

تصميم مقاييس التيار والفولتية في الحماية الكاثودية باستخدام التيار المسلط

مظفر أنور النعمة سرى غالب حمدون سرى سالم نجيب
كلية الهندسة - جامعة الموصل

الخلاصة

تعاني الأجزاء المعدنية المدفونة في الماء أو تحت الأرض من ظاهرة التآكل الكيميائي أو الكهروكيميائي وسنتناول النوع الأخير وسببه التيار المتولد بين المعدن الموجب والأرض السالبة خلال الماء أو التربة بينهما ويسبب التيار تحول ذرات الحديد إلى ليونات الحديد الموجبة والتي تتحدد مع ايونات OH^- والتي تسبب الصدأ ferric hydroxide والتي تسبّب الصدأ Fe(OH)_3 والمسمى أيضاً rust يلخص مبدأ الحماية الكاثودية بالتيار المسلط لمكافحة التآكل على المنشآت الحديدية المدفونة في التربة أو المغمورة في الماء حيث يستخدم مصدر كهربائي ذو تيار مستمر يربط قطبه السالب بالأنبوب وقطبه الموجب يربط بحوض أرضي مدفون بالتربة حيث يتفرغ تيار من المصدر الكهربائي إلى الأرض ويسري من خلاله على هيئة نصف كره إلى خط الأنابيب فيجعل منه كثافةً نسبيةً للتربة من حوله وعليه يقع التآكل على الحوض الأرضي ويبقى الأنابيب سليماً والتيار يكمل دورته من خلال جدار الأنابيب عائداً إلى مصدره. لغرض تصميم الحماية الكاثودية لابد من قياس التيارات والفولتنيات الناشئة والمسببة للتآكل وحسب الظروف البيئية للتربة وان فحص التربة هو العامل الأساس في التصميم. سيساعد البحث على معرفة سعة المحطة اللازمة من تيار وفولتية موقعاً وذلك بعد إجراء القياسات بموجب الأجهزة المصممة لهذا الغرض وتتضمن البحث قيم حقيقة لأنها أجريت موقعاً.

المقدمة

إن تآكل المعادن لأجزاء الخزانات أو أنابيب النقل وغيرها تسبب خسارة وأضرار كبيرة ولمعالجة هذه المشكلة تستخدم الحماية الكاثودية لإنقاذ التآكل المعدي وذلك بجعل جميع أجزاء ذلك المعدن كاثود بتسلیط تيار من مصدر خارجي يعادل إلى حد ما التيار المتولد ذاتياً بين التربة وسطح المعدن (محمد عبد العزيز، ١٩٩٢). تم القيام في هذا البحث بتصميم دائرة الكترونية لقياس التيار والفولتنيات المتولدين نتيجة دفن أنابيب حديدي داخل تربة مختلفة الرطوبة والظروف البيئية الأخرى.

أسباب التآكل

يحدث التآكل على نفس الأنابيب المصنوع من نفس المعدن والمدفون في تربة معينة على مسافة عدة كيلومترات للأسباب التالية :

١. وجود شوائب على سطح الأنابيب أو الأجزاء المعدنية المعرضة للتآكل نوات جهد يخالف جهد الأنابيب.
٢. وجود خدوش على سطح الأنابيب أو مناطق مضغوطه تجعل المناطق المتخصصة أو المضغوطة أنوداً.
٣. وجود أنواع مختلفة من الأملاح في التربة المحيطة بالمعدن وكذلك اختلاف درجة تركيز الأملاح.
٤. المناطق الأقل تهوية تكون أكثر عرضة للتآكل.
٥. وجود التيار الشاردة stray current .

ونتيجة لما ذكر من أسباب فإن معدل نقصان وزن المعدن يكون بحدود ١,٩ كغم/أميير/سنة.
وفقاً لقانون فارادي (محمد عبد العزيز، ١٩٩٢). حيث من المعادلة :

$$\text{الخسارة في وزن المعدن} = \text{معامل ثابت} \times \text{التيار} \times \text{الزمن}$$

وأن قيمة المعامل الثابت تستخرج من المعادلة :

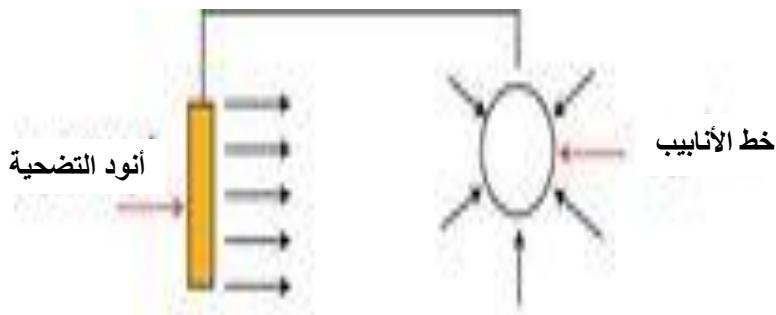
$$\text{معامل الثابت} = \frac{\text{مقاومة الحديد}}{2130} \times \text{طقس}$$

حيث m = قيمة المقاومية، c = قطر الأنابيب من الخارج ، s = سمك جدار الأنابيب. علماً بأن
 مقاومية الحديد تساوي $15,8 \times 10^{-6}$ لكل سم.

طرق السيطرة على التآكل

- أ- التغليف (مادة عازلة أو الصبغ).
 - ب- استخدام مانع التفاعل الكيميائي برشه على الأنابيب.
 - ج- معالجة المحيط (وضع مواد كيميائية إلى التربة أو الماء المحيط بالأنابيب مثل إضافة بيكاربونات الكالسيوم إلى الماء نقل من حدوث التفاعل الكيميائي) حيث التصميم المرجع (Lewicki, 1974) والشرح المرجع (Parker, 1980).
 - د- استخدام التصميم المناسب (تجنب الاتصال المباشر بين معدنين مختلفين) .
 - هـ- الحماية الكاثودية.
- هناك طريقتان للحماية الكاثودية:**

أ- الحماية الكاثودية باستخدام مجموعة أنودات التضحية (sacrificial anodes): حيث في الفعالية الكلفانية بين المعدن المراد حمايته وأقطاب التضحية المستخدمة تستخدم أقطاب تضحية من معادن تأتي في مقدمة السلسلة الكهروكيميائية مقارنة بالمعدن المراد حمايته، أي أنها ذات جهد طبيعي أكثر سالبية مقارنة بجهد المعدن المراد حمايته (Lewicki, 1974)، (Peabody, 1980)، (Technical Bulletin, 1982)، (Myers, 1980) كما في الشكل (١).



الشكل (١) : حماية كاثودية باستخدام أنود تضحية

ب- الحماية الكاثودية بالتيار المسلط : impressed current

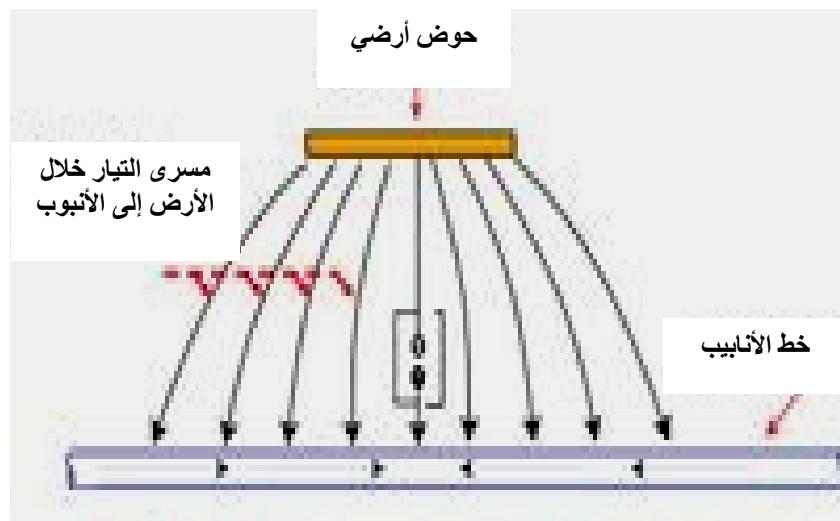
منظومات الحماية باستخدام التيار القسري Impressed Current تأتي التسمية من كون تيار الحماية مسلط من مصدر خارجي وت تكون المنظومة عادة من الأجزاء التالية: مصدر تيار مستمر DC Source - أقطاب تضحية (أنودات) - كابلات وأسلاك للربط مع ملحقاتها. يستخدم عادة مصدر تيار مستمر من نوع محولة/معدلة Transformer/Rectifier عند توفر مصدر قریب للتغذية بالطاقة الكهربائية وهو المفضل لهذا الأسلوب من الحماية لأسباب تشغيلية واقتصادية، وفي حالة عدم توفر ذلك يمكن استخدام مولدات كهرباء حرارية Thermo Generators عند توفر غاز كوقود لتشغيلها أو استخدام منظومات تعمل بالطاقة الشمسية Solar Powered Systems كما يمكن استخدام مولدات تعمل بطاقة الرياح أو استخدام مولدات كهربائية (ديزل). أما أقطاب التضحية فهي عادة تكون من حديد-سيليكون FeSi أو الكرافيت. يتطلب استخدام الحماية الكاثودية من النوع القسري في حالة الحاجة لحماية خطوط الأنابيب وقواعد الخزانات ذات الأسطح الكبيرة والتي تتطلب تيار حماية عالي ولفترات طويلة تمتد على مدى عمر المنشآت التي تعود إليها (٢٠ سنة فأكثر). تتتوفر في هذه المنظومات إمكانية السيطرة على الحماية ومراقبتها المستمرة.

اعتبارات تصميمية لمنظومة حماية :

عند تصميم منظومة حماية كاثودية يتطلب الأخذ بنظر الاعتبار النقاط الرئيسية التالية :

- نوع المنشأ والمعدن المطلوب حمايته.
- المساحة السطحية للمنشأ المطلوب حمايته من التآكل.
- نوع التغليف المستخدم في تعطية السطح المطلوب حمايته.
- المقاومة النوعية للتربة أو المحيط الذي يشكل وسط التآكل.

العوامل أعلاه مجتمعة سوف تؤدي للتوصيل إلى نتائج أولية لتقديرات كثافة تيار الحماية المطلوب ($\text{أمبير}/\text{م}^2$) وبالتالي إلى تقديرات التيار الكلية، الشكل (٢)، وسيتم لاحقاً توضيح تفاصيل تصميم دوائر القياس والقراءات المسجلة لنموذج مختبري تم إعداده لهذا الغرض.

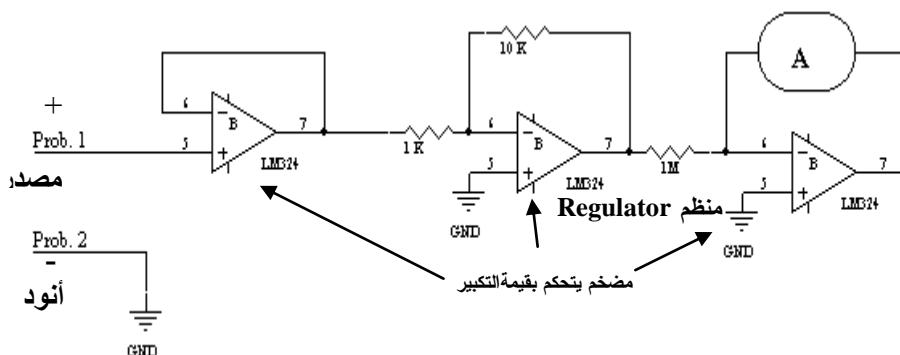


الشكل (٢) : محطة حماية كاثودية تستخدم التيار المسلط

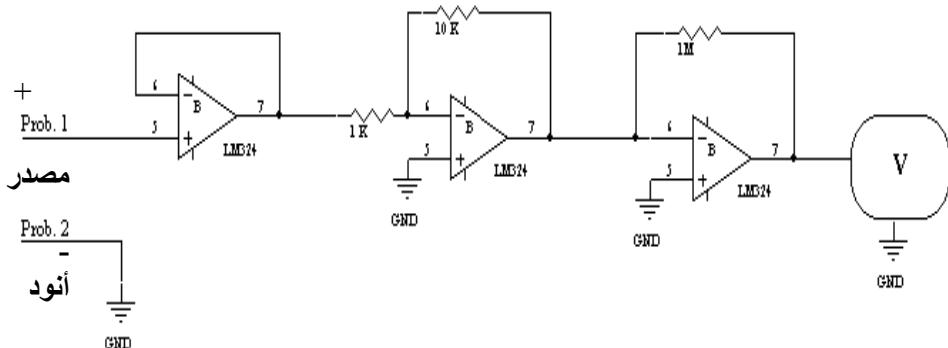
تصميم مقاييس الفولتية والتيار

تصميم الدوائر

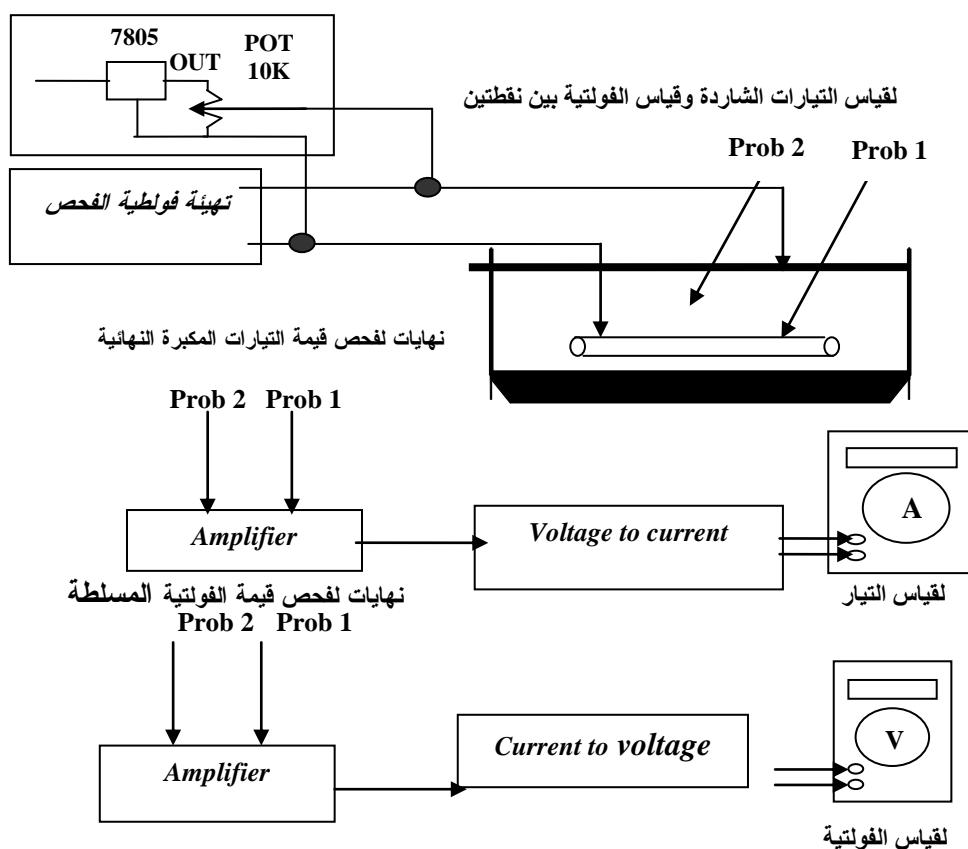
تم تصميم جهاز الكتروني لقياس الفولتية والتيار كما مبين في الشكل (٣ أ، ب). ولا تصلح أجهزة قياس التيار والвольتية الحديثة لأداء هذا الغرض لأنها غير مصممة ل النوعية الفولتية والتيار القليلة جداً في التربة.



الشكل (٣أ) : قياس التيار



الشكل (٣ ب) : قياس الفولتية



الشكل (٤): المخطط الكثلي لطريقة الربط والمصدر المستخدم لأجل القياس.

منظومة الحماية الكاثودية بالتيار المستمر Impressed Current

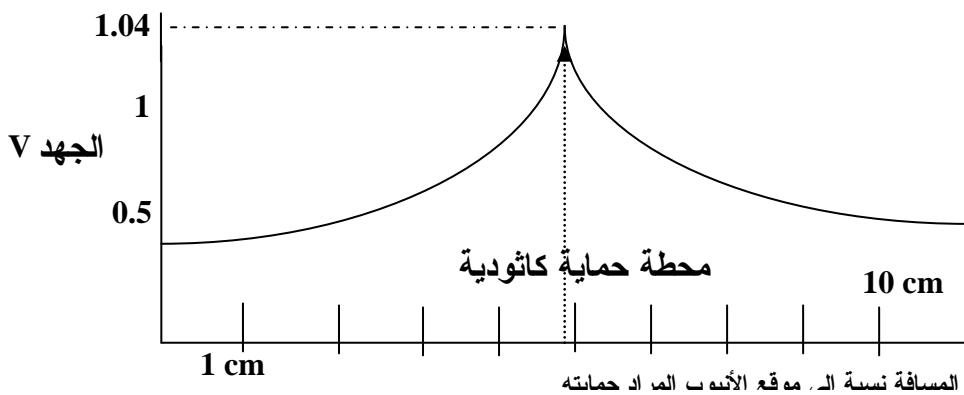
أجزاء المنظومة:

- ١- مصدر خارجي تم تقويمه إلى D.C Trans. / Rectifier وباستخدام 2- Amplifiers يتحكم بقيمة التكبير لأن قيمة التيار صغيرة جداً بالマイкро والثاني Current to Voltage للفولتية المسلطة.
- ٢- أقطاب تضخية أنوادات من الحديد (تم ربط سلك أرضي على طول الحوض ليكون أنوداً).
- ٣- كبيلات وأسلاك ربط مع ملحقاتها.

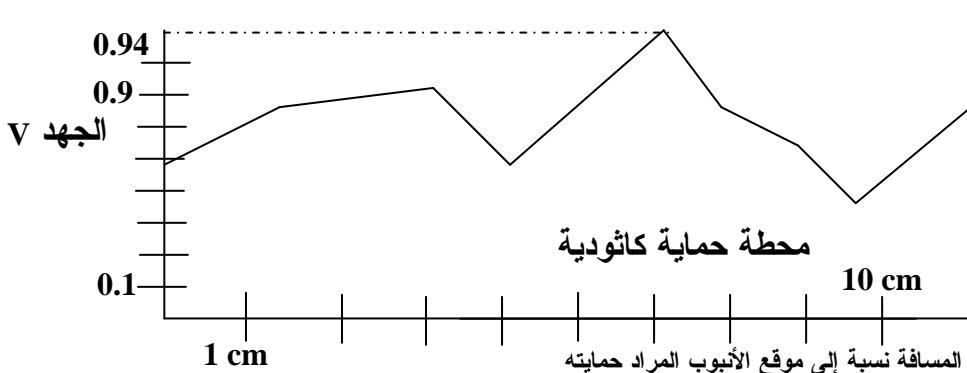
ملاحظة: إن أنواع Amplifiers Regulators هي كمامبینة في الشكل (٤) (قياس التيار ولقياس الفولتية فقد استخدم Amplifier نوع LM324 أو بديل TL074 واستخدم Regulator نوع 7805).

طريقة الفحص وأخذ القراءات

تعرف طريقة الحماية الكاثودية بنظام الحماية بالتيار المسلط ويمكن أن تغطي محطة الحماية الكاثودية مقطعاً من الأنابيب يتراوح طوله ما بين عدة كيلومترات إلى عدة عشرات الكيلومترات تبعاً لمقاومة التربة وقطر الأنابيب وكفاءة تغليفه ومعيار Criterion الحماية الكاثودية هو أن يكون جهد كل نقطة على سطح الأنابيب سالباً نسبة للتربة من فوقه بما لا يقل عن 0.85 فولت أما في حالة وجود بكتيريا في التربة (غير متجانسة) فيكون الحد الأدنى هو 0.95 ويبلغ هذا الجهد ذروته عند النقطة الواقعه قبل المحطة كما هو موضح في الشكل رقم (٥) الذي يوضح توزيع الجهد على خط الأنابيب في التربة المتجانسة أما في حالة التربة غير المتجانسة فيظهر الشكل اختلاف فرق الجهد نتيجة وجود نتوءات أو انخفاضات تبعاً لوضعية التربة وكما هو موضح في الشكل رقم (٦) الذي يوضح توزيع الجهد على خط الأنابيب في التربة الغير متجانسة فعند تهيئه حوض في داخله أنابيب بنفس مواصفات الأنابيب النفط أو مقارب لها تسليط فولتية فحص على التربة وكما هو موضح في الشكل (٤) وقياس فرق الجهد بواسطة قصبان فحص فنرى أن الفولتية تكون كمامبین في الشكل (٥) علماء أنه قياسات الأنابيب المستخدم هو (السمك ICM الطول 10CM) بالعودة إلى الشكل (٤) تم تهيئه حوض من الزجاج بالأبعاد (٣٠×٥٠×٥٠) سنتيمتر وتم تسليط فولتية فحص من المصدر وقياس فرق الجهد بواسطة قصبان فحص حيث كانت القراءات كما مبين في المخططات أدناه علماً إن قياسات الأنابيب كانت الطول (١٠) سم والسمك (١) سم:



الشكل (٥): توزيع الجهد على خط الأنابيب في التربة المتGANسة حيث أعلى جهد قبلة المحطة



الشكل (٦): توزيع الجهد على خط الأنابيب في التربة الغير متGANسة

جدول (١) أدنى القراءة للفولتيات والتيارات لخمسة نقاط على التربة المحيطة بالأنابيب حيث نسبة الرطوبة في التربة كانت (%٢٦) :

جدول (١)

فرق جهد على قصبان الفحص في التربة الرطبة (نسبة رطوبة التربة %٢٦)			
	التيار (Micro Ampere)	فرق الجهد (v)	رقم النقطة
	١٠,٣	٠,٢٤	١
	١٠,٨	٠,٨٤	٢
يبلغ الجهد ذروته عند هذه النقطة الواقعة قبلة المحطة	١١	١,٠٤	٣
	١٠,٥	٠,٤٣	٤
	١٠,٢	٠,٣٥	٥

والجدول (٢) يبين القراءات ببنسبة رطوبة (%) ٢٤،

جدول (٢)

فرق الجهد على قضبان الفحص في التربة الجافة (نسبة رطوبة التربة (%) ٢٤)			
	التيار (Micro Ampere)	فرق الجهد (v)	رقم النقطة
	٩,٣	٠,٠٣٩	١
	٩,٨	٠,٤٤	٢
يبلغ الجهد ذروته عند هذه النقطة الواقعة قبلة المحطة	١٠	٠,٩٤	٣
	٩,٧	٠,٣١	٤
	٩,١	٠,٢٨	٥

ويتضح من النتائج أن القراءات تبلغ ذروتها في النقطة التي تقع قبلة المحطة.

الاستنتاجات

أظهرت نتائج الفحص المختبرية أن أقصى قيمة للفولتية والتيار كانت أمام محطة التغذية بالتيار المسلط وان هذه القيم تزداد بزيادة الرطوبة للتربة التي فيها الأجزاء المعدنية وهذا ينطبق مع الغاية الأساسية من استخدام طريقة قياس التيار والفولتية لمعرفة سعة المحطة الازمة للحماية الكاثودية بدون الرجوع للطرق التقليدية في تصميم مثل هذه المحطات. لا يمكن المقارنة مع دراسات أخرى بسبب اختلاف طبيعة التربة من مكان إلى آخر وكذلك بسبب اختلاف تصميم المواد المستخدمة في المنظومة.

References

- Applegate, L. M., (1960) : Cathodic Protection, McGraw-Hill Book Company, New York.
- Bryan,W. T.,(1970):Designing Impressed Current Cathodic Protection Systems With Durco Anodes,The Duriron Company,Dayton,011p.
- Lewicki,T. F.,(1974):Rectifier Current Interference,U.S. Air Force Civil Engineering Center,Tyndall Air Force Base, FL.
- Myers, J. R. and Aimone, M. A., (1980) : Corrosion Control for Underground Steel Pipelines :A Jl-eul;je on Cathodic Protection, James R. Myers and Associates, Franklin, OH.

- Parker, M. E.,(1980) : Corrosion by Soils, NACE Basic Corrosion Course (A.Brasunus, Ed.).National Association of Corrosion Engineers, Houston,TX.
- Peabody, A.W.,(1980) :Principles of Cathodic Protection, NACE Basic Corrosion Course(A.Brasllnlls.Ed.).National Association of Corrosion Engineers, Houston, TX.
- Technical Report M-333/A 133440 U.S. Army Construction Engineering Research Laboratory,Champaign,IL,1983.
- The Custom VIP Cathodic Protection Rectifier. Technical Bulletin, Goodall Electric. Inc.. Fort Collins, CO, January 1982.

المصادر

- عبد العزيز، محمد ،(١٩٩٢) : تقنية الكهرباء العام الخاصة بالكهرباء العام، معهد النفط كركوك، الطبعة الأولى.

Designing the Current and Voltage Measuring Instrument for the Impressed Current Cathodic Protection

Mudfar A.AL-Nemaa Sura G.Hamdoon and Sura S. Najeb
College of Engineering - University of Mosul

Abstract

The buried underground or underwater metallic parts suffer from the chemical or hydrochemical corrosion effect. In this paper the later effect will be studied that is caused by the current generated between the metal parts (the positive pole) and the ground (the negative pole) through water or the wet soil. The flowing current will change the iron molecules into positive ions which react with OH^- ions and cause the rust (ferric hydroxide) of chemical symbol Fe(OH)_3 . By the supply of an external DC the generated current will stop from flowing between the metal and ground since the positive pole will be neutralized and then become negative. For designing the cathodic protection it is necessary to measure the created currents and voltage causing corrosion according to the soil environment condition therefore the soil test is the main factor for the design purposes. This work will help in knowing the size of the station generating current and voltage that is locally required directly at the site after taking the measurements by the suggested designed instruments in the paper for this purpose, as shown in the data taken practically.