

## المحاضرة التاسعة : معدات الحفر المستخدمة في منصات الحفر البحري

### الفصل الثالث

#### 3-1. اختيار منصة الحفر:

إن أول ما يجب على المنقب عن النفط في البحر عمله هو اختيار منصة الحفر المناسبة من الأنواع السابقة الذكر على أساس عمق الماء والحمولة والطقس وغير ذلك، ولعمق المياه والطقس أهمية كبيرة في هذا الاختيار حيث يتم جمع معلومات عن الشروط الجوية في منطقة تثبيت المنصة خلال فترة زمنية تتراوح بين (25-50) سنة سرعة الرياح ، سرعة وارتفاع الأمواج ، شدة العواصف ، التيارات المائية.

فإن زاد العمق على تسعين متراً وجب أن تكون منصة الحفر من النوع العائم، وإذا كان الطقس السائد قاسياً قد يكون من الأفضل اختيار منصة الحفر نصف غاطسة، أما إذا كان الطقس جيداً في معظم الأوقات والموقع بعيداً عن الشاطئ فقد يحسن اختيار سفينة حفر، مع العلم بأن سفينة الحفر قادرة على تحمل أوزان أكبر من منصة الحفر النصف الغاطسة وحمل معدات أكثر ولا تحتاج إلى خدمات تموين متكررة، ويمكنها بالتالي العمل في أعالي البحار مستقلاً.

#### 3-2. معدات الحفر في منصة الحفر البحري:

إن اجهزة الحفر التي تستخدم في الحفر البحري تشابه بشكل عام مثيلتها للحفر على اليابسة إلى حد ما ،مع العلم أن أحدث التقنيات الخاصة بالحفر تستخدم في الحفر البحري، يجب تركيب وحدات الحفر القادرة على تأمين متطلبات الحفر والوصول إلى المكامن النفطية والغازية مهما بلغ عمقها عن قعر البحر.

وتتميز وحدات الحفر على المنصات البحرية بوزنها المرتفع وبطاقة التشغيل الكبيرة ، وتشكل محركات الديزل وحدة لتوليد الطاقة ، إن نظام نقل الطاقة الكهربائية بين المولدات والمستقبلات هو إما بتيار متناوب أو مستمر، تغذية محركات الأجهزة النفذة الرئيسية ( مضخات سائل الحفر

، مجموعة الرفع والأنزال ، مجموعة تدوير مجموعة مواسير الحفر) فتكون بتيار مستمر وياقي الأجهزة المساعدة ( معدات تنظيف وتحضير سائل الحفر ، الروافع، ..) تكون بتيار متناوب.

### مميزات المعدات المستخدمة في الحفر البحري:

- a. تتميز أبراج الحفر بمقاومة أكبر كي تتمكن من مواجهة الاجهادات الديناميكية بقيم أكبر في البحار والمحيطات والنتيجة عن الرياح والأمواج ، وكذلك عدم ثبوتية المنصات البحرية خصوصاً العائمة منها كما يجب أن تحافظ على استطاعتها الكاملة حتى زاوية ميل (15) درجة ونظراً لعدم فك الأبراج أثناء نقل المنصات البحرية من موقع للأخر كما يحدث في اليابسة تفضل الأبراج الهرمية ذات نقط الاستناد الأربع .
- b. يتميز جهاز الرفع بقدرة مرتفعة ويتم تشغيله بواسطة محركين كهربائيين أو ثلاثة مع استخدام المكابح الكهرومغناطيسية الأكثر فعالية.
- c. تستخدم مضخات قوية لسائل الحفر ذي سرعات مرتفعة وضغط تشغيل عالي (320) ضغط جوي ، وتفضل المضخات ثلاثية المكابس ووحيدة الشوط بعدد دورات مرتفعة بدلاً من تلك ثنائية المكابس وثنائية الشوط كونها تؤمن ضغط ضخ عال ويتم تغذية المضخات بقوة لرفع مردودها بمضخات طرد مركزية (6\*6) انش والتي تشغل بمحركات كهربائية.
- d. تتميز المنضدة الرحوية باستطاعة عالية وفتحة مركزية كبيرة إذ تستخدم رحي بفتحات (37.5) انش واستطاعة (589) طن بشكل واسع وأخرى بفتحة قطرها (49.5) انش واستطاعة (750) طن إن استخدام هذه الرحي تحدده ضرورة تمكنها من انزال ماسورة التغليف للمرحلة الدالية ذات القطر (30) انش ، في أغلب الحالات يتم تشغيل الرحي بشكل منفصل عن المعدات الأخرى من وحدة الحفر بواسطة محرك كهربائي أو محركين
- e. تستعمل رؤوس هيدروليكية (Top drive) وزنها بحدود (650) طن.

ونظراً لتواجد المنصات البحرية بعيدة عن قواعد التموين على اليابسة ، يجب أن تحوي وحدات الحفر البحرية على المعدات التالية:

- 1- وحدة للتحضير السريع لسائل الحفر وأخرى لمعالجته وتؤمن من دوران السائل بواسطة مضخات منفصلة ( مضخات طرد مركزية)
- 2- ملفات مستقل لأخذ العينات الاسطوانية بواسطة كيل.
- 3- وحدات تحضير وضخ الإسمنت.

- 4- وحدة للقياسات الجيوفيزيائية البئرية.
- 5- وحدة لتحلية المياه بمعدل (500) متر مكعب باليوم.
- 6- مخازن كبيرة للمواد الاستهلاكية محروقات (300-2000) طن والمواد الكيميائية الخاصة بسائل الحفر ومسحوق الأسمنت
- 7- اماكن لسكن ومعيشة الطاقم البشري العامل على المنصة مع كل مستلزماتهم

### 3-3. معدات تنظيف ومعالجة سائل الحفر:

إن من أولويات الحفر البحري الحصول على سرعة تقدم مرتفعة بعد الانتهاء من المرحلة السطحية لإنجاز البئر بأقل زمن ممكن وهذا يتحقق باستخدام الماء بما فيه المالح كسائل حفر ، إن ارتفاع تركيز الجزء الصلب الناتج عن الحفر في سائل الحفر بنسبة (1%) يؤدي إلى الإقلال من سرعة التقدم بحوالي (5%) ، أي أن عدد رؤوس الحفر وزمن انجاز البئر سيزدادان ، وبالنتيجة ترتفع كلفة الحفر لذلك يجب العمل على التنظيف الجيد والسريع لسائل الحفر من الفتات الصخرية الناتجة عن حت الصخور على قعر البئر ومن أجل تحقيق ذلك فإن وحدة الحفر البحري يجب ان تضم المعدات التالية:

- 1.جهازي نخل هزازين ثنائي الفعل بطابقين
- 2.منظف رمل بثلاثة مخاريط قطر (12) انش أو بستة مخاريط قطر (8) انش
- 3.منظف غضاري بعدد من المخاريط يتراوح (12-16) مخروط قطر كل منها (4) انش
4. فاصل غاز لإعادة تكييف سائل الحفر الملوث بالغازات الطبقية.

تعتبر المناخل ثنائية الفعل الجهاز الأول لتنظيف سائل الحفر ، وتتميز بحركتها الترددية العالية ، وتركب المناخل أسفل تفرعة خروج السائل من البئر ، يقوم الطابق العلوي الذي يحوي ما بين (16-49) فتحة في السنتمتر مربع بفصل الحبيبات ذات الأبعاد الكبيرة نسبياً (0.8-1.5) ملم ، في حين يقوم الطابق السفلي الذي يحوي (1188-1500) فتحة في السنتمتر مربع بفصل الحبيبات التي مرت من الطابق العلوي وأبعادها اكبر من (150-180) ميكرون ن ثم يمرر سائل الحفر بعد ذلك على فاصل الرمل لتخليصه من الحبيبات الصخرية التي استطاعت المرور من الطابق السفلي للمناخل الهزازة.

### 6-2. تآكل المعدات المعدنية بفعل ماء البحر:

ماء البحر هو الماء الموجود في بحار ومحيطات العالم، وتبلغ نسبة ملوحته حوالي 3.5% في المتوسط (35 غرام/لتر). الأملاح الذائبة (في الغالب أيونات صوديوم (+Na) وكلوريد (-Cl)).

تبلغ كثافة ماء البحر عند سطح المحيط (1,025 غرام /مل) عند 4 درجات مئوية (39 فهرنهايت) وذلك لأن الأملاح الذائبة تزيد من كتلة الماء دون أن تُحدث تغيير ذو شأن في حجمه، بينما تصل كثافة المياه في اعماق المحيطات إلى (1050 غرام /مل) أو أعلى وذلك لارتفاع الضغط ، وتنخفض نقطة التجمد لماء البحر بزيادة نسبة الأملاح الذائبة فيه، فماء البحر ذو الملوحة النمطية يتجمد عند -2 درجة مئوية (28 فهرنهايت)

تتحصر درجة حموضة ماء البحر بالإجمال في نطاق بين 7,5 و 8,4، وفي المتوسط تبلغ سرعة الصوت فيه ما يقرب من 1500 متر في الثانية الواحدة.

**الملوحة:** نسبة ملوحة أغلب المياه البحرية تقع بين 3.1% و 3.8%، وهي غير موحدة في جميع أنحاء العالم حيث تختلط مع مياه الأنهار بالقرب من مصبات الأنهار أو مناطق ذوبان الجليد فتقل نسبة ملوحة مياه البحار. يعد البحر الأحمر أكثر البحار المفتوحة ملوحة وذلك لارتفاع نسبة تبخر وانخفاض هطول الأمطار، وهناك بحار معزولة تحتوي على نسب ملوحة عالية مثل البحر الميت.

ازدياد الملوحة (فقد مياه) : تبخير ماء البحر (نتيجة الحرارة العالية) - تكون الجليد

انخفاض الملوحة (اكتساب مياه): الترسيب الرطب (هطول أمطار) - ذوبان الجليد

المحيط لأطلسي (الأطلسي) هو أعلى المحيطات ملوحة، تقل الملوحة عند القطبين المتجمدين وتزداد كلما اتجهنا إلى المناطق تحت مدارية (ما بين خط عرض 20-30 شمالا وجنوبا) ثم تقل مرة أخرى باتجاه خط الاستواء المناطق تحت مدارية تتميز بوجود الرياح التجارية والحرارة العالية

تشكل مياه البحار والمحيطات محاليل عدد كبير من الاملاح مع شوائب عضوية وغازات منحلّة ، تتواجد معظم عناصر الجدول الدوري فيها والأقسام الرئيسية لمكونات ماء البحر هي:

1. المواد العضوية الذائبة: هي التي تمر خلال ورقة ترشيح قطر ثقبها 0.45 ميكرون

2. المواد المعلقة.

3. المواد الغير عضوية الذائبة: وتقسم إلى :

#### a.العناصر الرئيسية (تركيزها أكبر من 1 مجم/كجم)

العناصر الرئيسية تمثل ما نسبته 99.7% من مجمل العناصر الغير عضويه الذائبة والباقي (0.3%) هو مجموع نسبة الغازات الذائبة والأملاح المغذية والعناصر النادرة وبالرغم من النسبة الضئيلة للمكونات الثلاثة السابقة فإن لها أهمية نتيجة نشاطها الجيوكيمياء والبيولوجي وارتباطها بالعامل الفيزيائي ، العناصر الرئيسية تركيزاتها في ماء البحر أكبر من 1 مجم/كجم أو 1 جزء في المليون ،تمثل في مجملها ما يطلق عليه مصطلح الملوحة ( الملوحة هي الكمية بالجرامات لما يحتويه 1 كجم من ماء البحر من أملاح ذائبة) تراكيز العناصر الرئيسية في ماء بحر ملوحته 35

#### تركيزات العناصر الرئيسية في ماء بحر ملوحته ٣٥

| العنصر          | رمزه                          | تركيزه  | % النسبه |
|-----------------|-------------------------------|---------|----------|
| 1 الكلوريد      | Cl <sup>-</sup>               | 19.353  | 55.29    |
| 2 الصوديوم      | Na <sup>+</sup>               | 10.781  | 30.80    |
| 3 الكبريتات     | SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | 2.712   | 7.75     |
| 4 المغنسيوم     | Mg <sup>2+</sup>              | 1.284   | 3.67     |
| 5 الكالسيوم     | Ca <sup>2+</sup>              | 0.4119  | 1.18     |
| 6 البوتاسيوم    | K <sup>+</sup>                | 0.399   | 1.14     |
| 7 الكربونات     | HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | 0.126   | 0.36     |
| 8 البروميد      | Br <sup>-</sup>               | 0.0673  | 0.19     |
| 9 البورون       | B(OH) <sub>3</sub>            | 0.0257  | 0.07     |
| 10 الاسترنتشيوم | Sr <sup>2+</sup>              | 0.00794 | 0.02     |
| 11 الفلوريد     | F <sup>-</sup>                | 0.00130 | 0.004    |

الكلوريد والصوديوم يمثلان ما نسبته 86.09 من مجموع العناصر الرئيسية الذائبة ،يمثل العناصر الستة الأولى (الكلوريد، الصوديوم، الكبريتات، المغنسيوم، الكالسيوم، البوتاسيوم) مانسبته 99.83 من مجموع العناصر الرئيسية الذائبة.

الكاتيونات :هي الصوديوم، المغنسيوم، الكالسيوم، البوتاسيوم، الإسترنتشيوم

**الأيونات:** هي الكلوريد، الكبريتات، البيكربونات، البروميد، الفلوريد

وتعطي الاملاح المنحلة في مياه البحار خاصية الناقلية الكهربائية والقدرة الكبيرة على تآكل المعادن، تتفاعل شوارد الكلور بشكل خاص مع معدن الحديد وهو المكون الأساسي لمعدات وحدات الحفر والمنصة البحرية مكونة كلور الحديد الهش، أي تقل كثيراً مقاومة المعدات الحديدية (مواسير وأعمدة الحفر، مواسير التغليف، أرجل وركائز المنصات البحرية، الماسورة العمودية).

ويرتفع التأثير التآكلي للمياه المالحة بارتفاع تركيز الأملاح المنحلة فيها ويأخذ قيمته العظمى عند التركيز (3%)، حيث يأخذ بالتباطئ بسبب انخفاض قابلية غاز الاوكسجين للانحلال في الماء في المياه مع ارتفاع درجة الملوحة.

كما يزداد التأثير التآكلي للمياه المالحة مع ازدياد سرعة تدفقها التي تساهم في تزويد ها بغاز الاوكسجين المساعد على التآكل، وللتقليل من التأثير التآكلي لمياه البحار والمحيطات يجب طلاء المعدات المعدنية التي تتلامس مع المياه بمواد واقية تحميها من التلامس المباشر مع الماء.

ويمكن أن نطبق الطريقة التالية في منع التآكل وهي: الحماية الكاثودية البحرية:

لفهم الحماية الكاثودية يجب أولاً فهم آلية التآكل، لكي يحدث التآكل، يجب توفر ثلاثة شروط.

1. معدنان مختلفان: عبارة عن سببكتين مختلفتين تماماً، كالحديد والألومنيوم.

2. مياه مذاب بها أي نوع من الملح أو الأملاح (إلكتروليت).

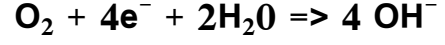
3. مسار معدني (موصل) بين المعادن المختلفة.

إذا توفرت الشروط المذكورة أعلاه، على سطح المعدن الأكثر نشاطاً (في هذه الحالة سوف نعتبره الحديد الذي يتآكل بحرية بطريقة غير موحدة)، فسيحدث التفاعل التالي في المواقع الأكثر نشاطاً (عدد 2 أيون حديد بالإضافة إلى 4 إلكترونات حرة)

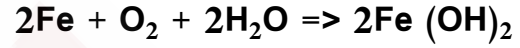




يتحول غاز الأكسجين إلى أيون أكسجين - من خلال الاتحاد مع الأربع إلكترونات الحرة - والتي تتحد مع الماء لتكوين أيونات الهيدروكسيل وفق المعادلة التالية:



ينتج عن إعادة مزج هذه الأيونات على السطح النشط التفاعل التالي، الذي ينتج منتج تآكل الحديد وهو هيدروكسيد الحديد. (يتمزج الحديد مع الأكسجين والماء ليكون هيدروكسيد الحديد)



يعد الشرح الأكثر شيوعاً لهذا التفاعل هو أنه تدفق تيار خلال الماء من القطب الموجب الأنود (الموقع الأكثر نشاطاً) إلى القطب السالب الكاثود (الموقع الأقل نشاطاً).

**كيف تقوم الحماية الكاثودية بإيقاف التآكل؟**

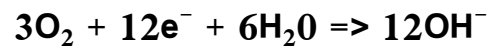
تمنع الحماية الكاثودية حدوث الصدأ عن طريق تحويل جميع المواقع الموجبة (النشطة) على سطح الحديد إلى مواقع سالبة من خلال تزويد تيار كهربائي (أو إلكترونات حرة) من مصدر بديل. ويأخذ ذلك عادة شكل أنودات جلفنة وهي أكثر نشاطاً من الحديد. يشار أيضاً إلى هذه الممارسة بالنظام الفدائي، حيث تُضحى أنودات الجلفنة بنفسها لحماية الحديد الهيكلي أو خط الأنابيب من التآكل.

وفي حالة أنودات الألومنيوم، يكون التفاعل على سطح الألومنيوم كالتالي:

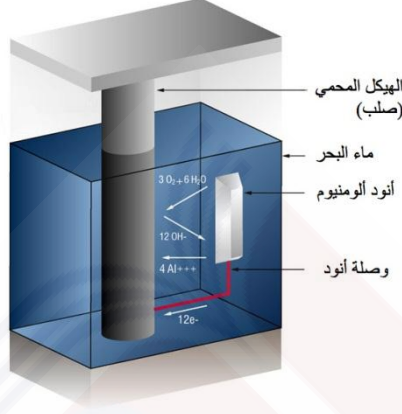
4 أيونات ألومنيوم بالإضافة إلى 12 إلكترون حرة <



وعلى سطح الصلب (غاز الأكسجين تحول إلى أيونات الأكسجين التي تتحد مع الماء لتكوين أيونات هيدروكسيل)



لا يحدث تآكل، طالما أن التيار (الإلكترونات الحرة) يصل إلى القطب السالب (الصلب) بصورة أسرع من وصول الأكسجين الشكل (1-6)



الشكل (1-6): نظام الأنود الفدائي CP في ماء البحر

### الاعتبارات الأساسية عند تصميم أنظمة الأنود الفدائية

يتحكم قانون أوم في التيار الكهربائي الذي يصرفه الأنود، وهو:  $I = E/R$

حيث:  $I$ : تدفق التيار بالأمبير،  $E$ : فرق الجهد بين الأنود والقطب السالب بالفولت

$R$ : المقاومة الإجمالية للدائرة الكهربائية بالأوم

سيكون التيار مرتفعاً في البداية لأن فرق الجهد بين الأنود والقطب السالب كبير، ولكن مع تناقص فرق الجهد نتيجة تأثير تدفق التيار في القطب السالب، فإن التيار يتناقص تدريجياً بسبب استقطاب القطب السالب.

تشمل مقاومة الدائرة الكهربائية كلاً من مسار المياه ومسار المعدن، بما في ذلك أي كابل في الدائرة الكهربائية. وتكون القيمة المهيمنة هنا هي مقاومة الأنود لمياه البحر.

بالنسبة إلى معظم التطبيقات تكون مقاومة المعدن صغيرة جداً بالمقارنة بمقاومة الماء بحيث يمكن تجاهلها. (يكون ذلك غير صحيح للزلاجات، أو خطوط الأنابيب الطويلة المحمية من كلا الطرفين).



وبشكل عام، تكون مقاومة الأنودات الطويلة الرفيعة أقل من مقاومة الأنودات القصيرة السمكية، حيث إنها تصرف كمية أكبر من التيار ولكنها لا تدوم لفترة مماثلة.

لذلك يجب على مصمم الحماية الكاثودية تحجيم الأنودات بحيث يكون لها شكل مناسب ومساحة سطح كافية لإخراج تيار كافٍ لحماية الهيكل، ويكون وزنها كافٍ لتدوم لفترة المطلوبة عند تصريف التيار.

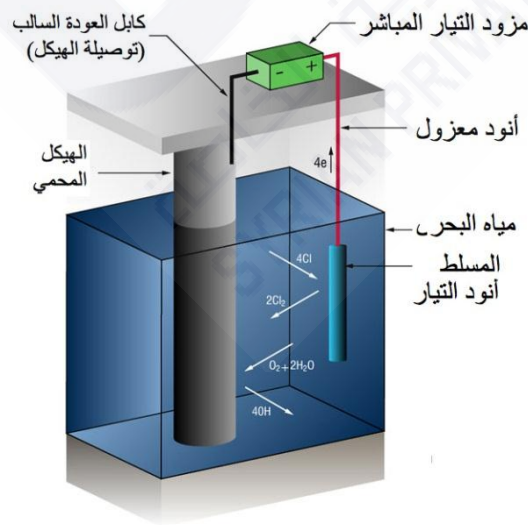
**وكقاعدة عامة:** يحدد طول الأنود مقدار التيار الذي يمكن أن ينتجه الأنود، وبالتالي عدد الأمتار المربعة من الصلب التي يمكن حمايتها.

يحدد القطاع العرضي (الوزن) مدى الوقت الذي يمكن للأنود خلاله المحافظة على هذا المستوى من الحماية

### . أنظمة الحماية الكاثودية بالتيار المسلط

أنودات من نوع معين لا يسهل إذابتها في الأيونات المعدنية، ولكنها تدعم تفاعلاً بديلاً، وهو أكسدة أيونات الكلوريد المذابة، يتم توفير الطاقة عن طريق وحدة تيار مباشر خارجية.

الشكل(2-6)



الشكل(2-6) نظام الحماية الكاثودية بالتيار المحول

كيف لنا أن نعرف عندما يكون لدينا ما يكفي من الحماية الكاثودية؟

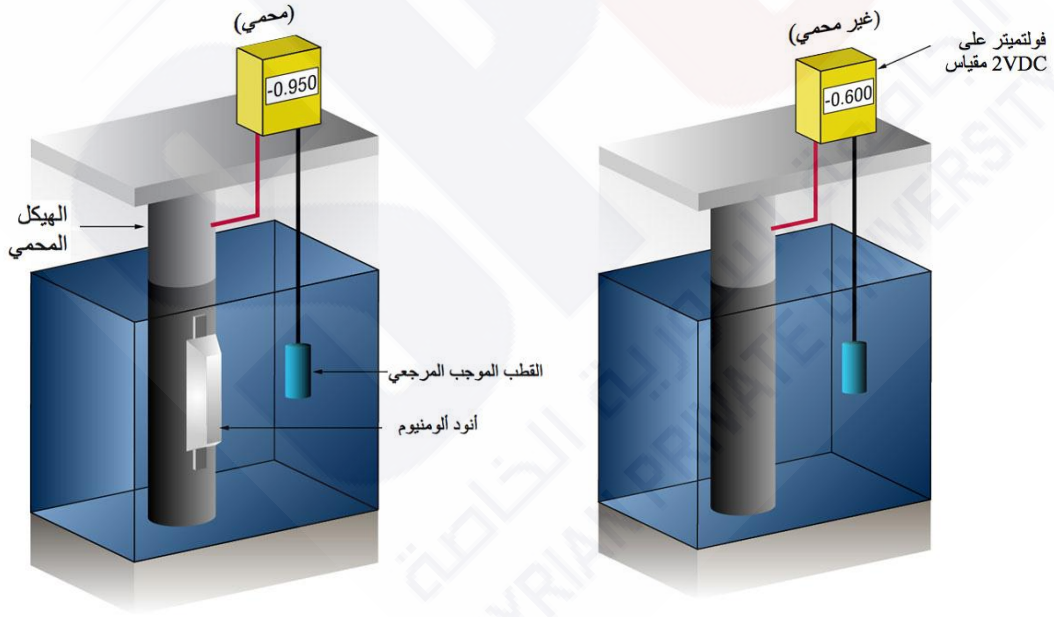
الفضة (Ag/AgCl sw.) ولكن في بعض الأحيان يكون هذا القطب هو الزنك (Zn sw.).

يعمل تدفق التيار في أي معدن على تحويل جهده العادي في الاتجاه السلبى.

لقد أثبت التاريخ أنه إذا تلقى الصلب تيارًا كافيًا لتغيير فرق الجهد إلى (-) 0.800 فولت مقابل الفضة/كلوريد الفضة، فإن التآكل يتوقف أساسًا.

نظرًا لطبيعة الأغشية التي تتكون، فإن الحد الأدنى لفرق الجهد (-) 0.800 فولت نادرًا ما يكون هو فرق الجهد الأمثل، ويحاول المصممون تحقيق جهد بين (-) 0.950 و (-) 1.000 فولت مقابل الفضة/كلوريد الفضة..

الشكل (3-6): قياس جهد الحماية الكاثودية (اليسار غير محمي - اليمين محمي)



الشكل (3-6): قياس جهد الحماية الكاثودية (اليسار غير محمي - اليمين محمي)