

تصميم مقياس 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 وستنتول النوع الأخير وسببه التيار المتولد بين المعدن الموجب والأرض السالبة خلال الماء أو التربة بينهما ويسبب التيار تحول ذرات الحديد إلى أيونات الحديد الموجبة والتي تتحد مع أيونات OH^- والتي تسبب الصدا ferric hydroxide والرمز الكيميائي $\text{Fe}(\text{OH})_3$ والمسمى أيضا بـ 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 كرة إلى خط الأنابيب فيجعل منه كاثوداً نسبة للتربة من حوله وعليه يقع التآكل على الحوض الأرضي ويبقى الأنبوب سليماً والتيار يكمل دورته من خلال جدار الأنبوب عائداً إلى مصدره. لغرض تصميم الحماية الكاثودية لابد من قياس التيارات والفولتيات 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 موضعياً وذلك بعد إجراء القياسات بموجب الأجهزة المصممة لهذا الغرض وتضمن البحث قيم حقيقية لأنها أجريت موضعياً.

المقدمة

إن تآكل المعادن لأجزاء الخزانات أو أنابيب النقل وغيرها تسبب خسارة وأضرار كثيرة ولمعالجة هذه المشكلة تستخدم الحماية الكاثودية لإيقاف التآكل المعدني وذلك بجعل جميع أجزاء ذلك المعدن كاثود بتسليط 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 والفولتية المتولدتين نتيجة دفن أنبوب حديدي داخل تربة مختلفة الرطوبة و الظروف البيئية الأخرى.

أسباب التآكل

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

١. وجود شوائب على سطح الأنبوب أو الأجزاء المعدنية المعرضة للتآكل نوات جهد يخالف جهد الأنبوب.
٢. وجود خدوش على سطح الأنبوب أو مناطق مضغوطة تجعل المناطق المتخدشة أو المضغوطة أئودا.
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 التيارات الشاردة stray current .

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

الخسارة في وزن المعدن = معامل ثابت × التيار × الزمن

وأن قيمة المعامل الثابت تستخرج من المعادلة :

معامل الثابت = مقاومة الحديد × ٣٠ × ٢ ط ق س

حيث م = قيمة المقاومة، ق = قطر الأنبوب من الخارج ، س = سمك جدار الأنبوب. علماً بأن مقاومة الحديد تساوي ١٥,٨ × ١٠^{-٦} لكل سم.

طرق السيطرة على التآكل

أ- التغليف (مادة عازلة أو الصبغ).

ب- استخدام مانع التفاعل الكيميائي برشه على الأنبوب.

ج- معالجة المحيط (وضع مواد كيميائية إلى التربة أو الماء المحيط بالأنبوب مثل إضافة بيكاربونات الكالسيوم إلى الماء تقلل من حدوث التفاعل الكيميائي) حيث التصميم المرجع (Lewicki, 1974) والشرح المرجع (Parker, 1980).

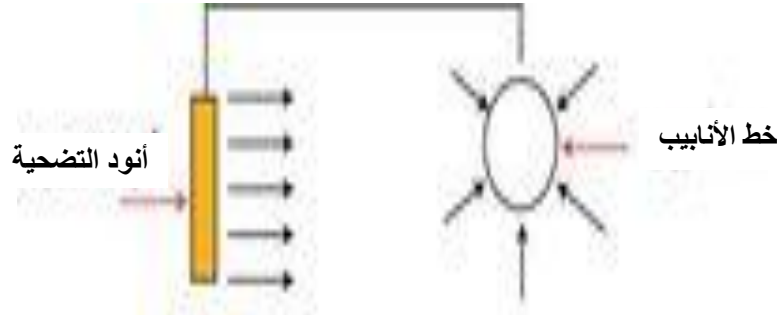
د- استخدام التصميم المناسب (تجنب الاتصال المباشر بين معدنين مختلفين) .

هـ- الحماية الكاثودية.

هناك طريقتان للحماية الكاثودية:

أ- الحماية الكاثودية باستخدام مجموعة انودات 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) و (Myers, 1980) كما في الشكل (١) (Peabody, 1980) و (Technical Bulletin, 1982).



الشكل (١) : حماية كاثودية باستخدام أنود تضحية

ب- الحماية الكاثودية بالتيار المسلط impressed current :

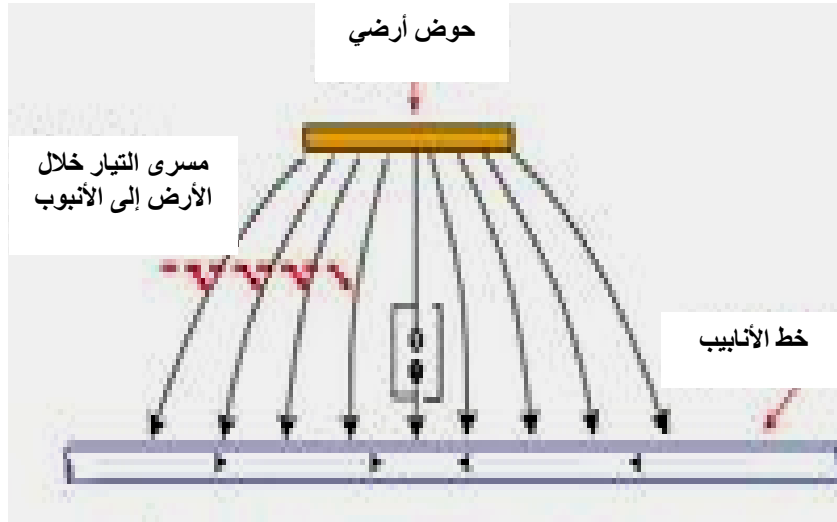
منظومات الحماية باستخدام التيار القسري Impressed Current تأتي التسمية من كون تيار الحماية مسلط من مصدر خارجي وتتكون المنظومة عادة من الأجزاء التالية: مصدر تيار مستمر DC Source - أقطاب تضحية (أنودات) - كابلات وأسلاك للربط مع ملحقاتها. يستخدم عادة مصدر تيار مستمر من نوع محولة/معدلة Transformer/Rectifier عند توفر مصدر قريب 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). تتوفر 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 تغطية السطح المطلوب حمايته.
- المقاومة النوعية للتربة أو المحيط الذي يشكل وسط التآكل.

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

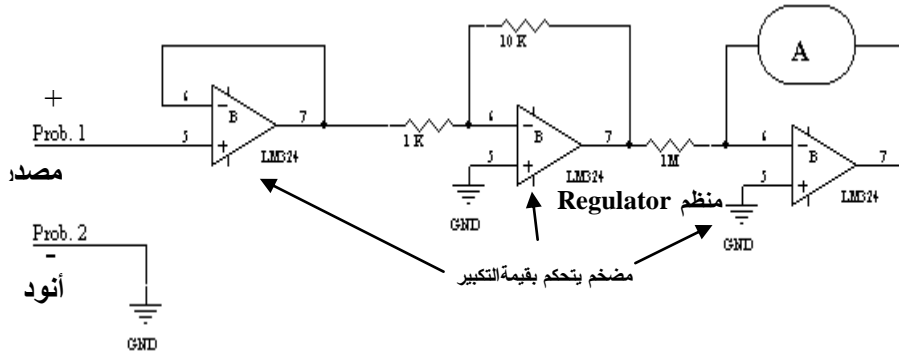


الشكل (٢) : محطة حماية كاثودية تستخدم التيار المسلط

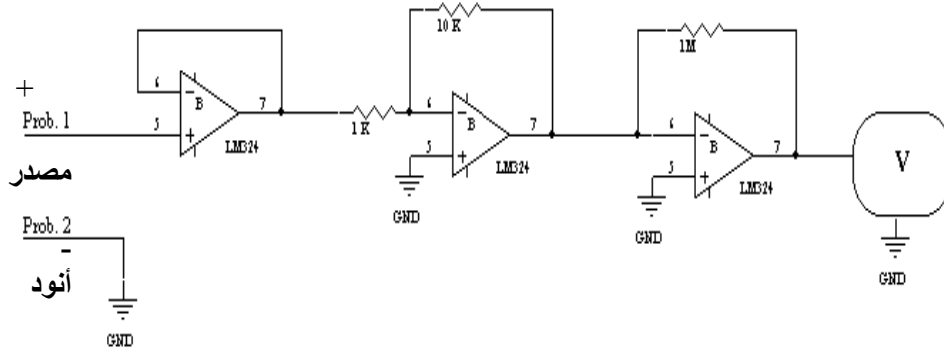
تصميم مقاييس الفولتية والتيار

تصميم الدوائر

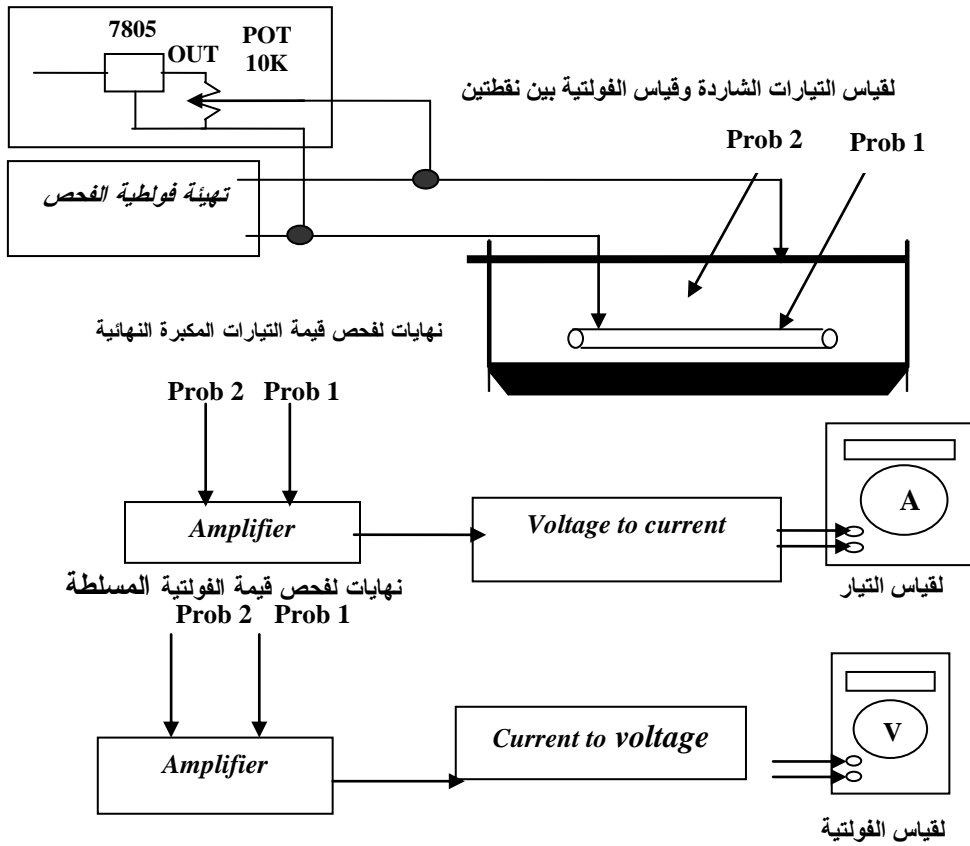
تم تصميم جهاز إلكتروني لقياس الفولتية والتيار كما مبين في الشكل (٣ أ، ب). ولا تصلح أجهزة قياس التيار والفولتية الحديثة لأداء هذا الغرض لأنها غير مصممة لنوعية الفولتية والتيار القليلة جداً في التربة.



الشكل (٣ أ) : قياس التيار



الشكل (٣ ب) : قياس الفولتية



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

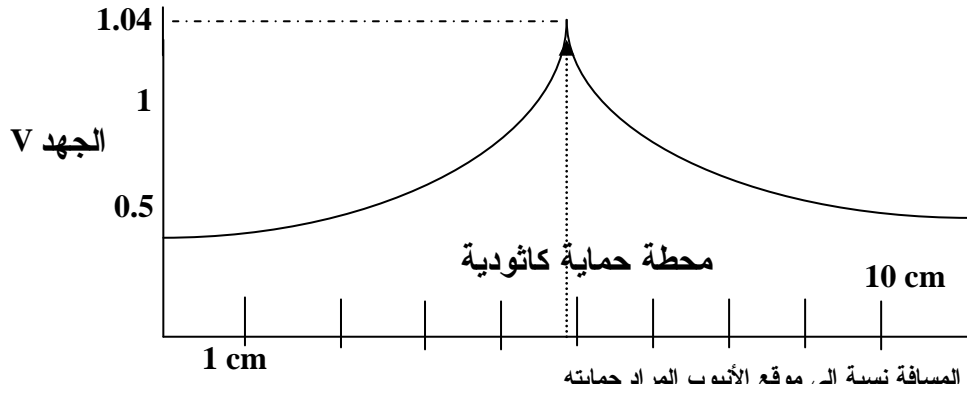
منظومة الحماية الكاثودية بالتيار المستمر Impressed Current

أجزاء المنظومة:

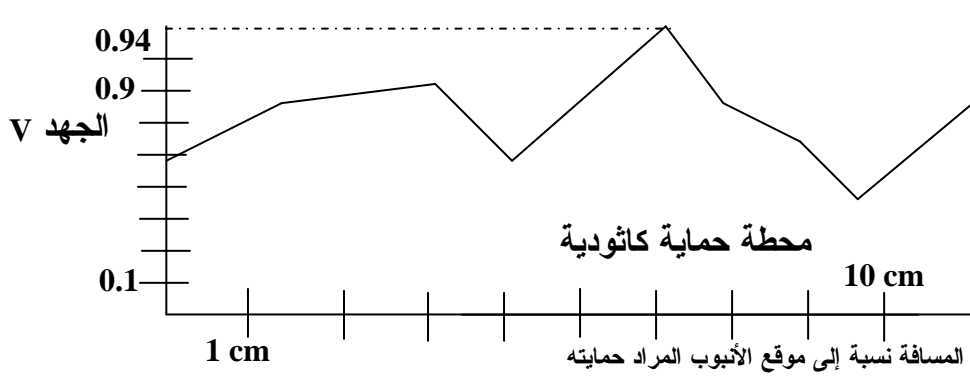
- ١- مصدر خارجي تم تقويمه إلى D.C باستخدام Trans. / Rectifier وباستخدام Amplifiers 2- الأول Voltage to Current يتحكم بقيمة التكبير لأنه قيمة التيار صغيرة جداً بالميكرو والثاني Current to Voltage للفولتية المسلطة.
 - ٢- أقطاب تضحية أنودات من الحديد (تم ربط سلك أرضي على طول الحوض ليكون أنوداً).
 - ٣- كيبيلات وأسلاك ربط مع ملحقاتها.
- ملاحظة: إن أنواع الـ Amplifiers والـ Regulators هي كما مبيّنة في الشكل (٤) لقياس 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 الأنبوب يتراوح طوله ما بين عدة كيلومترات إلى عدة عشرات الكيلومترات تبعاً لمقاومة التربة و قطر الأنبوب وكفاءة تغليفه ومعياري Criterion الحماية الكاثودية هو أن يكون جهد كل نقطة على سطح الأنبوب سالباً نسبة للتربة من فوقه بما لا يقل عن 0.85 فولت أما في حالة وجود بكتريافي التربة (غير متجانسة) فيكون الحد الأدنى هو 0.95 ويبلغ هذا الجهد ذروته عند النقطة الواقعة قبالة 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 تهيئة حوض في داخله أنبوب بنفس مواصفات أنابيب النفط أو مقارب لها وتسلط فولتية فحص على التربة وكما هو موضح في الشكل (٤) وقياس فرق الجهد بواسطة قضبان فحص فنرى أن الفولتية تكون كما مبيّن في الشكل (٥) علماً أنه قياسات الأنبوب المستخدم هو (السلك ICM الطول 10CM). بالعودة الى الشكل (٤) تم تهيئة حوض من الزجاج بالأبعاد (٣٠×٥٠×٥٠) سنتمتر وتم تسلط فولتية فحص من المصدر وقياس فرق الجهد بواسطة قضبان فحص حيث كانت القراءات كما مبيّن في المخططات أدناه علماً إن قياسات الأنبوب كانت: الطول (١٠) سم والسلك (١) سم:



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



الشكل (٦): توزيع الجهد على خط الانابيب في التربة الغير متجانسة

جدول (١) أدناه القراءة للفولتية والتيارات لخمسة نقاط على التربة المحيطة بالأنبوب حيث نسبة الرطوبة في التربة كانت (٢٦%):

جدول (١)

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

والجدول (٢) يبين القراءات بنسبة رطوبة (٢,٤%)
جدول (٢)

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

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

الاستنتاجات

أظهرت نتائج الفحص المخبرية 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 اللازمة للحماية الكاثودية وتبدون 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, 01 1p.
- 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 JI-eul;ie 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.Brasunus.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 in to 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.