ISSN 1999 - 8716
Printed in Iraq

مجلة ديالى
للعلوم الهندسية

المجلد العاشر، العدد الثاني، صفحات البحث (1-11)، حزيران 2017

تصميم وتقييم أداء منظومة حماية كاثودية للانبوب الناقل لماء التبريد لمحطة كهرباء القدس الغازية

قيس متي الياس[1] ، وليد حميد حبيب [2]

[1] مدرس، [2] مدرس مساعد, قسم الهندسة الكهربائية,الجامعة التكنولوجية

qaismatti2004@yahoo.com [1], waledhabib@yahoo.com [2]

(الاستلام:-2016/5/10 ، القبول:- 2016/7/26)

الخلاصة: الحماية الكاثودية هي إجراء يتم اتباعه لحماية الهياكل المعدنية الحديدية والأنابيب من التآكل جراء تعرض سطوحها إلى تماس مع التربة او مع الماء حيث تتآكل نتيجة لحدوث تفاعلات كيميائية مصحوبة بسريان الالكترونات (أي سريان للتيار الكهربائي). ويكون سريان الالكترونات من المنطقة الانودية إلى المنطقة الكاثودية من خلال التوصيل بالهيكل المعدني . يلاحظ ان الحديد يتم فقدانه من سطح الانود حيث يتحول باستمرار إلى صدأ بينما لايحدث ذلك على سطح الكاثود ولايحدث التأكل اذا كان سطح المعدن بكامله كاثودا بالنسبة لمحيطه ومن هنا جاءت تسمية الحماية الكاثودية . أثبتت طرق الحماية الكاثودية ولاكثر من قرن من الزمن لغاية الان فاعليتها في حماية الاجسام المعدنية الحاوية على موائع والمدفونة في اوساط الكتروليتية ضد عملية التأكل الكهروكيميائية. الجدير بالذكر ان جهودا كبيرة تستنفذ لتطوير وتصميم وانتاج تقنيات حديثة لحماية وصيانة الهياكل المعدنية المدفونة ضد التاكل, فمنها مايتعامل مع وسط الدفن ومنها مايتعلق بسبائك المعدن المستخدم في صناعة الهيكل المدفون وتغليفه, جميع هذه التقنيات خارج اطار مايتناوله هذا العمل.

يتناول هذا العمل تصميم وتقييم أداء منظومة حماية كاثودية ذات التيار القسري بابسط اشكالها.تتكون هذه المنظومات من مصدر جهد مستمر(DC) , ومجموعة أقطاب (أنودات) , تقوم الدائرة الكهربائية الناتجة بمعادلة فرق الجهد الطبيعي الموجود بين الوسط المحيط والجسم المعدني المحمي. يقدم هذا العمل الاسلوب المباشر في تصميم منظومة حماية كاثودية ذات التيار القسري لانبوب ناقل لماء التبريد لمحطة كهرباء القدس الغازية . تم أعتماد مواصفات الانبوب وتغليفه والتربة المدفون فيها على طول المسار في حسابات تيار الحماية المطلوب مع السماحات المعيارية لضمان عمل منظومة الحماية الكاثودية لما لايقل عن عشرين عاما. أثبتت نتائج القياسات بعد التنفيذ فاعلية منظومة الحماية الكاثودية بابقاء جهد الانبوب سالبا ضمن المقاييس المعمول به عالميا لمعدن الحديد الصلب المصنوع منه الانبوب .

الكلمات المفتاحية : الحماية الكاثودية ، التأكل ، آنود الحماية الكاثودية ، منظومات التيار القسري ، خلية النحاس والكبريتات القياسية (Cu/CuSO4).

1- المقدمة

التأكل هو عملية كهروكيميائية يسري بموجبها تيار كهربائي من هيكل المعدن المدفون من مواقع قطبية موجبة تدعى الانودات (Anodes) مرورا بالوسط الالكتروليتي و عودة الى هيكل المعدن في مواقع قطبية سالبة تدعى الكاثودات (Cathodes) . تدعى المنظومة الكاملة في عملية التأكل اعلاه والمتكونة من الاقطاب الموجبة والسالبة والوسط الالكتروليتي والمعدن الموصل (خلية التأكل) . الشكل (1) يعرض رسم توضيحي لخلية تأكل في قطعة انبوب مدفون [2,1] . تصمم منظومات الحماية الكاثودية للهياكل المعدنية المدفونة بعد معرفة المساحة السطحية للهيكل المعدني ونوع

المعدن المصنوع منه ونوع التغليف ومواقع العزل ان وجدت ونوع الاقطاب وعددها وموقع دفنها ومقاومية التربة المدفون فيهاالهيكل المعدني . يربط الهيكل المعدني المدفون بالقطب السالب لمجهز القدرة المستمرة ويربط القطب الموجب بالانودات المدفونة في الارض (التي تشكل في مجموعها ما يسمى بالحوض الارضي(Ground Bed)) حيث يسري منها تيار كهربائي مستمر الى الارض ومن ثم الى الهيكل المعدني جاعلا منه كاثودا. تدعى هذه الطريقة "نظام التيار القسري(Impressed Current)". يمكن لمحطة حماية كاثودية من هذا النوع ان توفر حماية ضد التأكل لانابيب حديدية على سبيل المثال ولاطوال قد تصل بضع كيلومترات تبعا لمقاومية الارض والمساحة السطحية للانبوب وكفاءة تغليفه وغيرها من العوامل . توجد طريقة ثانية للحماية الكاثودية تستخدم فيها انودات تضحية (Sacrificial Anodes) ذوات جهد كهربائي اعلى من جهد المعدن المحمي مما يؤدي الى سريان تيار حماية كاثودية قليل يعتمد على نوع المعادن وحجم انود التضحية وبعده عن الهيكل المحمي. أيا كانت طريقة الحماية الكاثودية المعتمدة , فلتحقيق اقل تأكل وضمان حماية كافية للفترة العمرية للهيكل المحمي , فيجب ان يكون سطح الهيكل المعدني سالبا نسبة للتربة حوله بما لايزيد عن (− 0.85 V) لمعدن الحديد باخذ القياسات باستخدام خلية قياس مكونة من قضيب نحاس مغمور في كبريتات النحاس (خلية قياسية (Cu/CuSO4)) , أضافة لذلك يجب ان لايزيد فرق الجهد بين اي نقطة على سطح الهيكل المعدني المحمي والتربة عن (V 2.5−) تلافيا لتجمع غاز الهيدروجين على سطح المعدن والذي قد يؤدي الى حدوث تشققات في مواد التغليف . يمكن تقدير التيار الكهربائي المستمر (DC current) اللازم للحماية الكاثودية حسابيا حين توفر بيانات ومعلومات كافية عن الهيكل المعدني ,تغليفه , والتربة المدفون فيها . يمكن الاسترشاد بالتقديرات المبينة في الجدول (1) في حالة نقص المعلومات أو لاغراض التدقيق.تضمنت ادبيات الحماية الكاثودية العديد من البحوث التي تناولت الموضوع من جانب كيميائي, معدني, كهروكيميائي وغيرها للوصول الى صيغ واساليب تغليف الهياكل المعدنية او تصنيع واختيار الانودات للنظام القسري او المضحي[3 , 4, 5 , 6].أن احد اهم منشأت البنى التحتية في الدول المنتجة والمصدرة للنفط هي شبكات انابيب النفط والغاز بالاضافة طبعا الى شبكات انابيب المياه لمختلف الاستخدامات . نظرا لمسارات شبكات الانابيب المذكورة اعلاه في مناطق جغرافية قد لاتتوفر فيها مصادر طاقة كهربائية لاستخدامها في تغذية نظم حماية التيار القسري فقد ظهرت العديد من البحوث التي تناولت استخدامات الطاقة المتجددة في نظم الحماية الكاثودية [7, 8]. يتناول هذا البحث تصميم وتحليل نتائج قياسات لمنظومة حماية كاثودية ذات التيار القسري نفذت لحماية أنبوب ناقل لماء التبريد من نهر دجلة الى محطة كهرباء القدس الغازية . تم تنفيذ هذا المشروع خلال عمل الباحث الاول في شركة الزوراء العامة/ وزارة الصناعة والمعادن . قسم البحث بعد المقدمة الى ثلاثة أجزاء , يعرض الجزء الاول الحسابات النظرية المطلوبة لاختيار مكونات دائرة الحماية الكاثودية , ويعرض في الجزء الثاني كل ما يتعلق بالجانب العملي التنفيذي ونتائج الفحص والقياس بعد تشغيل المنظومة. يعرض في الجزء الثالث مناقشة النتائج والاستنتاجات . أظهرت نتائج الدراسة ان منظومة الحماية الكاثودية للانبوب الناقل للماء لمحطة كهرباء القدس الغازية تعمل ضمن الحدود القياسية المعمول بها عالميا.

2 – الحسابات التصميمية

2-1 الأنبوب الناقل للماء

يبلغ طول الأنبوب الحديدي لنقل الماء الخام ابتداء" من نهر دجلة إلى محطة كهرباء القدس الغازية (6 km) يمتد في منطقة زراعية منبسطة. قطر الانبوب (2/3ft) مغلف لطوله كاملا بمادة الايبوكسي وال PVC وبكفاءة تغليف (90%) . تم أعتماد ($2mAmp/ft^2$) من الجدول (1) كثافة تيار لحماية الانبوب كاثوديا. باستخدام المعادلتين (1) و(2) يمكن حساب تيار الحماية الكاثودية الكلي المطلوب سريانه لطول الانبوب كاملا وبقيمة (I = 8.25 Amp) .

$$A = L \times D \times \pi \qquad (1)$$

$$I = (A) \times (I'') \times (1 - CE) \qquad (2)$$

حيث أن :

A = المساحة السطحية للانبوب (ft^2), L= طول الانبوب (ft), D= قطر الانبوب (ft), I"= كثافة التيار المطلوبة ($mAmp/ft^2$), CE= كفاءة التغليف (%) , I= تيار الحماية الكاثودية الكلي(Amp) .

يعرض الشكل (2) مخطط مسار الانبوب ومواقع نقاط الفحص واحواض الانودات الارضية .

2-2 الانودات المستخدمة

نظرا لتوفر انودات نوع سليكون حديد (HSCI) في الاسواق المحلية فقد تم اعتماد استخدامها في منظومة الحماية الكاثودية للانبوب . تبلغ ابعاد الانود الواحد (5ft x 1/4ft) ويزن (110lb) وبقيمة اعلى تيار مجهز بحدود (Ia= 4Amp) يتناسب مع الفترة العمرية المقررة للمنظومة وهي(20) سنة. يمكن حساب عدد الانودات المطلوبة لتجهيز تيار الحماية الكاثودية باستخدام العلاقة (3) ؛

$$N = I / Ia \qquad (3)$$

حيث N= عدد الانودات المطلوب ويساوي (3) ثلاثة انودات مقربة الى العدد الصحيح.

2- 3 حوض الانودات

يتم دفن الانودات في احواض ارضية وبمواصفات تمكن التيار المسلط من مجهز القدرة بالانتشار من خلال التربة الى جميع اجزاء الانبوب المطلوب حمايته . تدفن الانودات عادة في مسحوق من الفحم الحجري لتقليل مقاومة التماس بين الانودات والتربة وبالتالي تقليل جهد الدائرة الكهربائية لدفع تيار الحماية وتقليل استهلاك الانودات. طريقة دفن الانودات تعتمد على طبيعة المنطقة والمقاومة النوعية للتربة, فأن كانت المقاومة النوعية واطئة ومستوى المياه عالي يمكن استخدام أحواض أرضية سطحية أفقية ضحلة (Shallow Ground Beds) وتدفن الانودات أفقيا على أعماق قليلة (2-3) متر بينما يتطلب دفن الانودات عموديا على أعماق أكبر نسبيا(Vertical Ground Beds) بهدف الوصول إلى طبقات واطئة المقاومة. وبسبب ان الانبوب يمتد في ارض زراعية رطبة ذات مقاومة واطئة,فقد تم اختيار الحوض من النوع السطحي الافقي(الشكل (3))[4] . يمكن حساب مقاومة حوض الانودات (R_h) والتي يجب ان تكون اقل من (1Ω) وذلك باستخدام المعادلة (4) و التي تسمى

(Dwight's formula for horizontal anodes)[9].

$$R_h = \{(0.0052 \times \rho / k_h \times L_h) (\ln [4L_h^2 + 4L_h\sqrt{S^2 + L_h^2}/d \times S] - 1)\} \qquad (4)$$

حيث أن :R_h = مقاومة حوض الانودات(Ω), ρ= مقاومية التربة1400(Ω.cm) [10], k_h= ثابت يساوي واحد, L_h= طول حوض الانودات(ft), d= قطر الانود (inch) , S= ضعف عمق الانودات عن سطح الأرض (ft).

أن مقاومة حوض الانودات المستخرجة باستخدام معادلة (4) هي (R_h = 1.23 Ω) وهذه القيمة غير مناسبة لأنها اكبر من واحد لذلك يتم اللجوء إلى زيادة عدد الانودات المستخدمة بجعلها مثلا ستة انودات (6 Anodes) لتقليل قيمة المقاومة الى (R_h = 0.82 Ω) .

2-4 المقاومة الكلية لدائرة الحماية الكاثودية

يمكن استخراج مقاومة دائرة الحماية الكاثودية الكلية (R_t) من مجموع المقاومات المتمثلة بمقاومة التغليف للأنبوب إلى الأرض وكذلك قابلو التوصيلات بين مجهز القدرة والانودات والانبوب ,ومقاومة حوض الانودات وكما في معادلة المقاومات المتوالية البسيطة (5):

$$R_t = R_c + R_w + R_h \quad (5)$$

حيث أن:R_w = مقاومة قابلو التوصيلات (Ω),و R_c= مقاومة التغليف, ويمكن حسابها من المعادلة التجريبية (6):

$$R_c = 2500 / A \quad (6)$$

الشكل (4) يعرض دائرة المقاومات المتوالية البسيطة لمنظومة الحماية الكاثودية . باستخدام المساحة السطحية للانبوب والمعرفة بالمعادلة رقم (1) في المعادلة (6) تنتج قيمة ($R_c = 0.06\Omega$) . تم أختيار قابلو توصيل نحاسي بمساحة مقطع ($50mm^2$) وبطول (100m) لتنفيذ التوصيلات الكهربائية بين مجهز القدرة والانودات وبين مجهز القدرة والانبوب المحمي. مقاومة القابلو الكلية ($R_w = 0.208\Omega$) . حسبت قيمة مقاومة دائرة الحماية الكاثودية الكلية من المعادلة (5) بعد تعويض المتغيرات فيها لتنتج ($R_t = 1.088\Omega$) .

2-5 فولتية مجهز القدرة لدائرة الحماية الكاثودية

أن فولتية مجهز القدرة المستمرة الواجب توفرها للحصول على الحماية الكاثودية القياسية تحسب استنادا الى مقاومة الدائرة الكلية والتيار المطلوب . بافتراض أضافة نسبة (50%) من الفولتية لزيادة أعتمادية مجهز القدرة ومراعاة لتغير الظروف المحيطة خلال الفترة العمرية للمنظومة , يمكن أيجاد الفولتية المطلوبة باستخدام المعادلة (7) :

$$V_t = I \times R_t \times 150\ \% \quad (7)$$

حسبت الفولتية الكلية المطلوبة بقيمة ($V_t = 13.46$ V) , و يمكن استخدام مجهز للقدرة يعمل بفولتية ضمن حدود (24V) وتيار (20Amp) لاداء الغرض وهو أقرب منتج نمطي يمكن تأمينه من الاسواق المحلية.

3- التطبيق العملي

تمت جميع الحسابات في الفقرة (2) أنفا باعتبار ان طول انبوب نقل الماء كاملا وبهذا فالحاجة الى حوض انودات واحد يفي بالغرض للحماية الكاثودية . أن أعتماد حوض انودات واحد يعني أنشائه في منتصف مسار الانبوب وببعد عمودي عنه لايتجاوز المئة متر. أن واقع المنطقة الجغرافي الذي يمر فيه انبوب الماء تحت الدراسة هو زراعي لا يتوفر فيها مصدر طاقة كهربائية لمجهز القدرة ضمن منطقة منتصف طول الانبوب , مما دعى الى اعتماد مواقع حوض الانودات بواقع اثنين , الاول قرب سياج محطة كهرباء القدس والثاني قرب محطة ضخ الماء على نهر دجلة , أي قرب نهايتي الانبوب .

3-1 الحوض الارضي (Ground bed)

أعتمدت ابعاد حوض الانودات (15m) طولا و (2m) عرضا وبعمق (3m) وكما هو موضح في الشكل(5). تم وضع الانودات داخل الحوض بصورة افقية بمسافة بينية تساوي(1m). عند دفن الانودات يتم اولا رش الحوض بالماء لترطيبه, ثم نشرت طبقة من الفحم الكوك (coke breeze) في قاعه وبسمك حوالي (5cm) ثم توضع الانودات ومن ثم نشرت طبقة اخرى فوقها من الفحم الكوك بنفس السمك وبعدها دفن الحوض بتربة الحفر.

3-2 مجهز القدرة للتيار المستمر (D.C. power supply)

تم بناء مجهز القدرة للتيار المستمر في شركة الزوراء العامة/ وزارة الصناعة والمعادن وكما موضح في الشكل (6). يعمل المجهز بفولتية(24V) وتيار أقصى (20Amp) ويتغذى من مصدر تيار متناوب (50Hz), بطور واحد (220V). تتم السيطرة على فولتية الخرج لمجهز القدرة لضمان تيار ملائم لدائرة الحماية الكاثودية .

3-3 نقاط الفحص الثابتة (Test Points)

تم تجهيز منظومة الحماية الكاثودية للانبوب بست نقاط فحص ثابتة موزعة على طول مسار الانبوب يفصل بين كل واحدة واخرى قرابة (1km) وكما مبين في الشكل (2) مؤشرة (TP_1-TP_6). يظهر الشكل (7) صورة لاحدى نقاط الفحص الثابتة. تم لحام ربط القابلوات بالانبوب باستخدام اللحام الحراري (Exothermic Welding) وكما مبين في الشكل (8) . تستخدم نقاط الفحص في قياسات فرق الجهد دوريا بين الانبوب المحمي والتربة المحيطة وعلى مدار الفترة العمرية لمنظومة الحماية الكاثودية ومراقبة أدائها .

3-4 صندوق ربط الانودات

يظهر الشكل (9) صورة لصندوق ربط الانودات . تجمع قابلوات الانودات (كل انود مستعمل في هذا العمل مزود بقابلو قياسه $6mm^2$) وتربط في صندوق ربط الانودات الذي يوضع قرب حوض الانودات ويربط فيه ايضا القابلو الموجب القطبية من مجهز القدرة . ومن الجدير بالذكر فان القابلو السالب القطبية الرئيسي للمجهز يتم ربطه بالانبوب وذلك لاكمال الدائرة الكهربائية لمنظومة الحماية الكاثودية .

4- تشغيل وفحص منظومة الحماية الكاثودية

تم انجاز أعمال النصب والربط لكافة مكونات منظومة الحماية الكاثودية للانبوب الناقل لماء التبريد وقبل تشغيل المنظومة (حالة الاطفاء Off-State) يتوجب قياس فروق الجهد بين سطح الانبوب المدفون وخلية قياسية نحاسية (Cu/CuSO4) توضع على سنام الدفن للانبوب. يبين الجدول رقم (2) قيم فرق الجهد في مناطق نقاط الفحص المبينة والتي تتراوح ما بين قيمة أعلى (0. 54 V-) وقيمة أدنى(0.58V -). تشير فروق الجهد هذه الى الحالة الجيدة لمعدن الانبوب والتغليف المستخدم لعزله . تم تشغيل مجهز القدرة لمنظومة الحماية الكاثودية (حالة التشغيل ON-State) في جانب محطة كهرباء القدس والقريب من وحدة معالجة المياه . رفعت فولتية مجهز القدرة تدريجيا ورافق ذلك تسجيل قراءات فروق الجهد في نقاط الفحص الست، و خلاصة هذه القراءات مبينة في الجدول رقم (3) . كانت فولتية المجهز(4.5V) وتياره المستمر بحدود (7.5Amp) عندها سجلت نقاط الفحص فروق جهد تراوحت ما بين(1.26V-) كقيمة اعلى و (1.43V-) كقيمة ادنى. توضح الارقام المبينة في الجدول (3) فعالية منظومة الحماية الكاثودية المصممة في حفظ جهد الانبوب الى دون القيم القياسية لمعدن الحديد المستخدم (0.85 V -) .

يبين الشكل رقم (10) خلاصة اداء منظومة الحماية الكاثودية ممثلا بقياسات فرق الجهد في نقاط الفحص على مسار طول الانبوب في حالتي الاطفاء والتشغيل للمنظومة اي تصويرا للجدولين (2) و (3) .

5 - المناقشة والاستنتاجات

أن الدراسة التفصيلية ونتائج الحسابات النظرية لتصميم منظومة حماية كاثودية من نوع التيار القسري لانبوب ماء التبريد لمحطة كهرباء القدس الغازية والممتد من محطة الضخ على نهر دجلة الى محطة الكهرباء وبطول (6km) قد أعطت البيانات التالية :

(i) فولتية القدرة المستمرة (13.46 V).

(ii) تيار مجهز القدرة المستمرة (8.25 Amp) .

(iii) القدرة المطلوبة من مجهز القدرة بحدود(111W).

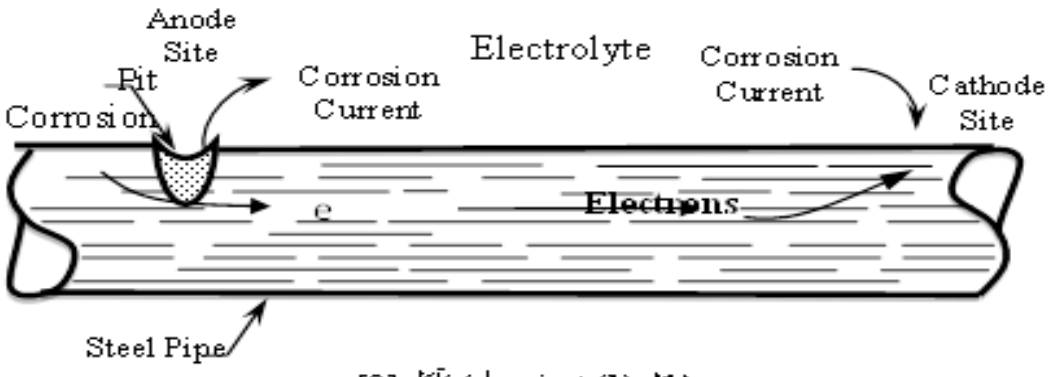
(iv) نوع الانودات المستخدمة (HSCI) وبعدد (6) لكل حوض.

تم أعتماد استخدام مجهز قدرة مستمرة من الانتاج النمطي لشركة الزوراء العامة بفولتية خرج (24V) و تيار (20Amp) . أن استخدام تقانين اعلى من المطلوب في مرحلة التصميم الاولى يعطي الامكانية لتجاوز التغيرات التي تمر بها منظومة الحماية الكاثودية خلال العشرين سنة المعتمدة كفترة عمرية فعالة لها . نظرا لعدم توفر مصدر كهرباء في منطقة منتصف مسار الانبوب كون جغرافية المسار زراعية , فقد أتخذ القرار بانشاء حوضي أنودات قرب نهايتي الانبوب وتجهيز منظومة

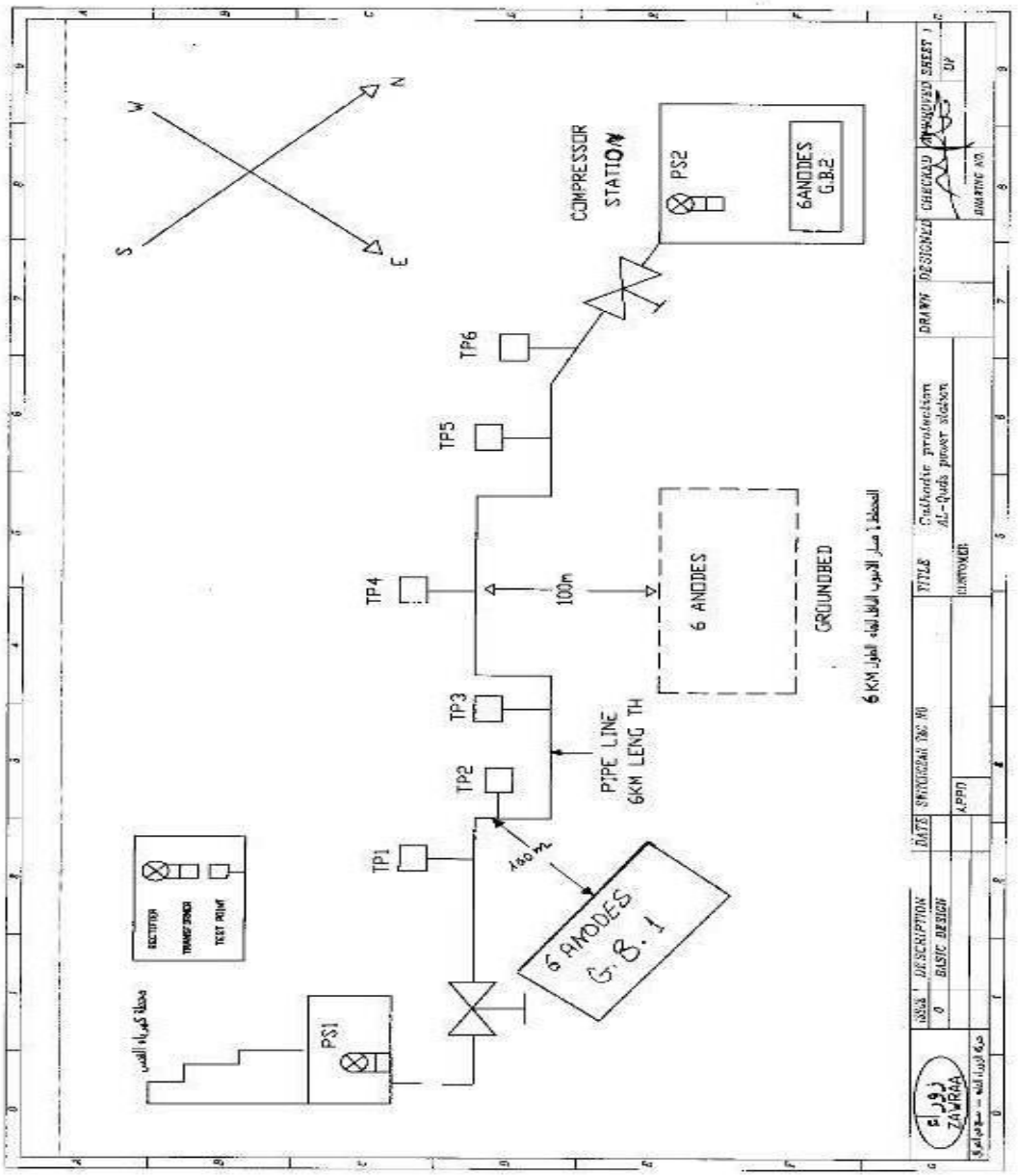
الحماية الكاثودية بالطاقة الكهربائية من المصدر المتوفر في الجانبين . تم تشغيل المنظومة في جانب محطة كهرباءالقدس فقط لكفائتها في خفض جهد الانبوب كاملا وحمايته كاثوديا ضمن المعايير القياسية العالمية . تم الابقاء على منظومة الجانب الثاني كمنظومة أحتياط لرفع درجة موثوقية الحماية الكاثودية للانبوب في الوقت الراهن والافادة منها مستقبلا اذا دعت الحاجة بسبب امكانية تدهور حالة التغليف , أو اي سبب عارض يدعو الى زيادة تيار الحماية الكاثودية أخذين بنظر الاعتبار وجوب عزل مقطعين للانبوب بالفلنجات العازلة كهربائيا .

المصادر

1) U.S. Army corps of engineers, (2004), "Electrical engineering cathodic protection", Unified Facilities Criteria, UFC 3 – 570 – 02 N, 16.
2) U.S. Army corps of engineers, (2005), "Cathodic protection", Unified Facilities Criteria, UFC 3- 570 -02 A.
3) A.W. Peabody, (2001), "Control of pipeline corrosion", NACE International, 2nd. Edition.
4) German Cathodic Protection, (2016), "Impressed Current Anodes, Silicon iron anodes", Document No.: 04-200-R0, byGCP German Cathodic Protection GmbH & Co. KG.www.gcp.de.
5) Marshall E. Parker, Edward G. Peattie, (1999), "Pipeline corrosion and cathodic protection",3rd.Edition, Elsevier science.
6) Naseer A. Al Habobi and Shahad F. Abed, (2013), " Simulation of Cathodic Protection System Using Matlab", Iraqi Journal of Chemical and PetroleumEngineering,Vol.14 No.1, pp25-37.
7) Mehrdad F. and Khalil M., (2014), "Novel Cathodic Protection System based on Photovoltaic Cells",Transaction on electrical and electronic circuits and systems, VOL. 4(20), PP. 117-123.
8) M. Javadi, J. Javidan and M. Salimi, (2014), " Cathodic Protection of an underground Pipeline by Photovoltaic Power System using Intelligent Method", International Journal of Renewable Energy Research, Vol.4, No.2.
9) MESA Products, (2001),"Shallow horizontal continuous ground bed design", C. P. design center by MESA Products, Inc, www.mesaproducts.com.
10) Impalloy Co., (1985), "Cathodic protection of C.W. pipelines for AL- Mussaib thermal power station",ImpalloyCo. LTD.



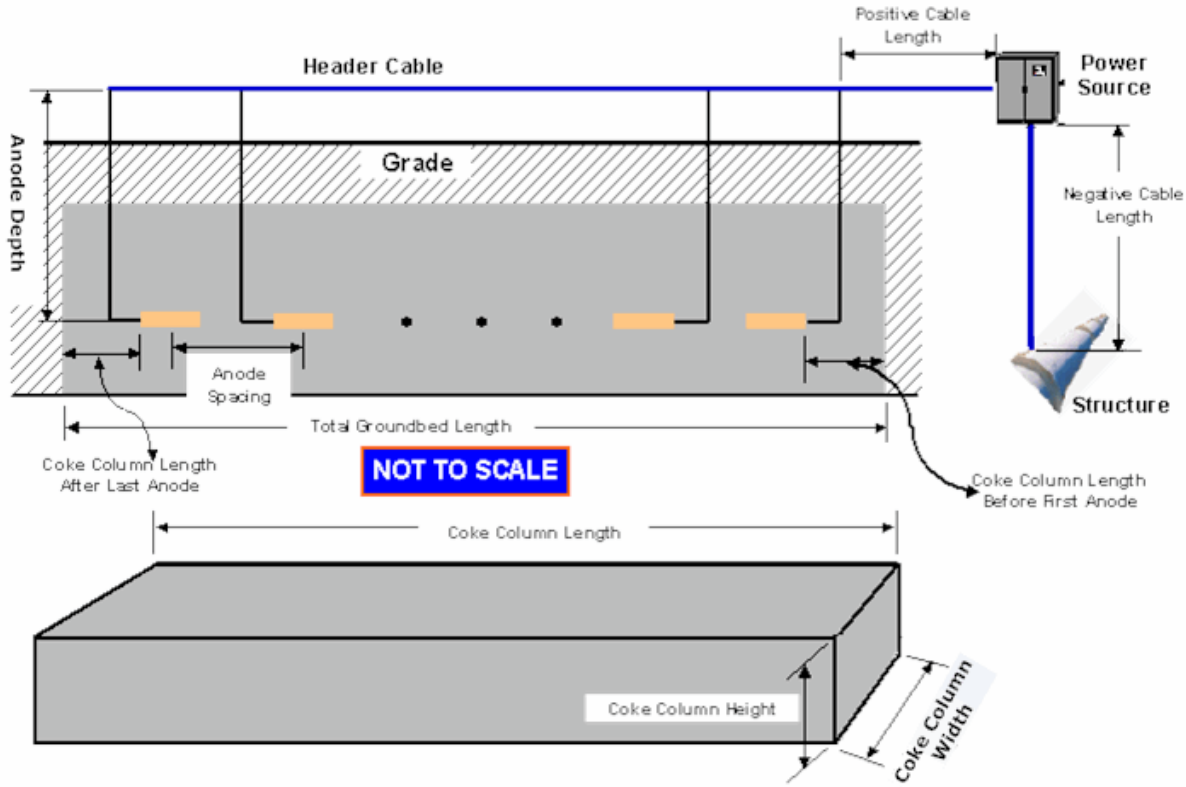
شكل (1) نموذج خلية تآكل [2]



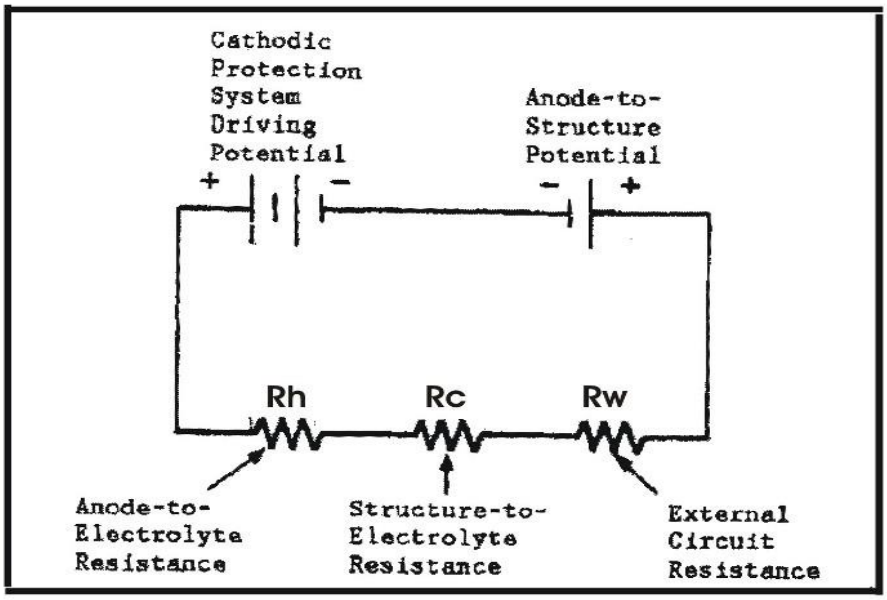
الشكل(2) مخطط سيرالانبوب الناقل للماء مع اجزاء منظومة الحماية الكاثودية المشيدة عليه.

جدول (1): تيارات الحماية الكاثودية المطلوبة للحديد حسب بيئة الدفن [2]

البيئة	تيار الحماية (mA/ft^2)
ماء عذب وساكن	3-6
ماء عذب متحرك	10-12
ماء مالح	20-30
تربة	1-2



الشكل (3) شكل تخطيطي يوضح الحوض الارضي السطحي الافقي



الشكل (4) الدائرة المكافئة للمقاومة الكلية لمنظومة الحماية الكاثودية

الشكل (6) لوحة السيطرة لتنظيم فولتيات الخرج لمجهز القدرة

الشكل (5) حوض الانودات

الشكل (8) لحام القابلو بالانبوب حراريا

الشكل (7) نقطة فحص ثابتة (Test Point)

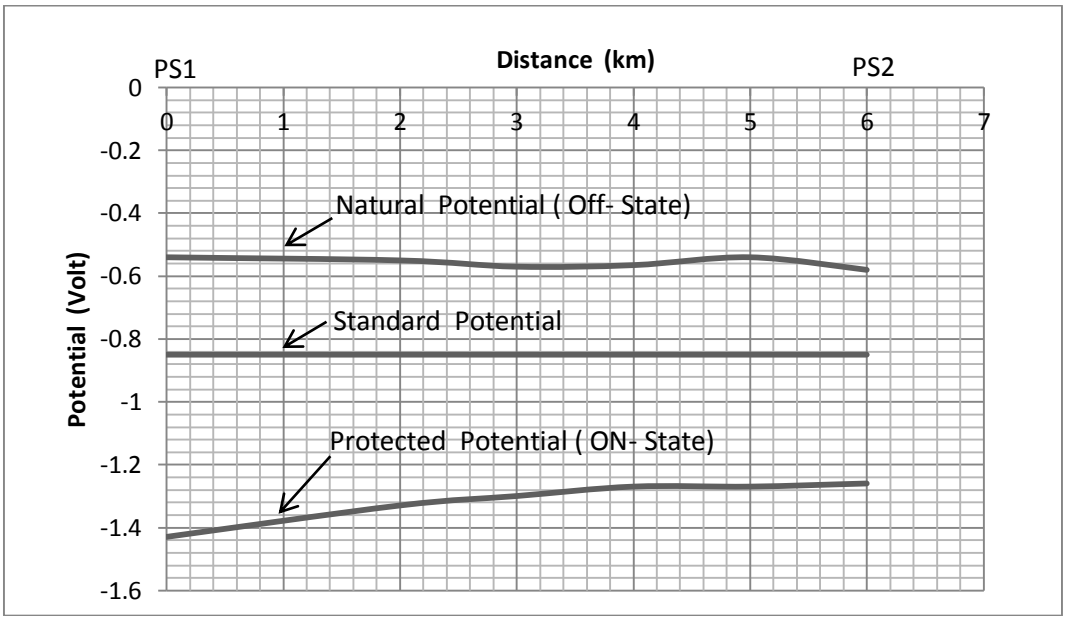
الشكل (9) صندوق ربط الانودات

جدول (3) قيم فرق الجهد في حالة التشغيل (جهد الانبوب المحمي كاثوديا)

نقطة الفحص	فولتية المصدر (V)	تيار المصدر (A)	جهد الانبوب (V)
TP1 محطة قدس	4.85	7.55	−1.43
TP2	4.57	7.54	−1.33
TP3	4.57	7.54	−1.30
TP4	4.56	7.53	−1.27
TP5	4.5	7.51	−1.27
TP6 نهر دجلة	4.5	7.51	−1.26

جدول (2) المنظومة في حالة الاطفاء (جهد الانبوب الطبيعي)

نقطة الفحص	جهدالانبوب(V)	حالة اللحام	حالة التغليف
TP1 محطةقدس	−0.54	جيدة	جيدة
TP2	−0.55	جيدة	جيدة
TP3	−0.57	جيدة	جيدة
TP4	−0.55	جيدة	جيدة
TP5	−0.54	جيدة	جيدة
TP6 نهر دجلة	−0.58	جيدة	جيدة



الشكل (10) أداء منظومة الحماية الكاثودية

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF CATHODIC PROTECTION SYSTEM FOR COOLING WATER PIPELINE TO AL-QUDS GAS POWER STATION

Qais Matti Alias [1], Waleed H. Habeeb[2]
[1] Lecturer, [2] Assistant Lecturer, Department of Electrical Engineering, University of Technology

Abstract

Cathodic protection technologies proved for more than a century until now their effectiveness in protecting metal objects containing fluids and buried in an electrolytic medium against the electrochemical corrosion process. This work aims to design and evaluate performance of an impressed current cathodic protection system. The system consists of a DC power source, and a group of electrodes (anodes), the resulting electrical circuit balances the natural potential that exists between the surrounding medium and the protected structure metal. This work presents a direct method to design a cathodic protection system for the cooling water pipeline for AL-Quds gas power station. Pipeline specification, type of coating and the soil which it buried within along its route were considered in the calculations of the desired protection current plus the standard allowances to ensure the proper performance of the cathodic protection system for at least twenty years. Measurement results proved the effectiveness of the cathodic protection system to keep the used pipeline negative potential within the international applicable standards.

Keywords: cathodic protection system, anode, (Cu/CuSO4) reference cell, test point, pipeline, corrosion management.