M., JP2005069883 “Corrosion detecting apparatus”, **Publication date: 2005-03-17**
 12. KUO, J., (US); BURNETT G.,(US), US6194902 “**Pipe testing apparatus and method using electrical or electromagnetic pulses transmitted into the pipe**”, **Publication date: 2001-02-27**
 13. NIELSEN, L., (DK); G. FOLKE (DK) , EP 1571438 “**A method and a system of diagnosing corrosion risk of a pipe or a pipeline in soil**”, - **Publication date: 2005-09-07**
 14. Левин В.М., Сурис М.А., Шевчук А.С., Логвинов А. И., Кулаков И.Г., RU 2161789 – “Блок индикаторов скорости коррозии подземных металлических сооружений” дата публик. 10.01. 2001
 15. Новиков В. Ф., Крылов Г. В., Быков В. Ф., Болотов А. А. , RU2193182 “Способ определения скорости коррозии” дата публикации 20.11.2002г
 16. NAKAUCHI , H., JP7333188 “Polarization resistance measuring method of under-film metal and polarization resistance measuring sensor therefore”, **Publication date: 1995-12-22**
 17. TAKASHI, O.,K. Fumio, JP2005091191 “Method of detecting defective part in coating of embedded metal pipe”, **Publication date: 2005-04-07**
 18. JOVANCICEVIC, V., (US); S. CAMPBELL (US) , US2005213430 “**High resolution statistical analysis of localized corrosion by direct measurement**”, **Publication date: 2005-09-29**
 19. COSTA JORGE E (US), US2003230494 “**Protective ground mat for induced potentials and method therefor**”, **Publication date: 2003-12-18**
 20. A.N. Kovalenko¹, A.A. Sedykh · **DETERMINATION OF NECESSARY AND SUFFICIENT NUMBER OF SENSORS IN CASE OF PIPELINES WALLS' STRESS-CORROSION TESTING BY MAGNETIC FIELD LEAKAGE TECHNIQUE** JSC "AVTOGAZ" of OAO "GAZPROM"; Moscow: Russia

Препоръчана за публикуване от катедра
“Електротехника“, МЕМФ