

Katodik Koruma Sistemi ile Korunan Boru hatlarında Gerçekleştirilen Ölçü ve Testler

1.Giriş:

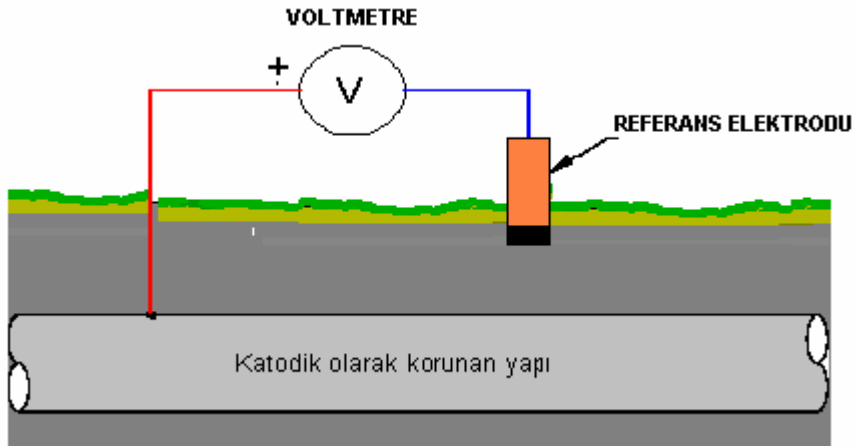
Metalik yapıların korozyondan korunması için tesis edilen katodik Koruma sisteminin gerekli performansa sahip olduğunu anlamak için aşağıda belirtilen testlerin gerçekteŐirilmesi gerekir.

1. Koruma seviyesi testi
2. Toprak özgül direncinin ölçümü
3. Akım ihtiyacı testi
4. Boru hattı akımlarının ölçümü
5. Enterferans testleri
6. Boru hattında kullanılan ekipmanların testi
7. Cihazlar ve enstrümanlar.

2. Koruma Seviyesi Testleri

Koruma seviyesi testleri katodik koruma sistemine sahip metalik yapıların katodik olarak korunma yeterliliğinin belirlenmesi için yapılır. Yapı katodik olarak korunduğunda korunan yapının potansiyeli kendisini çevreleyen ortama göre farklılık arz eder.

Koruma seviyesi korunan yapı ile çevresine yerleştirilen referans elektrodu arasındaki potansiyel farkı ölçülerek belirlenir.



Şekil 1: Yapının Potansiyelinin Ölçümü

Eğer korunan yapı toprağa gömülü ise ölçülecek potansiyel yapı ile toprak arasındaki potansiyel ,su içinde ise yapı ile su arasındaki potansiyeldir.

Ölçü yüksek dirence haiz voltmetrenin negatif ucuna referans elektrodu ,pozitif ucuna test edilecek çelik yapı kablolar vasıtasıyla bağlanarak ve referans elektrodu elektrolit(toprak veya su) temas ettirilerek alınır.

Toprakta ve tatlı suda bakır sulfat referans elektrodu ,tuzlu su veya deniz suyunda gümüş klorid referans elektrodu kullanılır.

Yanlış okumalardan sakınmak için kullanılan voltmetre normal şartlarda 10 milyon ohm giriş direncine , kayalık ve çok kuru ortam şartları altında 200 milyon ohm değerine kadar giriş direncine haiz olmalıdır.

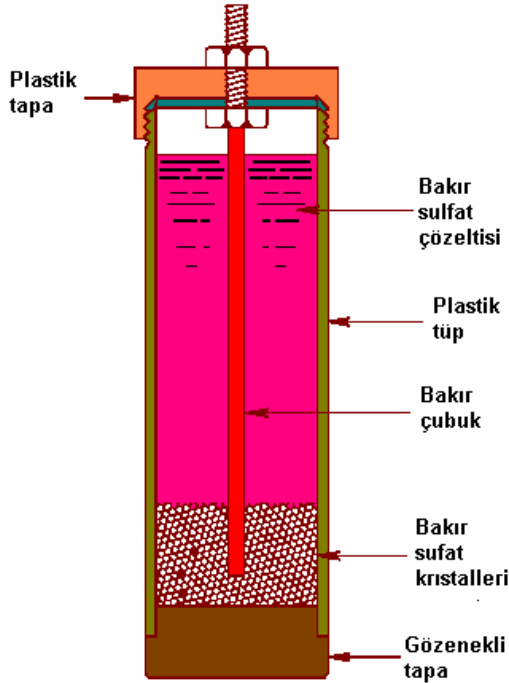
Toprağa gömülü çelik yapının katodik olarak korunması için gerekli potansiyel bakır sulfat referans elektrodu göre -0,85 Volt veya daha negatif, Deniz suyu içerisindeki çelik yapılarda ise gümüş klorid referans elektrodu göre -0,80 veya daha negatif olması gerekir.

2.1. Referans elektrodları

2.1.1. Bakır/Bakır sulfat referans elektrodu

Normal olarak çelik yapı toprak potansiyelini ölçmek için kullanılır.

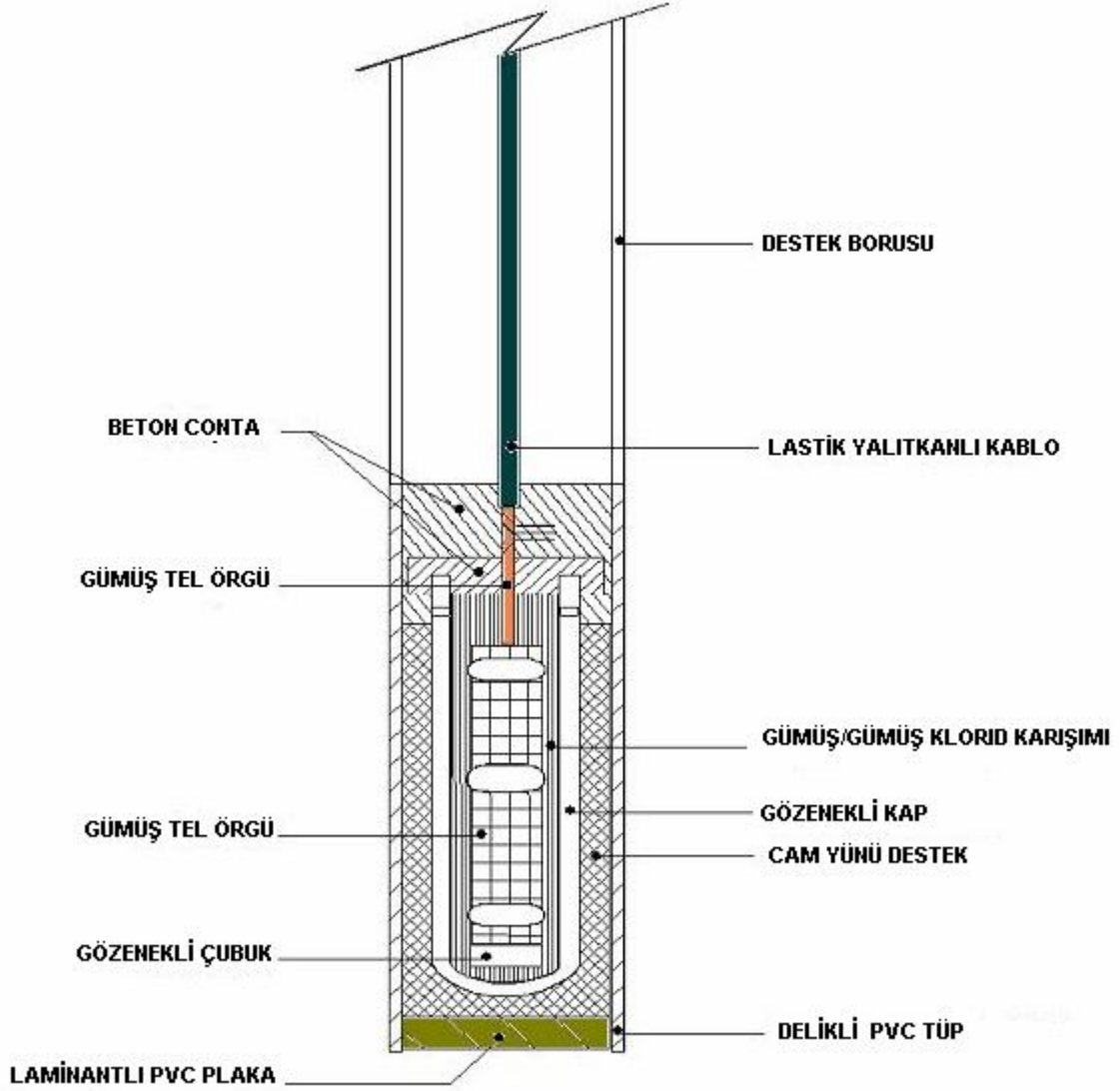
Bakır sulfat referans elektrodu esas olarak içi boş silindirin içine doldurulmuş bakır sulfat çözeltisi ve bunun içine daldırılmış elektrolitik bakır çubuktan meydana gelir. Gözenekli tapa toprakla temas ettirilir ve referans elektroduna bağlı kablo temas kutusundaki yapı ile bağlantılı klemensle bağlanarak toprak potansiyeli ölçülür.



Şekil 2: Bakır/Bakır sulfat elektrodu

2.1.2.Gümüş klorid referans elektrodu

Referans elektrodu bağlantı kablosu ile birlikte metalik gümüş ve gümüş kloritten meydana gelir. Bu eleman içine elektrolitin girmesine izin veren delikli plastik silindir vasıtasıyla korunur.



Şekil 2.1: Gümüş klorid referans elektrodu

Gümüş/gümüş klorid referans elektrodu özellikle deniz suyu veya yüksek klorid ihtiva eden sulardaki yapıların çelik –su potansiyelini ölçmede kullanılır.

2.3. Minimum korunma noktaları

Eğer bir yapı katodik olarak korunuyorsa korunan yapı ile toprak arasında bakır sülfat referans elektrodu ile ölçülen yapı-toprak potansiyelinin değeri en az -0,85V olmalıdır , yani başka bir deyimle yapı üzerinde ölçülen potansiyeller en az bu değerde ise yapının tamamı katodik olarak korunmaktadır.

Kaplama derecesi çok iyi olan hatlarda koruma akım ihtiyacı çok düşüktür ve topraktaki gerilim düşümü genellikle önemli değildir. Bu şartlar altında referans elektrodu kritik değildir. Buna rağmen çok iyi kaplamalı hatlarda da tesis sırasında hasarlar oluşur bundan dolayı bu gibi hatlarda bir kaç yerden ölçü almak doğru olacaktır. Bu okumalar karşılaştırıldığında pek az milivolt değerinde farklar mevcut ise referans elektrodu kritik değildir. Eğer önemli derecede farklar var ise ilave ölçüler alınarak minimum koruma noktalarının belirlenmesi gerekir.

2.4. Ölçüm hataları

Yapılarda gerçekleştirilen hatalı potansiyel ölçümlerinde beş hata kaynağı mevcuttur

- Referans elektrodunun doğruluğu
- Akım akışından dolayı meydana gelen IR düşümü yani gerilim düşümü
- Akım akışından dolayı anod grandyent alanının varlığı
- Referans elektrodu ile elektrolit(toprak veya su) arasındaki kötü temastan dolayı kontak geçiş direnci hatası
- Yabancı yapıların etkisi (potansiyellerin karışması)

2.4.1. Referans elektrodunun doğruluğu

Hatalı potansiyel ölçümlerinden sakınmak için referans elektrodunun güvenilir olması gerekir. Bunu sağlamak için kalibrasyon sertifikalı referans elektrod ile ölçümde kullanılacak referans elektrodunun tatlı su içine daldırılarak voltmetre vasıtasıyla karşılaştırılması gerekir. Karşılaştırma sonunda iki, elektrod arasındaki potansiyel farkı 5 milivoltu aşmamalıdır.

Bundan sonra söz konusu referans elektrodunun uygun şekilde bakımı esastır. Referans elektrodunun içindeki elektrolit (bakır sülfat veya gümüş klorid çözeltileri)kirli veya referans elektrodunun içindeki metal kirli veya oksitli ise referans elektrodunun potansiyeli değişir.

Geçerli ve ölçüm için gerekli şartlara haiz referans elektrodu potansiyel ölçümlerinin hepsinde kullanılmalıdır.

Ayrıca referans elektrodunun potansiyeli üzerine ortam sıcaklığının etkiside vardır. Her bir 1⁰C için yaklaşık olarak referans elektrodunun potansiyelinde 0,9 mV değişim mevcuttur. Şöyleki 21⁰C sıcaklıkta -0,85 V olan potansiyel değeri 4⁰C de -0,835 V olacaktır.

2.4.1.1 Referans elektrodunun temizlenmesi ve hazırlanması

Referans elektrodu doğru potansiyel değeri için uygun bir şekilde temizlenir ve hazırlanır. Uygun temizlenmeyen ve hazırlanmayan referans elektrodunun potansiyelinde önemli derecede farklılıklar vardır.

- a.) Temizleme: Referans elektrodu içindeki metal elektrod , metalik olmayan malzeme kullanılarak temizlenmelidir.Metalik kumlama kağıdı , eye , tel fırça bıçak ,zımpara gibi metalik temizleme metodları kullanılmamalıdır. Örneğin alüminyum oksit kumlama kağıdı kullanıldığında gözle görülemeyen alüminyum oksit parçacıkları veya tel fırça kullanıldığında yine gözle görülemeyen çelik parçacıkları metal elektrod üzerinde kalabilir.Bu ise elektrodun potansiyelinde değişikliğe yol açar. Bakır metalik elektrodun temizlenmesinde en uygun yol metalik olmayan kumlama kağıdı veya bez kullanmaktır. Bakır oksidin(yeşil renk)tamamı elektrod üzerinden kaldırılmalıdır.
- b.) Elektrolit çözeltisinin hazırlanması: Elektrolitin tamamı doymuş bakır sülfat çözeltisi olmalıdır. Çözelti referans elektrodunun tüpü içerisine konmadan önce damıtılmış su ile tüp iyice çalkalanarak temizlenmelidir.

Referans elektrodu içine yerleştirilen bakır sülfat kristallerinin hacmi yaklaşık tübün hacminin 1/3 ü olmalıdır. Geri kalan kısım damıtılmış su ile doldurulur. Bu işlem yavaş yavaş damıtılmış su ilave edilerek yapılmalıdır.

Uygun çözelti koyu mavi renktedir ve kuvvetli çalkalamadan sonra tübün içinde bakır sulfat kristalleri kalmışsa doymuş çözelti hazır demektir.

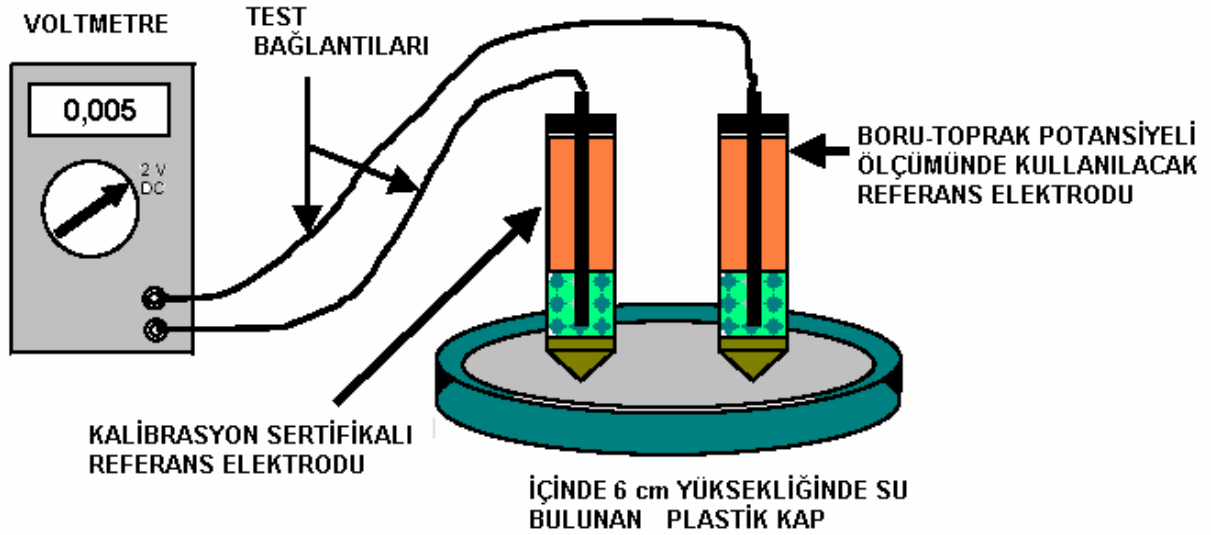
Eğer referans elektrodu daha önceden kullanılmışsa bunun tekrar kontrol edilmesi gerekir. Tüm parçalar çatlama ve bozunmalar açısından kontrol edilmelidir. Elektrolit çözelti kaçağı önlenmelidir. Şayet çözelti azalmışsa ilave edilmelidir ve uygun bir şekilde sızdırmazlık sağlanmalıdır.

c. Test

Referans elektrodunun doğruluğunu tesbit etmek için kalibrasyon sertifikalı başka bir referans elektrodu kullanılır . Bu iki referans elektrodu arasındaki potansiyel farkı milivolt kademesinde bir voltmetre kullanılarak her iki referans elektrodlarının birbirine birleştirilerek aralarındaki potansiyel farkı ölçülür. Potansiyel farkı 5 milivoltu aşmamalıdır.

Boru-toprak potansiyelinin ölçümünde kullanılacak referans elektrodunun kalibrasyonu aşağıda açıklanan işlem sırasına göre yapılır.

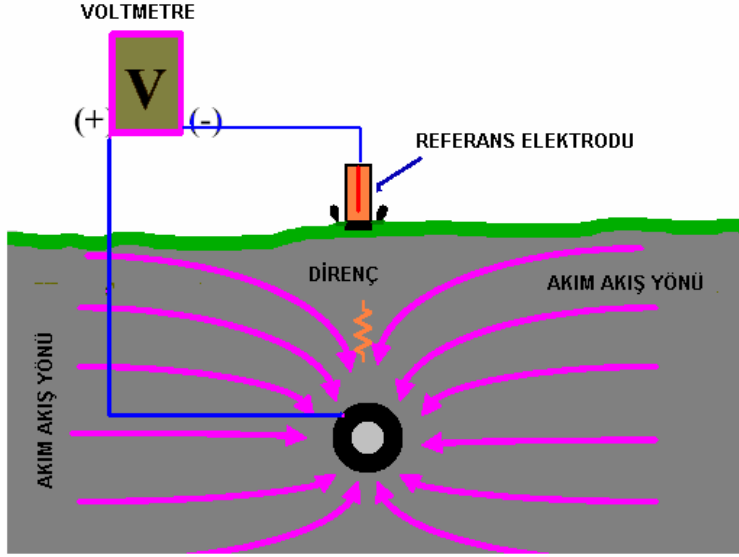
- Şekil 3: de gösterilen düzenek kurulur



Şekil 3: Referans elektrodunun kalibrasyonu için düzenek

- Dijital voltmetre doğru gerilim ölçüsüne ve ölçü kademeside 2 Volt değerine alınır.
- Boru-toprak potansiyeli işleminde kullanılacak referans elektrodu ile kalibrasyon sertifikalı referans elektrodu temiz ve metalik olmayan, içine 6 cm derinliğinde su bulunan kabın içine yerleştirilir. Kabın içindeki su kesinlikle damıtılmış saf su olmamalıdır. Referans elektrodlarının herbirinin alt uçları suya daldırılmış ve kesinlikle dik olarak yerleştirilecektir.
- Voltmetreden her iki referans elektrodu arasındaki potansiyel farkı okunur, eğer 5 mili volttan yüksek değerde potansiyel farkı okunursa ölçü işlemlerinde kullanılacak referans elektrodu uygun bir şekilde temizlenir ve potansiyel farkı 5 miliVolt veya daha aşağı değerde oluncaya kadar yeni çözelti ile tekrar doldurulur.
- Kalibrasyon elektrodunun kirlenmesini önlemek için test tamamlandıktan sonra kısa bir süre su içinde bırakılır.

2.4.2 IR düşümü veya Gerilim düşümü hatası



Şekil 4: IR Düşümü veya Gerilim düşümü hatası

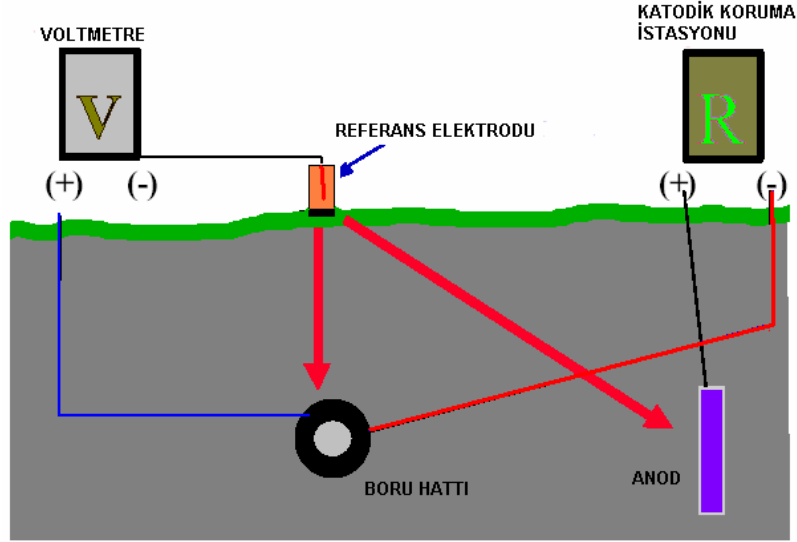
IR veya gerilim düşümü hatası elektrolit boyunca akan akım tarafından meydana getirilir. Bu hata elektrolit direnci, koruma akımı ve referans elektrodu ile yapı arasındaki mesafe ne kadar fazla ise söz konusu hata o kadar fazla olur. Bu hata negatif yönde gelişir, örneğin hata halinde ölçülen $-0,85$ Volt olan doğru gerilim hata için düzeltme yapıldığında $-0,75$ Volt olabilir.

2.4.3 Anod gradyent hatası

Test esnasında katodik koruma sistemine bağlı olan anodda oluşan gerilim gradyentleri yapı-toprak potansiyelinin ölçüm testinde ölçme hatasına neden olur. Bu hatanın miktarı anod gerilim ne kadar yüksek ve referans elektrodu ile anod arasındaki mesafe ne kadar az ise o kadar fazla olacaktır.

Katodik koruma sistemi devre direnci, anod sayıları ve elektrolit özgül direnci anod gradyent büyüklüğüne etki eder.

Devre direncinin yüksek, toprak özgül dirençleri fazla olması aynı zamanda anod sayılarının az olması ve anodların birbirine çok yakın yerleştirilmesi anod gradyentinin geniş olmasına sebep olur.

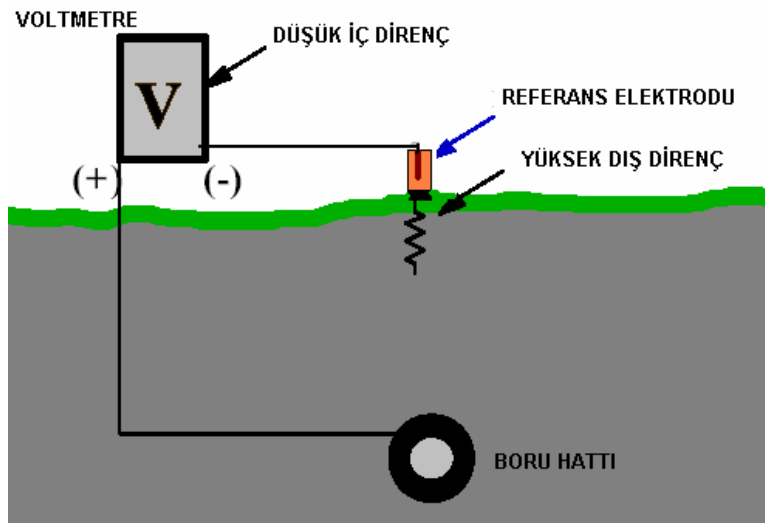


Şekil 5: Anod gradyent hatası

Referans elektrodunun yerleşim yeri gerçek yapı-toprak potansiyelinin belirlenmesinde başlıca faktördür. Bir dış akım kaynaklı katodik koruma sistemi ile korunan yapıda koruma sistemine ait anodlar korunan yapıya yeterli uzaklıkta değilse yapı-toprak potansiyeli anod potansiyeli ile karışık okunur. Ani OFF potansiyel ölçümü ile yani katodik koruma Transformator/Redresör ünitesinin enerjisinin kesilmesinden hemen sonra yapılan potansiyel ölçümünün yapılması ile bu ölçme hatası ortadan kaldırılır.

Anod gradyent hatası negatif yönde oluşur yani hata durumunda $-0,85\text{Volt}$ okunan yapı-toprak potansiyeli hata için düzeltme yapıldığında $-0,75\text{ Volt}$ okunabilir ve gerçekte yapı-toprak potansiyeli $-0,75\text{ Volt}$ ttur.

2.4.4 Temas direnci hatası



Şekil 6: Temas direnci hatası

Referans elektrodunun elektrolitle zayıf teması şeklinde ortaya çıkan hata şeklidir. Referans elektrodunun toprağa olan zayıf temas direnci kayalık ve kuru toprak şartları altında büyük problemdir. Bu nedenle kuru toprağa su uygulanır ve çok yüksek giriş dirençli voltmetreler kullanılır.

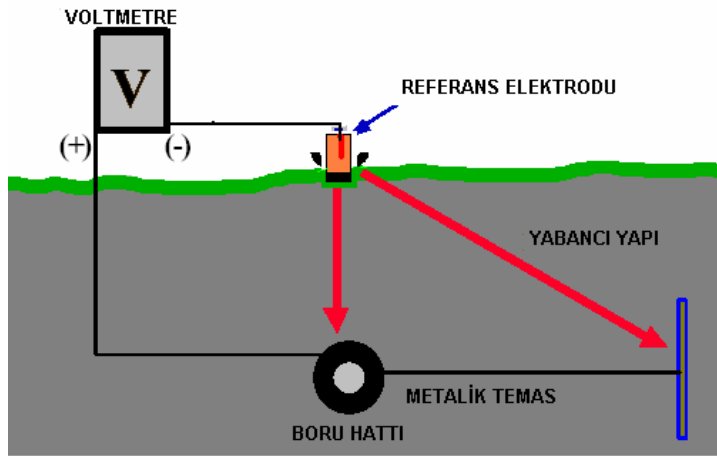
Katodik korumanın testlerinde kullanılan voltmetreler 1 milyon ohmdan 200 milyon ohma kadar seçici anahtarla ayarlanabilir giriş direncine sahip olmalıdır. Normal olarak 10 milyon ohm potansiyel ölçümü için seçilmiş skaladır daha sonraki seçimler voltmetre üzerindeki seçici anahtar kullanarak gerçekleştirilir.

Kademe değişiminde okunan potansiyellerin değeri değişmiyorsa okuma hatası verecek kadar temas direnci değeri önemli değildir. Eğer kademe değiştirildiğinde değişiyorsa sonraki daha yüksek giriş direnci kademesi seçilerek ve okuma değeri değişmeyinceye kadar devam edilir. En yüksek kademe hala değişim devam ediyorsa referans elektrodunun toprağa temas yerine su ilave ederek test işlemine yeniden başlanır.

Temas direnci hatası pozitif yönde meydana gelir. Örneğin hata şartları altında -0,85 Volt okunan potansiyel hata düzeltildikten sonra -0,95 Volt okunur.

Ölçü aletinin giriş direnci doğru bir ölçü okuyabilmek için temas direncinden çok daha fazla olması gerekir.

2.4.5 Karma potansiyel hatası



Şekil 7: Karma potansiyel hatası

Test uygulanan yapıya bağlı diğer yapıların potansiyeli ile test edilen yapının birbirine karışması sonucu ortaya çıkan hatadır. Hata test edilen ve katodik olarak korunan yapının kaplaması çok iyi ve diğer yapılar katodik koruma sisteminden izole değil ise önemli boyutlara ulaşır.

Genellikle pozitif yönde meydana gelir. Örneğin hatalı şartlar altında ölçülen -0,85 Volt doğru gerilim ,hatasız şartlar altında -0,95 Volt ölçülecektir.

Ancak bu hata eğer daha anodik yani daha negatif potansiyele haiz metalle temas olunursa negatif yönde meydana gelebilir.

2.5. Katodik koruma potansiyelinin Pratik ölçümleri

2.5.1 Test Kriterlerinin Seçimi

Potansiyel ölçümlerinde kullanılan test metodları ;yapıların tipleri ve okunan potansiyellerin değerlendirilmesi için ele alınan farklı kriterler için çok çeşitlilik arz eder.Bazı farklı kriterler aynı yapıların farklı alanları için de ele alınırlar.

Seçilen kriterler büyük bir çoğunlukla test edilen yapının tipine , izole veya izolesiz olma durumuna ,kaplama tipi ve kaplamanın verimliliğine , katodik korumanın tipine , toprak özgül direncine , katodik koruma sisteminden çekilen koruma akım miktarına ve test için elde bulunan cihazlara bağlıdır.

2.5.1.1. Galvanik Katodik Koruma Sistemi

Galvanik katodik koruma sisteminde test kriteri korunan yapının herhangi bir yerinde yapı-elektrolit potansiyelinin -0,85 Volt tan daha az olmamasıdır.

IR veya gerilim düşümü hatası ; ölçü sırasında referans elektrodu mümkün olduğu kadar çok yakınına boru hattı ölçmelerinde tam boru üzerine yerleştirmek ve referans elektrodunu ölçü sırasında mümkün olduğu kadar uzak tutarak giderilir.

Bundan sonra yapının kaplama şekli, anodlar arası açıklık ve anod boyutları , anod akım bilgileri, birlikte göz önüne alınarak galvanik katodik koruma sisteminin yeterliliği değerlendirilir.

Galvanik katodik koruma sistemi düşük toprak özgül direncine haiz (2000 ohm/cm den yüksek özgül toprak özgül direncine haiz yerlerde bu katodik koruma sistemi etkili değildir)ve kaplama seviyesi yüksek olan yapılarda kullanıldığından ve çok küçük sürme potansiyeline(1 Volt kadar)sahip olduğu için sistemden çok küçük bir akım akar ve bu nedenle IR hata seviyesi küçük olur.

Boyutları çok küçük ve izolasyon seviyesi yüksek vanalar, dirsekler gibi yapılarda 100 miliVolt polarizasyon kayma kriteri kullanılır.

Galvanik anodlu sistemin tamamı için tüm anodlardan akımın kesilmesini sağlayabilecek şekilde dizayn yapılmışsa 100 miliVolt polarizasyon kayması kriterine göre test yapılabilir.

- 0,85 Volt-OFF kriterine göre test çok nadir durumlar haricinde galvanik katodik koruma sisteminde gerçekleştirilemez. Bu nedenle 100 miliVolt polarizasyon kayması kriteri ve - 0,85 Volt-ON kriterine göre test yapılmalıdır.

2.5.1.2 Dış Akım Kaynaklı Katodik Koruma Sistemi

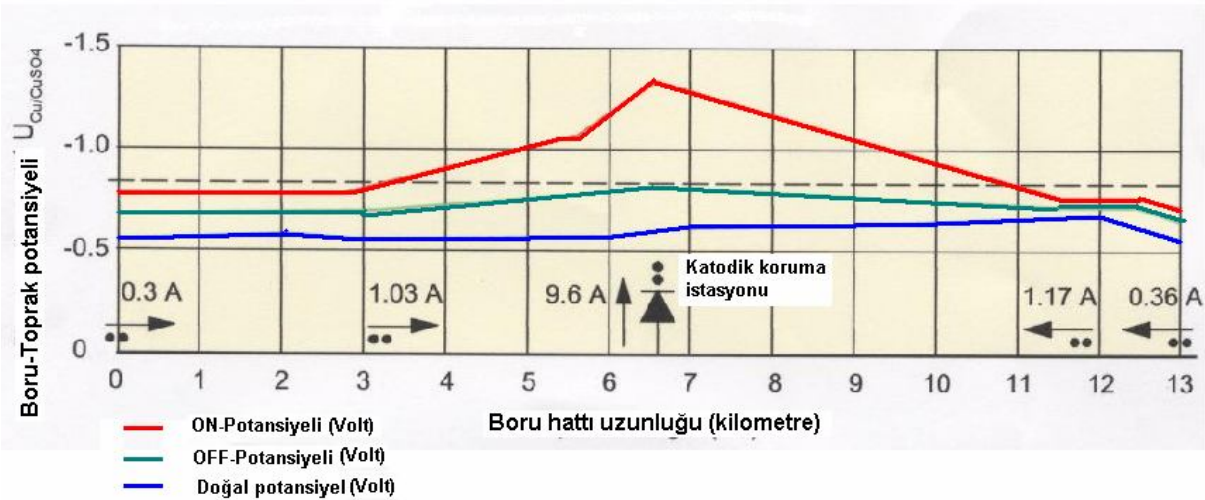
Dış akım kaynaklı katodik koruma sisteminde kullanılacak test kriterlerinin belirlenmesi için öncelikle anod yatağının tipidir.

- Pompa istasyonlarında uygulanan dağıtılmış anod yataklı dış akım kaynaklı katodik koruma sistemlerinde -0,85 Volt-OFF VE 100 milVolt polarizasyon kayma kriteri kullanılmalıdır. -0,85Volt-ON kriteri kullanılmamalıdır. Kaplamasız veya zayıf ve bozuk kaplamaya haiz yapıları korumak için tesis edilen katodik koruma sistemlerinde -100 miliVolt kriteri kullanılmalıdır.
- Boru hatları için uygulanan uzak anod yataklı dış akım kaynaklı katodik koruma sistemlerinde tüm kriterler veya kayma kriterleri uygulanır. Anodların test noktalarına uzak olduğu durumlarda elektrolit direnci düşük ,kaplamanın dielektrik dayanımı yüksek ve katodik koruma sisteminin toplam devre direnci düşük ise -0,85 Volt-ON kriteri IR-hatasını göz önünde bulundurmak kaydıyla yeterlidir.

Yapı kaplamasına ait dielektrik dayanımları ,yapının boyutu ,elektrolit özgül direnci ve katodik koruma dış akım kaynağından çıkan akım miktarı göz önüne alınarak katodik koruma sisteminin yeterliliği belirlenir.

Eğer bir şüphe varsa veya potansiyel okuma değerleri sorunlu ise başka kriterler uygulanır veya muhtemel IR-hatalarını azaltmak için geçici veya kalıcı referans elektrodunu kazı yapılarak yapının mümkün olan yakınına kadar yerleştirilir ve ölçüler tekrarlanır.

Kaplamasının dielektrik dayanımı yüksek olan yapılarda ; elektrolit özgül direncine anodlardan uzaklığa veya katodik koruma sistemi devre direncine bakılmaksızın -0,85 Volt-OFF kriteri rahatlıkla uygulanır. Bununla birlikte 100 miliVolt polarizasyon kayması kriteri uygulanır.



Şekil 8: Bitüm kaplı bir boru hattında ölçülen ON-OFF potansiyelleri

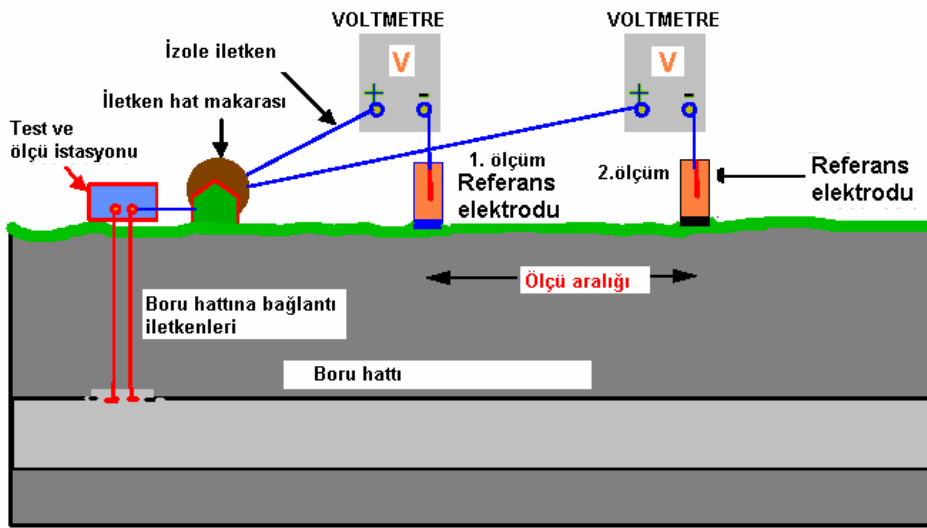
2.5.2. -0,85 Volt-ON Kriteri için Test Metodları (Tek elektrod potansiyel ölçümü)

Yüksek empedanslı veya yüksek iç dirençli (10mega ohm ve daha yukarı değerde) voltmetre kullanarak uygulanan yapı-elektrolit potansiyel ölçüm metodudur.

Voltmetrenin pozitif ucu testi yapılacak yapıya izole iletken hat vasıtasıyla bağlıdır ve voltmetrenin negatif ucu ise referans elektroduna bağlanır.

Bakır sulfat referans elektrodu da yapının yakınında (boru hattının tam üstünde)elektrolit yani toprak ve su ile temas ettirilir.

Testlerin gerçekleştirildiği esnada katodik koruma sistemi Transformator / doğrultucu ünitesi sürekli devrede olup sürekli olarak korunan yapıya koruma akımı vermektedir. Potansiyel ölçümleri yapılırken bölüm 2.4 de açıklanan ölçüm hataları göz önüne alınmalıdır.



Şekil 9: Tek elektrod metodu ile Potansiyel ölçümü

IR-hatalarının azalmasına veya başka bir deyimle korozyon miktarının yavaşlaması veya durması için gerekli faktörler.

- Yapıya ait kaplama direncinin yüksek dielektrik dayanıma sahip olması katodik koruma sisteminden verilen akımın az olmasına sebep olur. Akımın azalmasından dolayı IR-hatasıda azalır.
- Düşük elektrolit direnci. Özgüldirenç azaldığında katodik koruma sistemi devre direnci azalacağından IR-hatasıda azalır ve bununla birlikte anod gradyent hatasıda azalır.
- Yüksek pH derecesi (7-13).Yüksek pH dercesi korunan yapının yanında katodik koruma sisteminin var olduğunu gösterir.
- Düşük sıcaklık korozyon değerini azaltır.
- Çift metalli bağlantıların azaltılması veya mümkünse ortadan kaldırılması
- Enterferans korozyonunun azaltılması. Enerferans korozyonuna maruz yerlerde yapı-elektrolit potansiyeli hatalı okunur.

2.5.3 -0,85 Volt ani-OFF kriteri için test metodu

0,85 Volt-OFF potansiyeli ölçüm esnasında yapıdan katodik koruma akımı akmayacaktır. Bundan amaç söz konusu potansiyel ölçülürken olabilecek hataları kaldırmaktır.

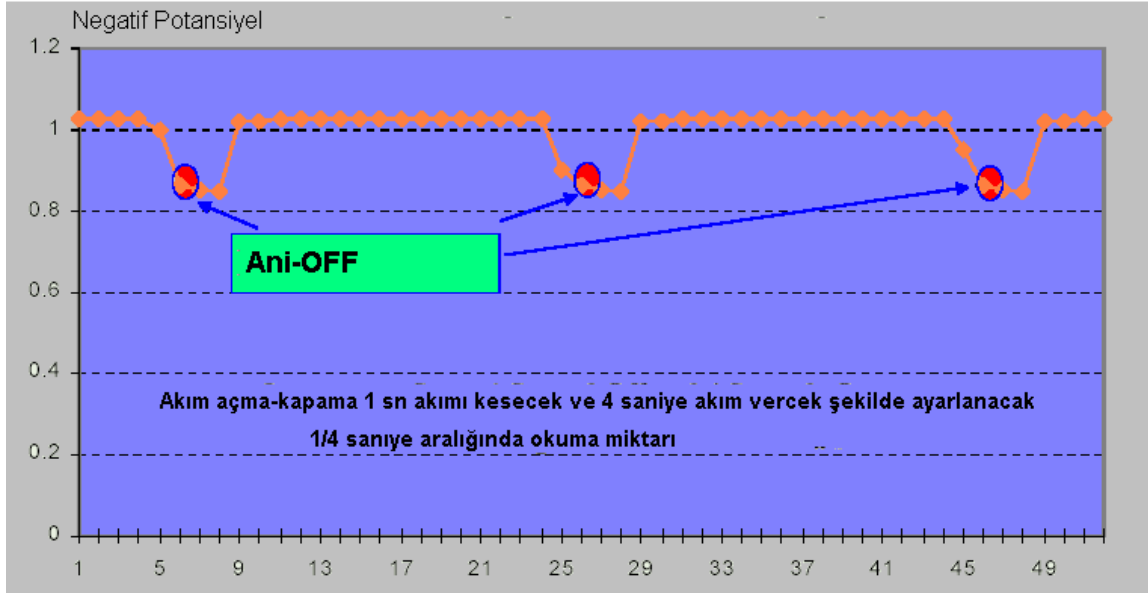
OFF potansiyeli ölçmesinde çeşitli metodlar uygulanır.

Ölçümler sonucu bakır sulfat referans elektroduna göre potansiyel -0,85 Volt ve daha fazla negatif değerde ise kriter sağlanmış demektir.

Ani-OFF potansiyeli ölçümü için kullanılan kullanılan test metodu kullanılacak ölçü cihazı tipi ve akım açma kapama (current interrupter) cihazı tarafından belirlenir.

Bu test metodunun kullanılmasıyla tüm IR-(gerilim düşümü) hataları ile anod gradyent hataları ortadan kaldırılır.

Bu akım açma –kapama işlemini yapmak için Katodik koruma istasyonunda bulunan Transformator/Doğrultucu ünitesi (kısaca T/R) açma kapama(current interrupter) cihazı ile donatılır. Söz konusu cihaz sayesinde 1 saniye korunan yapının koruma akımı kesilir ve 4 saniye süre ile yapıya koruma akımı uygulanır.



Şekil 10: Dijital voltmetre kullanarak potansiyel değerlerinin görüntülenmesi

2.5.3. Yapı-Toprak Potansiyeli Sınırları

Katodik koruma sistemi ile korozyona karşı korunan bir yapıda aşırı koruma gerilimi ve dolayısıyla meydana gelecek aşırı katodik koruma akımı katod yüzeyinde aşırı miktarda hidrojen gazı üretimine sebep olur. Eğer gaz üretimi hızlı ise bir kısmı kaplamadan çıkamayıp kaplamanın içine nüfuz eder ve kaplama içinde kabarcıklar meydana getirir. Kaplamada meydana gelecek tahribatın miktarı üretilen gazın miktarına ve kaplamanın cinsine bağlıdır. Kaplama tahribatı sonucu yapının elektrolitle temas edeceği çıplak yüzey artacağından anodla katod arasındaki direnç azalır ve devreden daha fazla akım akmaya ve daha fazla hidrojen gazı üretilmeye başlar. Sonuçta daha fazla kaplama tahribatı meydana gelir ve akım dağılımı için çok olumsuz durum ortaya çıkar.

Su depolama ve iç yapısında su bulunan petrol depolama tanklarında kullanılan kaplamalar bu türden tahribatlara çok müsaittirler Bu tanklarda emniyetli seviyede akım değerini sürdürmek çok önemlidir.

Kaplamalı tanklarda ölçülen -1,10 Volt –ON potansiyeli kaplama emniyeti açısından kritik bir değerdir yani -1,1,0 Volt üzeri negatif potansiyel kaplamanın tahrip olmaya başladığı izlenimini verir ve hemen Ani-OFF potansiyeli ölçülmelidir.

Toprak içindeki yapıların kaplamaları genellikle bu zararlara karşı dayanıklıdır. Toprak içindeki yapılarda ölçülen yapı-toprak ON potansiyeli ölçümündede bir çok hatalar vardır. Eğer ölçülen ON potansiyeli aşağıda verilen tablodaki değerlerin üzerinde ise ani-OFF potansiyel değerleri ölçülerek kaplamanın durumu incelenecektir.

Tablo 1: Toprak içinde bulunan yapıların potansiyel sınır değerleri

Ortalama özgül toprak direnci	Kaplama Tahribatı	
	Tahribat Şüphesi	Tahribat mevcut
2.000	-1,20	-1,80
3.000	-1,30	-2,20
5.000	-1,40	-2,50
10.000	-1,60	-2,70
15.000	-1,75	-2,75
20.000	-1,90	-3,00
30.000	-2,05	-3,30
40.000	-2.20	-3,60

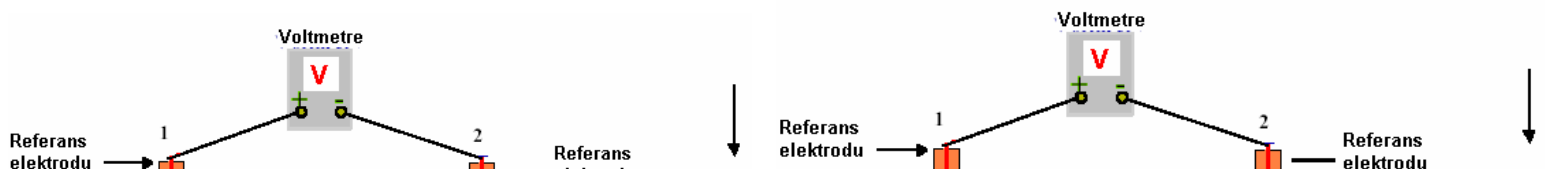
Kaplamalı yapılarda kaplama cinsine bağlı olarak katodik koruma drenaj noktasında uygulanması gereken azami katod potansiyel sınırları

- Füzyon bağlı (fusion bonded) kaplamalarda ani-OFF potansiyeli -1,07 Volt değerini aşmamalı ,kesinlikle -1,12 Volt değerinin üstünde olmamalıdır.
- Bitüm veya kömür katranlı (coal tar) kaplamalarda ani-OFF potansiyeli -1,12 Volt değerini aşmamalı ve kesinlikle -1,20 Volt değerini geçmemelidir.
- Plastik şerit kaplamalar için ani-OFF potansiyeli -1,02 Voltu geçmemeli ve kesinlikle -1,07 Volt değerini aşmamalıdır.
- Kaplamasız hatlar için hiçbir teorik sınır mevcut olmayıp bu sınır anodun çekebileceği azami akım ve anod ömrüne göre belirlenir.

2.5.4 . Adım-Adım Potansiyel Testi (Çift Elektrod Potansiyel Ölçüm Metodu)

Adım adım potansiyel test metodu topraktaki akım yönünü belirlemek özellikle katodik koruma sistemi vasıtasıyla korunmayan boru hatları üzerindeki anodik alanları ve anodik alan yönlerini belirlemek için uygulanır. Söz konusu test katodik koruma sistemi ile korunan yapılarda uygulanmaz.

Boru hattının tamamı için katodik koruma yapılmasının fizibl ve ekonomik olmadığı durumlarda bazen kısmi (Hot-spot) katodik koruma uygulanır.Bu test prosedürü bu tip boru hatlarında katodik koruma uygulanması gereken boru hattı üzerindeki anodik alanların belirlenmesinde kullanılır. İki referans elektrodu arasındaki potansiyel farkı akımın ve anodik alanın yönünü gösterir.

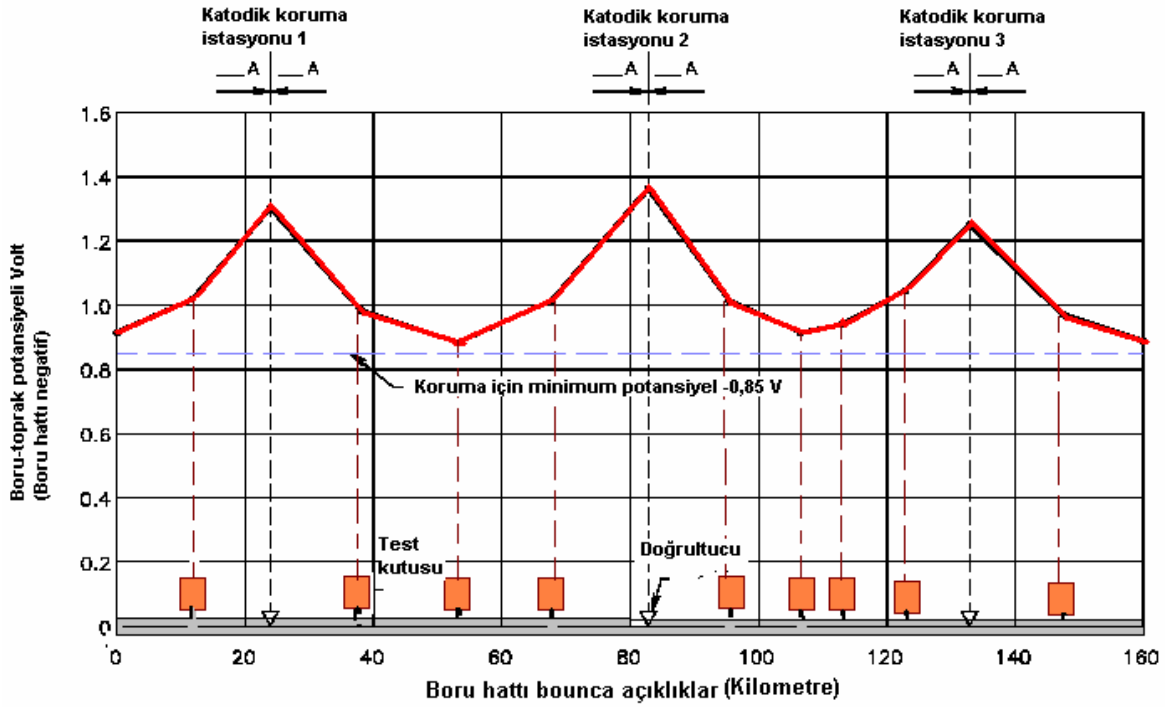


Şekil 11: Potansiyel pozitif olduğunda akımın ve boru hattı üzerindeki anodik alanın yönü

Şekil 12: Potansiyel negatif olduğunda akımın ve boru hattı üzerindeki anodik alanın yönü

Adım-adım(çift elektrodlu)potansiyel testi uygulandığında her iki referans elektrodunun uyumluluğu kesinlikle belirlenmelidir.Tüp tübe temas ettirilen referans elektrodları arasında okunan potansiyel farkı 5 miliVoltu aşmamalıdır.

2.5.5. Potansiyel Profili.



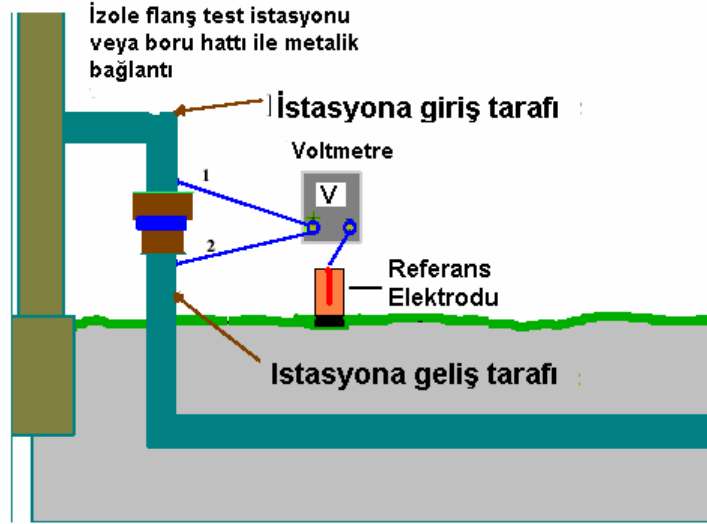
Şekil 13: Potansiyel profili

Boru hattında ölçülen boru-toprak potansiyeli değerleri ölçekli kağıt üzerine yerleştirilerek potansiyel profili çizilir. Kağıt üzerine katodik koruma istasyonlarının test kutularının ve diğer boru hattı elemanlarının yerleri açıklıkları işaretlenir. Boru hatından geçen akımların büyüklüğü ve yönü işaretlenir. Her ölçme işlemi için bu çizim tekrarlanır

ve daha önce çizilen potansiyel profilleri ile karşılaştırılarak boru hattının durumu incelenir.

3. İzole Flanşların veya İzole Kaplinlerin testi

Boru hatlarının toprak üstüne çıkışı ve istasyonlara girişi izole flanşlar vasıtasıyla gerçekleştirilir. Şekil 14 de görüldüğü gibi izole flanşın testi her iki tarafında bakır sulfat elektrodu ile potansiyel ölçümü yapılır.



Şekil 14: İzole Flanş Testi

Eğer her iki tarafında ölçülen potansiyeller arasında önemli bir fark mevcutsa (10 mili Voltun üzerinde) izole flanş uygundur. İzole flanşın istasyona geliş tarafında boru hattının topraktan boru hattına bağlı bölümü katodik koruma şartları altındaki potansiyelle haizdir ve potansiyelin değeri -0,85 miliVolt veya daha fazla negatiftir.

İstasyona giriş tarafında toprak üstündeki boru üzerinde yaklaşık -0,15 miliVolt ile -0,45 miliVolt arasında potansiyel mevcuttur. İzole flanşın her iki tarafındaki bölümler arasındaki potansiyel farkı 400 -700 mili Volttur.

Ancak izole kontrolü yapılan izole flanş uygun olup ve fakat istasyon tarafındaki borunun potansiyeli daha fazla negatif ise istasyonun diğer tarafında bulunan çıkış izole flanşında hata olduğu şüphesi ortaya çıkar ve istasyonundan çıkış izole flanşın kontrol edilmesi ve herhangi bir metalik temasın olup olmadığı kontrol edilmelidir.

İzole flanşın iki tarafında ölçülen potansiyeller arasında önemli bir fark(10miliVolttan az) yoksa izole flanş kısa devre olabilir. Bu nedenle ilave testler yapılması gereklidir.

Tercih edilen metod radyo frekanslı İzole flanş test cihazıdır.

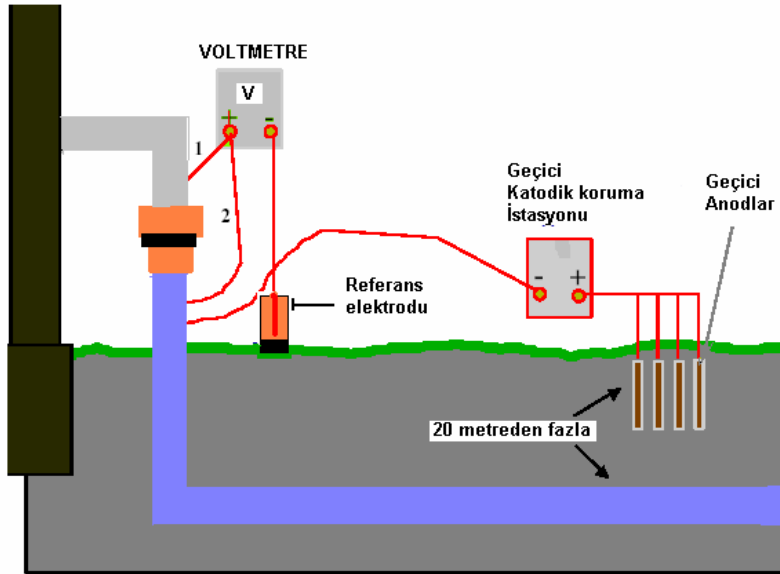
3.1. Radyo frekanslı İzole Flanş test cihazı ile yapılan test



Şekil 15: Radyo frekanslı İzole Flanş Test cihazı kullanımı

Bu metod en doğru ve en kesin sonucu veren izole flanş test metodudur. İzole flanş test cihazı üzerindeki ayar anahtarı göstergede üzerindeki kontrol ibresi sıfıra gelinceye kadar çevrilir ve ayar anahtarına dokunmadan test anahtarı çevrilerek cihaz test konumuna getirilir ve test yapılır.

3.2. Geçici Katodik Koruma İstasyonu Vasıtasıyla İzole Flanşın Test edilmesi



Şekil 16: Geçici Katodik Koruma İstasyonu ile test.

İstasyona geliş tarafında toprak içindeki boru hattının koruma akımını arttırmak için şekil 16 de görüldüğü gibi geçici katodik koruma istasyonu kurulur. Sadece mevcut sistemin akım seviyesi arttırılır. Durada dikkat edilmesi gereken husus test olan bölgeye doğru akım dağılımı yare geçici katodik koruma istasyonu tesis etmektir.

Bundan sonra akım arttırılarak izole flanşın her iki tarafındaki borunun bakır sulfat referans elektroduna göre potansiyeli ölçülür.

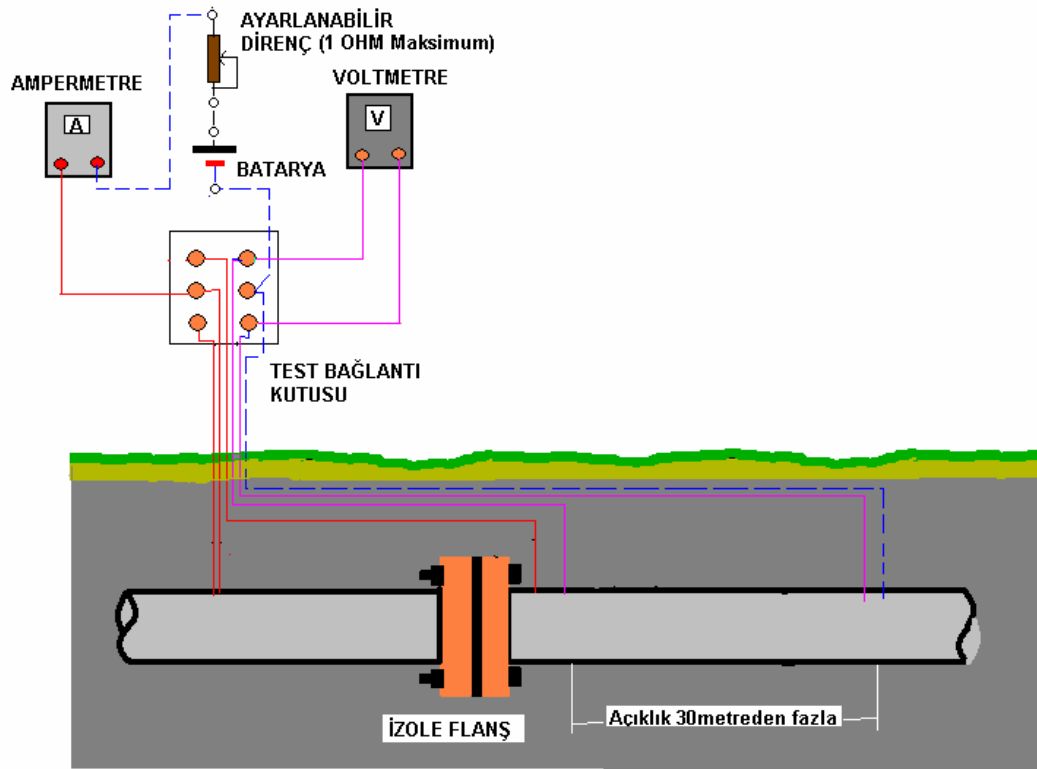
Eğer ölçüler sonucu izole flanştan istasyona giren borunun potansiyeli yaklaşık olarak aynı kalır veya pozitif yönde (negatifliğin azalması) değişir ve izole flanşın istasyona geliş

tarafında bulunan toprağa gömülü borunun potansiyeli negatif yönde artarsa izole flanş uygundur.

Her iki taraftaki potansiyel değişimi akım seviyesi arttırıldığında daha fazla negatif yönde değişirse izole flanş hatalıdır yani izolasyonu bozuk ve kısa devre olmuştur.

3.3 Toprak içindeki İzole Flanşların Testi

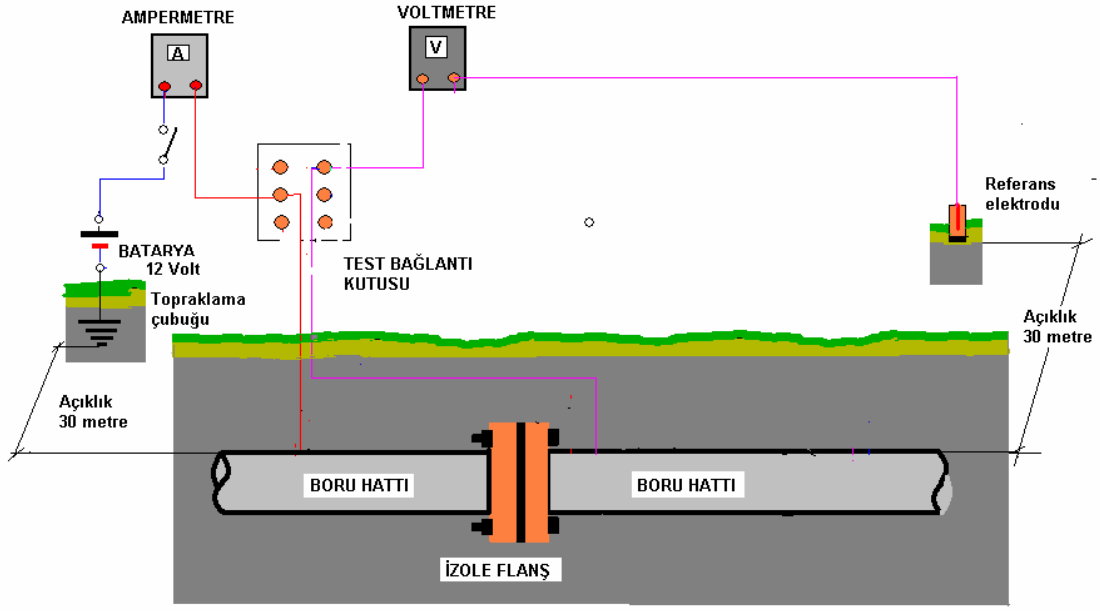
A.) 6 Hatlı Test İstasyonunda İzole Flanş Testi



Şekil 17: 6-Hatlı Test İstasyonunda İzole Flanşın Test edilmesi

Test esnasında hat bağlantılarında kopukluk olmamasına ve bağlantı sürekliliğinin var olduğu kontrol edilmelidir. Ayarlanabilir direnç vasıtasıyla akımın minimum 12 Amperi geçmesi sağlanır. Akım kaynağı ve direnç değerleri test şartlarına uygun seçilmelidir. Test esnasında voltmeterden ölçülen IR-(gerilim) düşümü değeri 0,1 miliVolt değerinden az ise izole flanş uygundur.

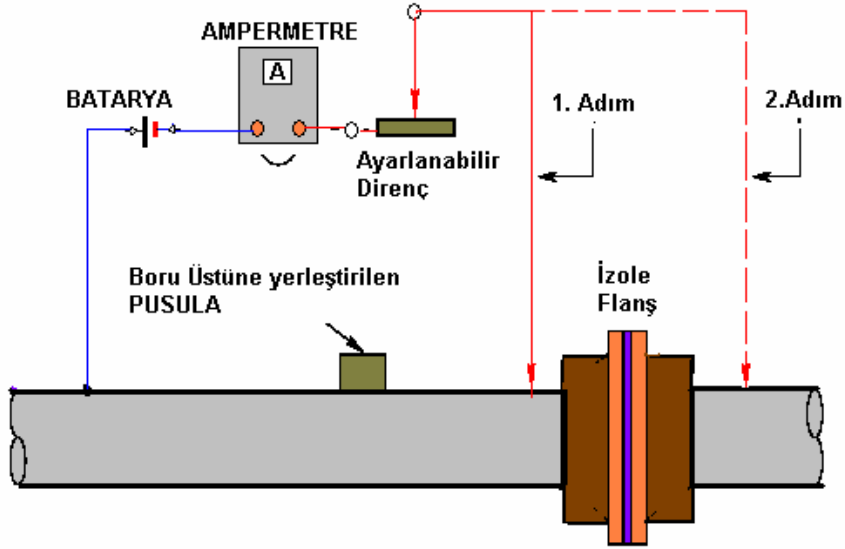
B.) İki Hatlı Test İstasyonunda İzole Flanş Testi



Şekil 18: İki Hatlı Test İstasyonunda İzole Flanş Testi
Devreye anahtar vasıtasıyla test gerilimi veya akımı uygulandığında voltmetre pozitif yönde değişim veya okuma göstermiyorsa izole flanş uygundur.

C.)Magnetik Pusula Metodu.

Bu metod izole flanş toprağa gömülmeden veya diğer ölçme sonuçları olumsuz olduğunda izole flanşın üzeri açıldığında uygulanır.



Şekil 19: Magnetik Pusula Metodu ile İzole Flanşın Test edilmesi

Bu test için bir adet ampermetre , ,magnetik pusula ,ayarlanabilir direnç,akü gereklidir. Test bağlantısı Şekil 19 da görüldüğü gibi yapılır.

1. Adımda direnç ayarlanarak ampermetreden akım akışı gözlenir devreden akım geçtiğinde boru üzerine yerleştirilen magnetik pusulanın ibresinde sapma gözlenecektir.
2. Adımda iletken izole flanşın şekilde görüldüğü gibi 2. tarafına temas ettirilecektir. Eğer bu durumda magnetik pusulanın ibresinde sapma görülüyorsa izole flanş uygundur.

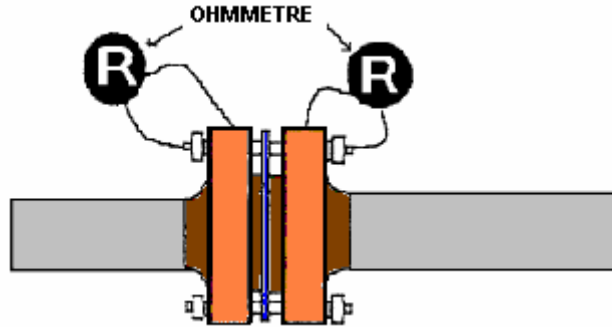
Test esnasında iletkenlerin boru hattına temas ettikleri noktalar izolesiz olmalıdır .Test bitiminden sonra bu noktalarda izolasyon tamirata yapılmalıdır.

Testin yapılması aşağıda açıklanan sıra ile gerçekleştirilecektir.

1. 1.Adımdaki bağlantılar yapılır.
2. Direnç ayarlanarak devreden yaklaşık 5 A geçmesi sağlanır.
3. Bir anahtar vasıtasıyla sıra ile devre açılıp kapatılır ve pusulanın ibresinin salınım yapıp yapmadığı izlenir. Eğer pusulanın ibresinde kayda değer bir hareket gözlenmiyorsa akım ayarlanabilir direnç vasıtasıyla tatmin edici şekilde bir hareket gözleninceye kadar artırılır.
4. Gerekli akım ve pusula ibresinin sapma miktarları kaydedilir.
5. Aynı tarzda şekil 15 de görülen 2. Adım bağlantısı gerçekleştirilir
6. Ayarlanabilir direnç daha önceden kaydedilen değerine getirilir veya daha hassas test için direnç değeri akım değerinin birkaç katına ayarlanır.
7. Sıra ile devre açıp kapanarak pusulanın ibresinin hareketi izlenir.Eğer flanşın izolasyonunda bir bozukluk var ise pusulanın ibresinde salınım izlenecektir.

D.) İzole Flanşın Bağlantı Elemanlarının İzolasyonunun Kontrolü

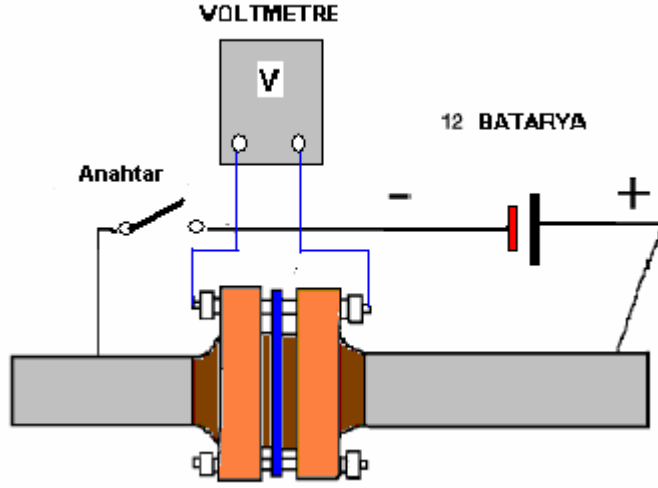
İzolasyon kontrolunda izole flanşlarda bir bozukluk bulunduğunda bozukluklar sıklıkla bağlantı elemanlarının(civata ,rondela ,manşon) izolasyonlarında raslanılmaktadır.



Şekil 20: İzole flanş bağlantı elemanlarının kontrolü

Bağlantı elemanları normal bir ohmmetre ile kontrol edilir. Direnç ölçümü flanş ile bu flanşta bulunan her bir bağlantı elemanı arasında yapılır. Eğer okunan değer pek az ohm veya sıfır ohm ise bağlantı elemanlarının izolasyonu bozuktur. Eğer bağlantı elemanlarının izolasyonu iyi ise ya flanşın contasının izolasyonu bozuk veya flanşın içinde kısa devre vardır.

Eğer izole flanşa ait civata flanşın bir tarafında izole edilmişse aşağıdaki şekile göre test yapılır .Devre bir anahtar vasıtasıyla açıp kapatılır .anahtar her açıldığında izole flanşın iki tarafında yüksek gerilimler meydana gelir.



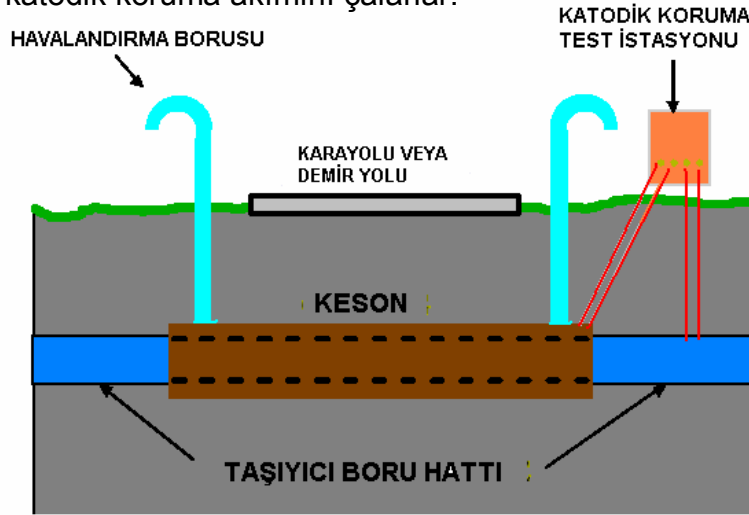
Şekil 21: İzole flanş bağlantı elemanlarının Voltmetre metodu ile kontrolü.

Voltmetrede gerilim okunursa bağlantı elemanının izolasyonunda hata vardır.

4. Keson Borularının Testi

Özellikle karayolu ve demir yolu geçişlerinde taşıyıcı boru hattı hattı keson borular içinde geçirilirler. Keson borular korozyon kontrolü açısından boru hattının en problemsiz ekipmanı olmasına rağmen bazı durumlarda taşıyıcı boru hattına ait katodik koruma sisteminde ciddi problemler meydana getirirler.

Taşıyıcı borular ile elektrolit üzerinden veya doğrudan galvanik temas dolayısıyla kısa devre yoksa boru hattı için bir kalkan görevi görürler. Eğer temas veya kısa devre varsa boru hattının katodik koruma akımını çalarlar.



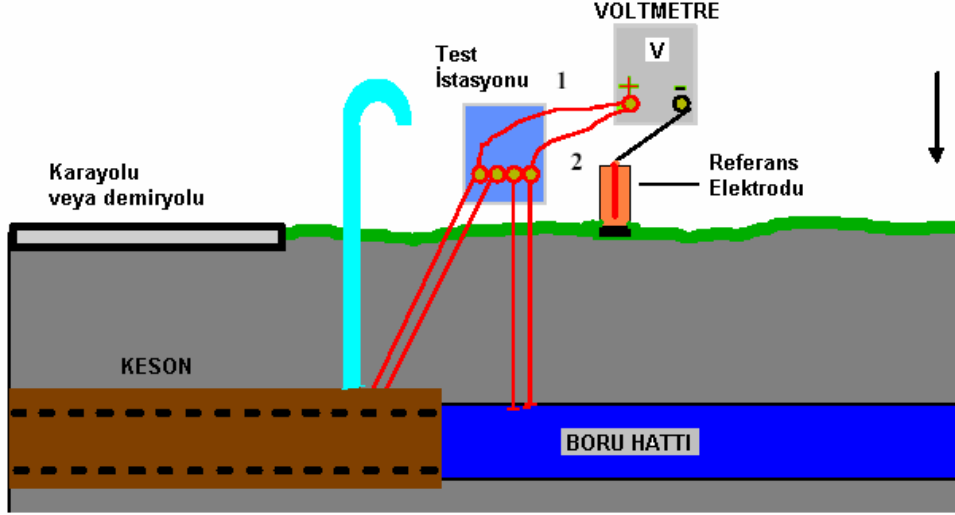
Şekil 22 : Tipik Keson Tesisi

Bu gibi şeylerden sakınmak için keson içine aralıklarla ve uygun boyutlarla yerleştirilen iletken olmayan takozlarla taşıyıcı borunun içinden geçtiği kesonla temas etmesini önlemek , ve keson borunun her iki giriş ucunu iletken olmayan malzeme ile contalıyarak kapatmak suretiyle su veya benzeri elektrolit malzemenin keson içine

sızmasını önleyerek keson ile, içinden geçen taşıyıcı boru arasında tam bir izolasyon sağlamaktır.

Kesonlar kaplamasız ve taşıyıcı borular ise iyi kaplamaya haizdir. Kesonların normal olarak bir veya her iki tarafında havalandırma boruları ve korozyon kontrol test kutusu vardır

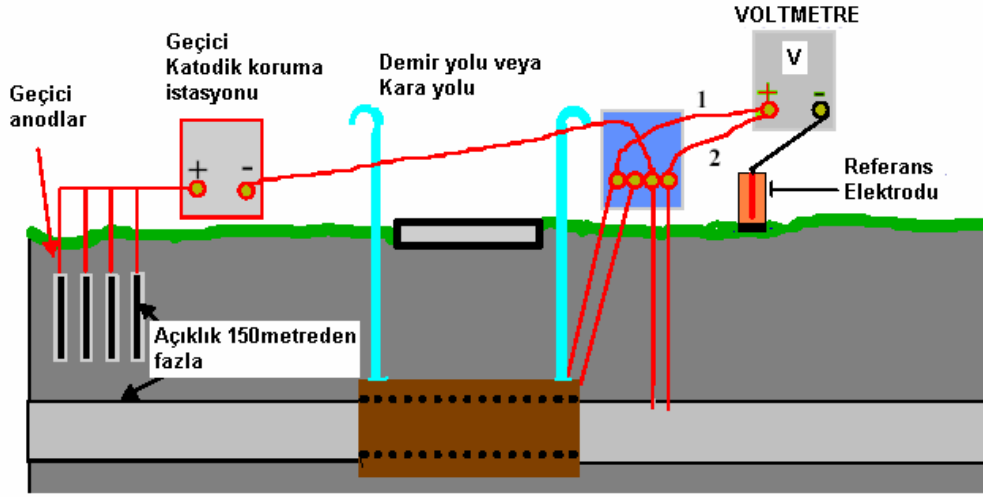
4.1. Katodik Koruma Uygulanmış Bir Boru Hattına ait Kesonun Testi



Şekil 23: Katodik koruma sistemine sahip boru hattı üzerindeki Kesonun Test edilmesi

Şekil 23 de görüldüğü şekilde boru hattının yapı-toprak potansiyelleri bakır sulfat referans elektroduna göre ölçülür.

- Ölçülen iki potansiyel arasında önemli bir fark varsa (10 miliVolttan yukarı) kesonla boru hattı arasında bir kısa devre yoktur. Normal olarak katodik koruma sistemi ile korunan boru hattının doru-toprak potansiyeli -0,85 Volt değerinin üzerinde negatif değerdedir. Keson-toprak potansiyeli yaklaşık -,035 ile -0,65 Volt potansiyele sahiptir. İki yapı arasındaki potansiyel farkı yaklaşık 100 ile 500 mili Volt arasındadır.
- Ölçülen potansiyeller arasında önemli bir fark yoksa (10 mili Voltun altında) Keson ile boru arasında kısa devre olabilir ve ilave test yapılması gerekir. Zira keson için galvanik anodlu katodik koruma sistemi var ise potansiyeller aşağı yukarı aynı değerde olabilir. İlave test boru hattından keson testi yapılan boru hattı bölümünden geçen koruma akım miktarını arttırmak suretiyle yapılır. Borudan geçen akım miktarı ya eğer mümkünse mevcut katodik koruma sisteminin drenaj noktası (katodik koruma istasyonundaki transformator/doğrultucu T/R ünitesinin - çıkışının boru hattına bağlandığı nokta) potansiyelini arttırmak suretiyle veya test yerine Şekil 24 de görüldüğü gibi geçici katodik koruma istasyonu tesis edilerek artırılır.



Şekil 24: Geçici katodik koruma istasyonu tesis ederek Keson Testi

Geçici katodik koruma sistemi kara yolu veya demir yolu geçişinde katodik koruma test kutusunun karşı tarafına tesis edilmelidir yani test kutusu ile geçici katodik koruma sistemi yolun ayrı taraflarında olmalıdır . Ayrıca geçici katodik koruma sisteminin geçici anodları borudan ve kesondan en az 150 metre uzağa tesis edilmelidir.

Borudan geçen akım arttırdıktan sonra yeniden boru-toprak ve keson-toprak potansiyel ölçümü yapılır.

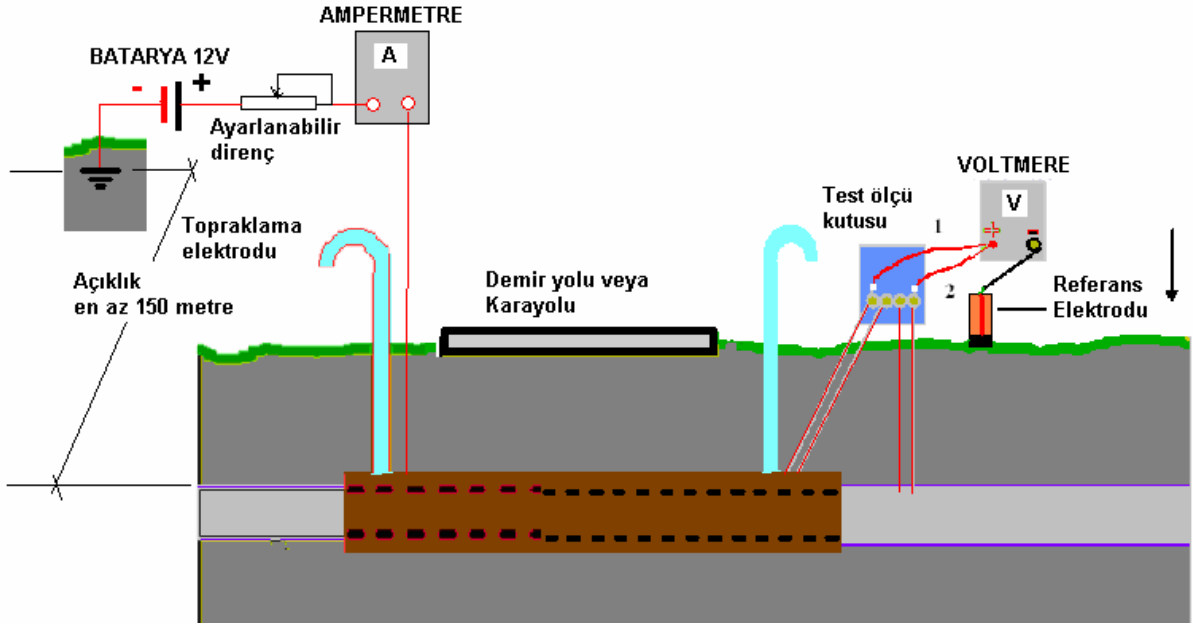
- Keson-toprak potansiyeli yaklaşık olarak aynı kalır veya pozitif yönde değişir (negatifliğin azalması) ve aynı durumda boru hattının boru-toprak potansiyeli negatif yönde değişirse kesonla boru hattı arasındaki izolasyon iyidir.
- Boru-toprak potansiyeli ile keson-toprak potansiyelinin her ikisinin birden değeri akım arttırıldığıda daha fazla negatif olursa boru hattı ile keson arasında kısa devre vardır.

4.1. Depolarizasyon Metodu ile Keson Testi

Bu test metodunda şekil 25 de gösterilen test düzeneği kurulur . Doğru akım kaynağı test kutusunun karşı tarafına yerleştirilir. Doğru akım kaynağının pozitif ucu ampermetre üzerinden kesona bağlanır ve diğer negatif ucu ise topraklama elektrodu vasıtasıyla keson ve boru hattına en az 150 metre uzaklıkta toprakla irtibatlandırılır.

Bakır sulfat referans elektrodu kesonun hemen sonlandığı yerde boru hattının üzerine yerleştirilir ve test süresince IR-(GERİLİM) düşüm hatalarından sakınmak için hiçbir suretle yerinden oynatılmamalıdır.

Çeşitli değerlerde akım uygulayarak kesonla toprak arasındaki potansiyel izlenir. Eğer iki yapı arasında elektriksel olarak metalik bağlantı yoksa boru ile keson arasında önemli derecede potansiyel farkları okunur. Test akımlarının uygulanma süresi , gerilim okuma süresi göz önüne alınarak boru hattının depolarize olmasını önleyecek miktarda olmalıdır.



Şekil 25: Depolarizasyon metodu ile Kesonun test edilmesi

Test esnasında en az üç akım artışı uygulanır. Bakır sulfat referans elektrodu ile akım uygulaman önce ve sonra boru-toprak ve keson toprak potansiyelleri okunur ve kaydedilir. Aynı şekilde uygulanan akım çıkışlarının belirlenmesi amacıyla akım çıkış değerleride kaydedilir.

Kesonla boru hattı arasında metalik bir kısa devre yoksa akım arttırıldıkça keson toprak potansiyelinde ,boru-toprak potansiyelinden daha az negatif potansiyel oluşmaya (pozitif yönde sapma)başlar. Boru-toprak potansiyeli sabit kalır veya negatifliğinde çok az bir azalma olur.

Bu test prosedürü yardımıyla direnç hesabı yapılarak keson-boru arasındaki izolasyon hakkında karara varılabilir.

R Ortalama direnç (ohm)

U_{BT} Akım uygulanmadan önce ölçülen boru-toprak potansiyeli (Volt)

U_{KT} Akım uygulanmadan önce ölçülen keson-toprak potansiyeli (Volt)

U'_{BT} Akım uygulandıktan sonra ölçülen boru-toprak potansiyeli (Volt)

U'_{KT} Akım uygulandıktan sonra ölçülen keson-toprak potansiyeli (Volt)

I Uygulanan akım değeri (Amper)

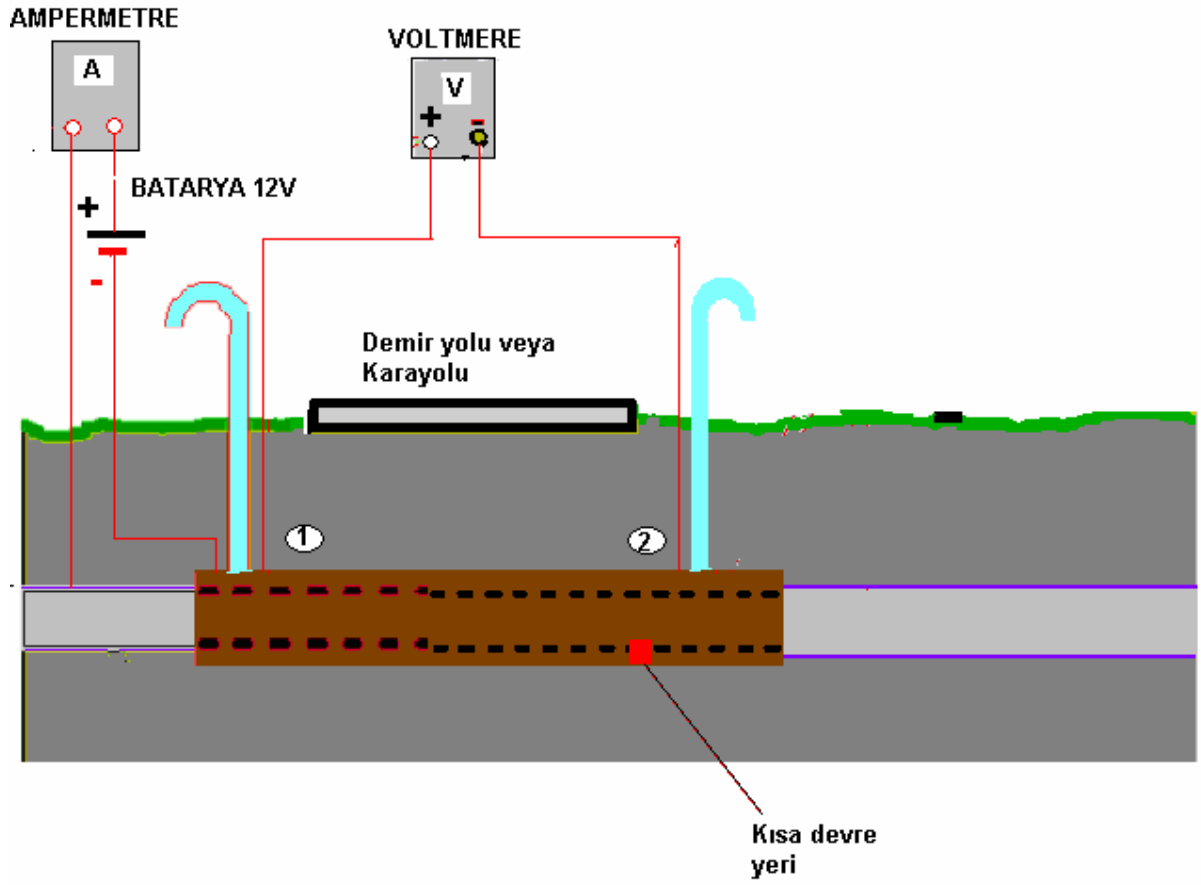
$$R = \frac{(U_{BT} - U'_{BT}) - (U_{KT} - U'_{KT})}{I} (\text{ohm})$$

Ortalama direnç değeri 0,08 ohm dan daha yüksek çıkarsa kesonla boru arasında metalik bir kısa devre yoktur. Ortalama direnç değeri 0,08 ohm dan az ise metalik kısa devre göz önüne alınır.

Direnç hesaplamaları sonucu bazen negatif değer olarak ortaya çıkar ve bu teknik olarak imkansızdır. Bu nedenle hesaplanan direncin mutlak değeri göz önüne alınır.

4.2 Keson Kısa Devre yerinin Belirlenmesi için Testler

Boru hattı ile Keson arasına Doğru Gerilim Uygulaması



Şekil 26: Boru hattı ile Keson arasına doğru akım uygulayarak kısa devre yerinin Bulunması

Şekil 26 de görülen bağlantılar gerçekleştirilir. Bataryadan gerilim uygulanmasıyla boru hattı ile keson arasındaki metalik kısa devre yerinden devresini tamamlayan bir akım geçer. Akım miktarı çok fazla ise akım devresine ilave ayarlanabilir direnç bağlanarak akım seviyesi ayarlanır.

Bataryadan geçen akım miktarı akım devresine bağlı ampermetrelerden okunur. Keson boyunca meydana gelen gerilim düşümü 1 ve 2 noktaları arasına bağlanan voltmeter ile okunur.

Ohm kanunu uygulanarak aşağıda verilen ifadeler yardımıyla kısa devre yeri belirlenir.

$$\Delta U = U_K - U_S \text{ (Volt)}$$

$$R_{1K} = \frac{\Delta U}{I} \cdot (\text{ohm})$$

$$L_{1K} = \frac{R_{1K}}{R} \cdot (\text{metre})$$

Burada

ΔU Gerilim farkı (Volt)

U_K Akım uygulandığında 1 ve 2 noktalarında okunan gerilim (Volt)

R_{1K} 1 noktası ile kısa devre yeri arasındaki direnç (ohm)

L_{1K} 1. noktası ile kısa devre yeri arasındaki mesafe

U_S Akım uygulamadan önce 1 ve 2 noktaları arasındaki gerilim (Volt) Boru hattı katodik olarak korunmuyorsa gerilimin değeri sıfır olacağından ölçülmesine gerek yoktur.

Ancak boru hattı katodik olarak korunduğu zaman U_S gerilim değeri mutlaka ölçülmeli ve ΔU gerilim farkı değeri esas alınarak bulunmalıdır. Bu işlem göz önüne alınmadan yapılan hesaplarda ekseriyetle kısa devre yeri uzunluğu keson boyundan daha uzun çıkmaktadır.

I Test esnasında devreye uygulanan akım (Amper)

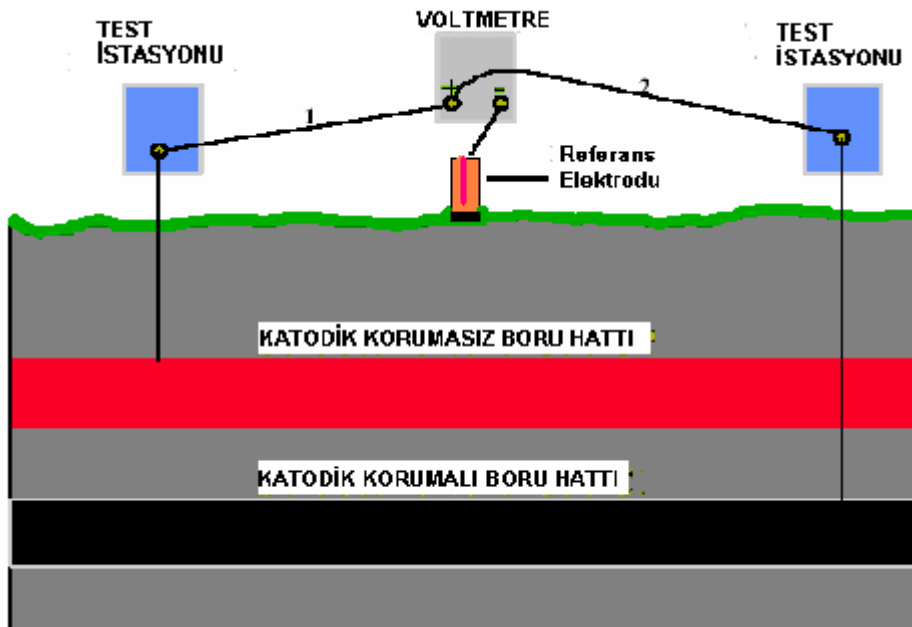
R Kesonun çapına, et kalınlığına ve malzeme cinsine bağlı birim metre başına ohmik direnci (ohm/metre)

5. Birbirine Yakın yapılar arasındaki Kısa Devreler İçin Testler

Birbirine yakın ve paralel giden boru hatları arasında boru hattı tesisi sırasında oluşabilecek borunun kaplamasında olan tahribatlarından dolayı devresini toprak üzerinden tamamlayan kısa devreler oluşabilir.

Kısa devreler katodik koruma sisteminde akım dağılımını olumsuz olarak etkiler. Bu durumu belirlemek için tercih edilen metod potansiyel metodudur.

5.1 Katodik korumalı ve katodik korumasız iki yapı arasında kısa devre için test



Şekil 27 : İki yapı arasındaki kısa devre testi

Şekil 27 de görüldüğü gibi referans elektrodu iki boru hattının ortasına yerleştirilir. her iki boru hattına ait ölçü kutusundan her iki boru hattına ait boru zemin potansiyeli ölçülür.

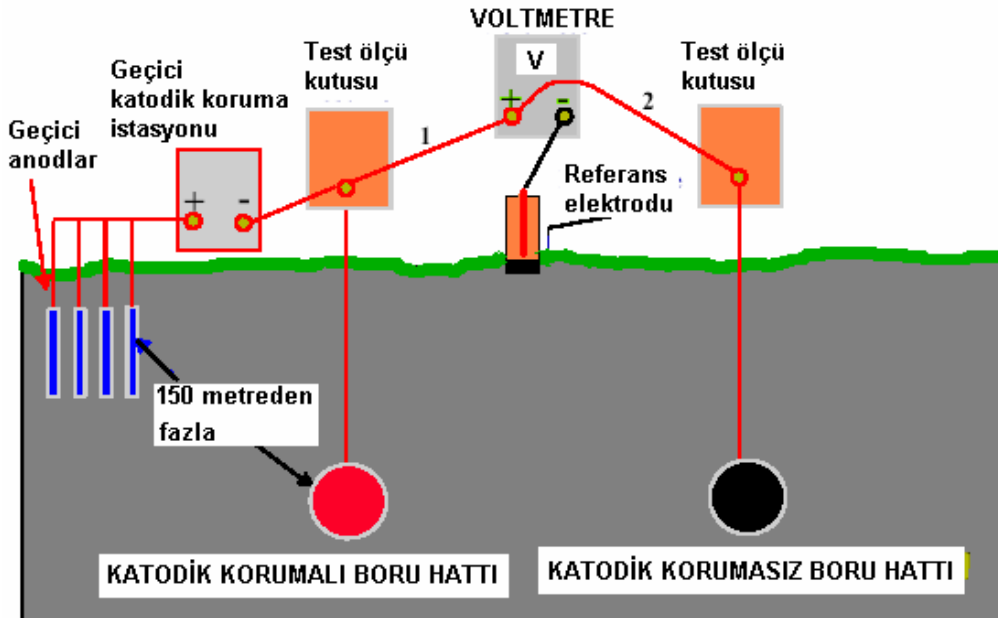
Potansiyel ölçüleri yapılırken referans elektrodu IR-gerilim düşümü hatalarından sakınmak için hiç hareket ettirilmeden her iki potansiyel ölçülmelidir.

Ölçülen boru-toprak potansiyelleri arasında önemli bir potansiyel farkı varsa (10 miliVolttan fazla) iki boru hattı arasında kısa devre yoktur.

Katodik korumalı hattın boru toprak potansiyeli -0,85 Volttan daha fazla negatif değerdedir. Katodik korumasız diğer yapının boru-toprak potansiyeli -0,35 Volt ile -0,65 Volt civarındadır olduğundan iki boru arasındaki potansiyel farkı yaklaşık 200 miliVolt ile 500 miliVolt arasında değişir.

İki boru hatında yapılan boru-toprak potansiyelleri ölçümü sonucu elde edilen potansiyel farkı önemli miktarda değilse (10 miliVolttan az) iki boru arasında kısa devre mevcut olabilir ve ilave test yapmak gerekir.

Test uygulaması Şekil 28 de görüldüğü gibi geçici katodik koruma istasyonu tesis edilerek veya eğer mümkünse katodik koruma sistemine haiz boru hattının drenaj noktası potansiyelini yükselterek boru hattından geçen koruma akımı artırılır.



Şekil 28 : Geçici katodik koruma istasyonu tesis edilerek iki boru hattı arasında kısa devre testi

Her iki boru hattının boru-toprak potansiyel ölçümleri tekrar edilir. Korumasız boru hattının boru-toprak potansiyeli aynı kalır veya pozitif yönde değişirse (negatifliğin azalması) ve bu durumda katodik koruma sistemine sahip boru hattının potansiyeli

negatif yönde artarsa iki boru hattı arasında kısa devre yoktur. Her iki boru hattının boru zemin potansiyeli negatif yönde artarsa iki yapı birbiri ile kısa devredir.

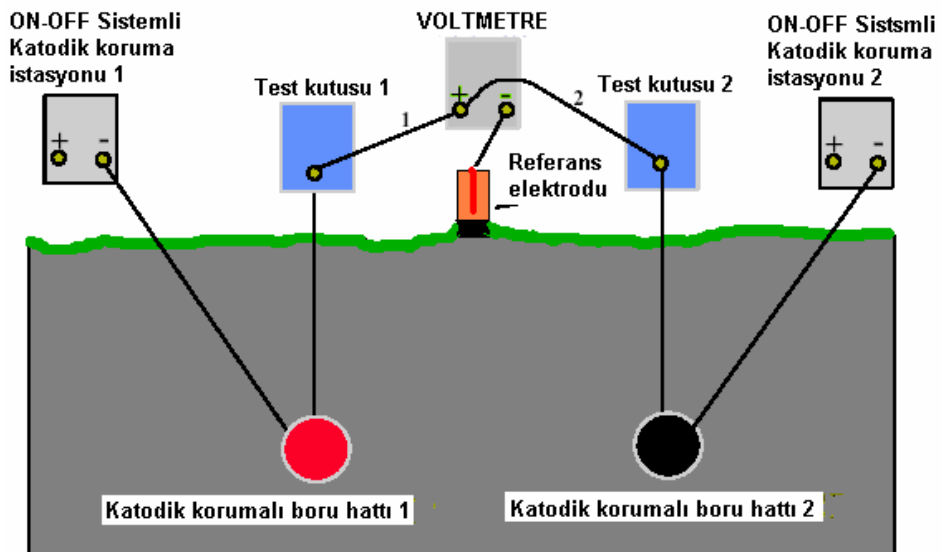
5.2. Katodik koruma sistemlerine sahip İki boru hattı arasındaki kısa devre testleri

Her iki boru hattına ait boru –toprak potansiyelleri yukarıda açıklandığı şekilde ölçülür. Referans elektrodu her iki ölçüm yapılırken aynı noktada hareket ettirilmeden tutulur.

İki boru hattının ölçülen boru-toprak potansiyelleri arasında 25 mili Voltun üzerinde olmak kaydıyla önemli miktarda potansiyel farkı varsa iki boru hattı arasında metalik bir kısa devre yoktur.

Her iki boru hattında normal şartlar altında -0,85 Volttan daha negatif değerde boru-toprak potansiyeli mevcuttur

Eğer iki boru hattına ait ölçülen boru-zeminpotansiyeli arasındaki fark 25 miliVoltun altında ise iki boru hattının arasında kısa devre olabilir ve ilave test yapılması gerekir.



Şekil 29: Katodik koruma sistemine ait iki boru hatında kısa devre Testi

Katodik koruma sistemine sahip boru hatlarından birinin katodik koruma istasyonu T/R ünitelerinden (Transformator/Doğrultucu) birisi devre dışı edilerek boru hatlarından birinin koruma akımı kesilir. Boru-toprak potansiyel ölçümleri her iki boru hattı için tekrarlanır.

Eğer katodik koruma sistemi devrede olan boru hattının ölçülen boru-toprak potansiyeli aynı kalır veya katodik koruma sistemi devre dışı edilen boru hattının potansiyeli pozitif yönde değişirken (negatifliği azalırken) katodik koruma sistemi devrede olan boru hattının

boru toprak potansiyeli negatif yönde değişiyorsa(negatifliği artıyorsa)boru hatları arasında metalik bir kısa devre yoktur.

Eğer katodik koruma sistemlerinden birisi devre dışı edildiğinde her iki boru hattına ait boru-toprak potansiyeli pozitif yönde değişiyorsa veya her iki boru hattına ait boru-toprak potansiyellerinin büyüklüğü aynı kalıyorsa bu iki boru hattı arasında metalik bir kısa devre mevcuttur.

Aşağıdaki tablo 2 de söz konusu testler için tipik örnek değerler verilmiştir.

Boru hatları kısa devre			
Katodik koruma Sistemi 1	Katodik koruma Sistemi 2	Boru hattı 1	Boru hattı 2
ON	ON	-0.955	-0.965
ON	OFF	-0.745	-0.750
OFF	OFF	-0.550	-0.550
OFF	ON	-0.750	-0.750

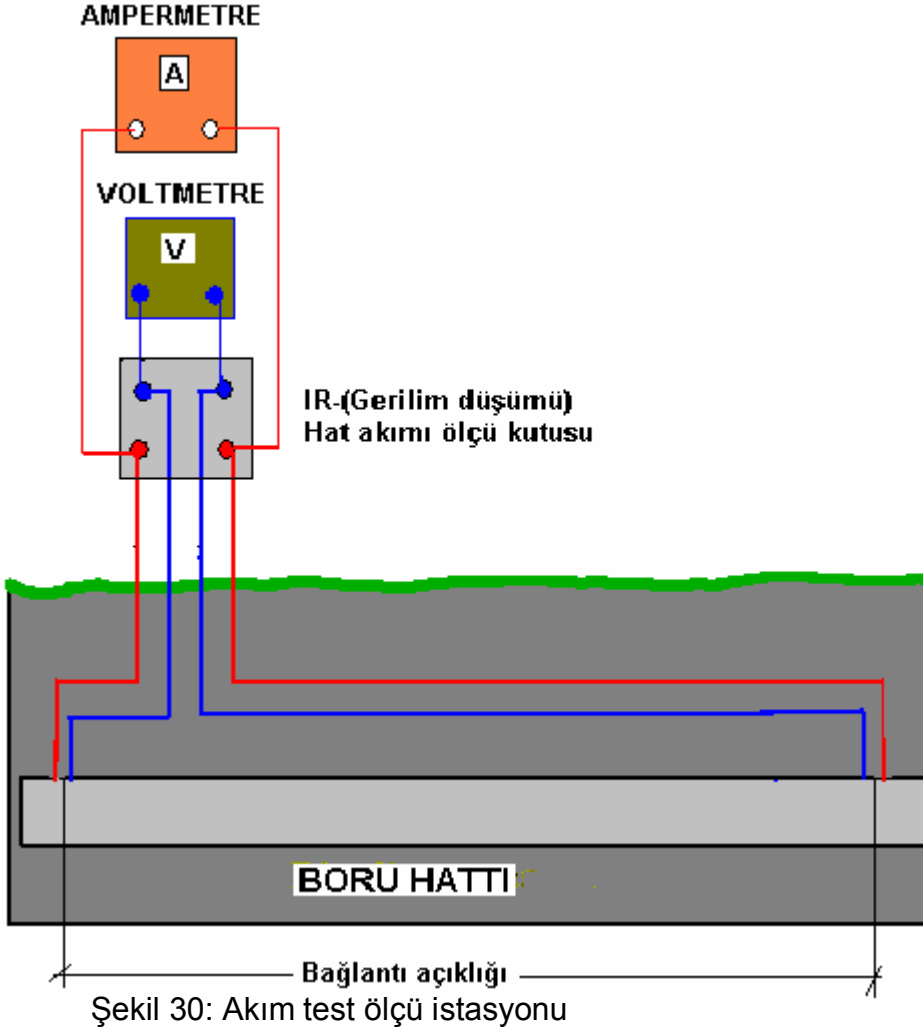
Boru hatlarında kısa devre ve enterferans yok			
Katodik koruma Sistemi 1	Katodik koruma Sistemi 2	Boru hattı 1	Boru hattı 2
ON	ON	-0.955	-0.965
ON	OFF	-0.955	-0.555
OFF	OFF	-0.545	-0.555
OFF	ON	-0.545	-0.965

Boru hatlarında kısa devre yok enterferans var			
Katodik koruma Sistemi 1	Katodik koruma Sistemi 2	Boru hattı 1 Deşarj alanı	Boru hattı 2 Çekme alanı
ON	ON	-0.955	-0.965
ON	OFF	-0.965	-0.565
OFF	OFF	-0.545	-0.555
OFF	ON	-0.535	-0.955

Tablo 2 :

5. Akım Ölçü Test İstasyonları

Akım ölçü test istasyonları boru hattı üzerinden akan akımın büyüklüğünün ve yönünün belirlenmesi için hayati öneme sahip katodik koruma test ölçü istasyonlarıdır.

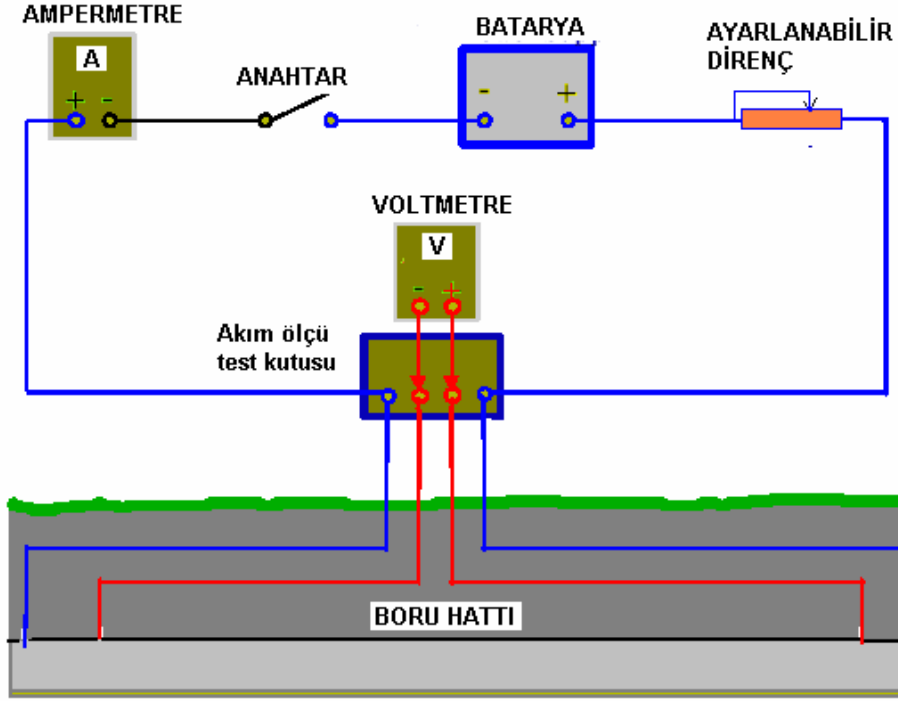


Şekil 30: Akım test ölçü istasyonu

Katodik koruma sistemi ile korunan hatlarda akım test ölçü istasyonu boru hattındaki akım dağılımının incelenmesi , kaçak veya enterferans akımlarının belirlenmesi ve tesis edilen transformator/doğrultucu (T/R) ünitesinin ve anod yatağının etkisini belirlemede kullanılır.

Bu test kutusu vasıtasıyla belirli bir miktarda akım uygulandığında veya borudan belirli bir miktarda akım geçtiğinde şekil 29 da görülen bağlantı açıklıklarında ki gerilimdüşümü ölçülür. Bağlantı açıklıkları arasındaki mesafe ve boru hattının boyutları bilindiğinde direnç bulunabilir.

Tercih edilen metod ise test akımı kullanarak boru hattının direncini ölçmektir. Teste uygulanacak akım miktarı boru hattının çapına ve bağlantı açıklığının mesafesine bağlıdır. Geniş boru hatlarında yüksek değerlerde akım gereklidir. Akım test ölçü istasyonunda bağlantılar arasındaki açıklık az ise gerekli gerilim düşümünü sağlamak için yüksek akım gereklidir.



Şekil 31: Akım test ölçü istasyonundan direnç ve kalibrasyonun belirlenmesi

Akım ölçü kutusu iki ölçü devresinden meydana gelir. Dıştaki devreden ampermetre vasıtasıyla akım ölçülür. Doğru akım beslemesi bir anahtar vasıtasıyla(ON-OFF) sağlanır ve değişken direnç yardımıyla ölçmelerde akım ayarlaması yapılır.

İç devreden giriş direnci yüksek (10 mega ohm dan fazla) mili volt skalasında bir voltmetre ile devrenin gerilim düşümü ölçülür.

Boru hatlarının üzerinden doğası itibarıyla bir akım geçer.Bundan dolayı gerilim düşümündeki her değişme borudan geçen test akım miktarıyla karşılaştırılır.

Bu nedenle boru hattında akım ölçü kutusunda her ölçümden önce şekil 31 de görülen düzenerk ile akım ölçü kutusundaki test bağlantı açıklıklarının direnci ve akım ölçü kutusunun kalibrasyon faktörünün bulunması gerekir.

Bağlantı açıklık direncinin ve kalibrasyon faktörünün bulunması için aşağıdaki işlemler yapılır.

- Ölçü işleminde polarite borudan akan akımın yönünün belirlenmesi için çok önemlidir. Bu nedenle doğru akım güç kaynağının bağlantı polaritesine dikkat edilmesi gerekir.
- Ölçmeler yapılmadan eğer boru hattı katodik koruma istasyonuna bağlı ise devreden çıkartılır ve akım kesilir. Dış devreden akım kesildiğinde şekil 31 de görülen iç devreden gerilim mV olarak okunur ve kaydedilir.
- Şekil 31 de görülen dış devreden düşük seviyeden akım verilmeye başlanarak direncin değeri ayarlanmak suretiyle akım test değerine kadar artırılır. Uygulanan test akımının değeri kaydedilir.
- Bu anda iç devredeki gerilim düşümü mV olarak kaydedilir.

e.) Aşağıda verilen ifadeler uygulanarak direnç ve kalibrasyon faktörü değerleri belirlenir

Bağlantı açıklıkları arasındaki direnç

$$R_S = \frac{U_{ON} - U_{OFF}}{I_S} = \frac{\Delta U}{I_S} \text{ (ohm)}$$

Kalibrasyon faktörü

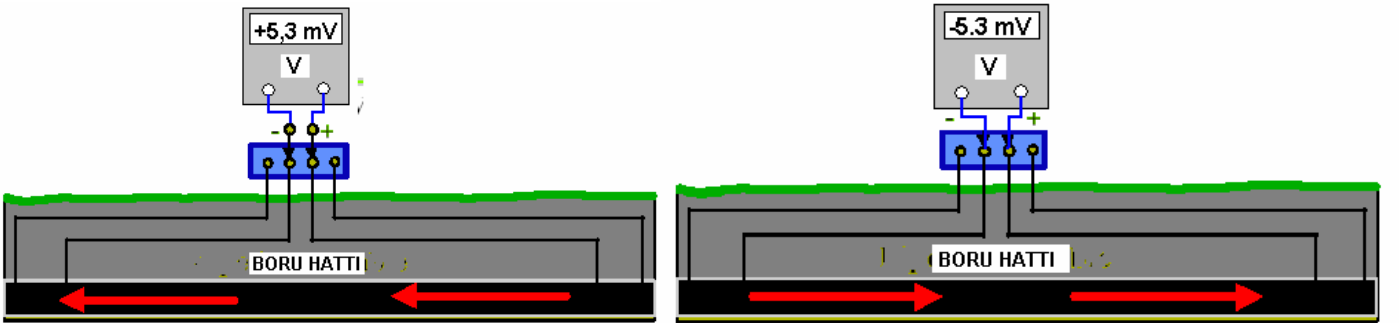
$$KF = \frac{I_S}{U_{ON} - U_{OFF}} = \frac{I_S}{\Delta U}$$

Gerilim düşümü ölçülerinde polaritenin göz önüne alınması çok önemlidir.

Örneğin $U_{ON} = 5,3.mV \rightarrow U_{OFF} = 1,8.mV \Rightarrow \Delta U = U_{ON} - U_{OFF} = 5,3 - 1,8 = 3,5.mV$ ve

$U_{ON} = 5,3.mV \rightarrow U_{OFF} = -1,8.mV \Rightarrow \Delta U = U_{ON} - U_{OFF} = 5,3 - (-1,8) = 7,1.mV$ olacaktır.

f.) Bağlantı ve kalibrasyon faktörü değerleri kaydedilir. Boru hattının sıcaklığı mevsim değişmelerine rağmen sabit kalıyorsa kalibrasyon faktörü şablon olarak kullanılabilir. Boru hattının sıcaklığı için bir şüphe varsa veya sıcaklığın değişimi söz konusu ise her ölçü işleminde kalibrasyon faktörü belirlenmelidir.



Şekil 32: Gerilim polaritelerine göre akımların akış yönleri

Boru hattının akım değeri ölçü test kutuları arasındaki açıklık ve boru hattı malzemesi ile boru hattının boyutları doğru olarak bilindiğinde hesapla bulunabilir. Ancak boru hattındaki sıcaklık değişimleri boru malzemesinin özgül direncini değiştireceğinden hesaplar üzerine olumsuz etki yapar.

Mili Volt olarak gerilim düşümleri milivolt skalasına sahip voltmetre kullanılarak ölçülür. Ölçü sırasında gerilim düşümünün polaritesinin belirlenmesi boru hattı üzerinde akan akımın yönünün belirlenmesi için çok önemlidir. İleride gerçekleştirilecek diğer test prosedürleri için esas alınır.

Örneğin Şekil 32 de görüldüğü gibi pozitif gerilim düşümü boru hattında akımın sağdan sola aktığını ve negatif gerilim düşümü ise akımın soldan sağa doğru aktığını gösterir.

6. Enterferans Test Prosedürleri

Akım elektrolit boyunca aktığında , direnci en az olan yol boyunca geçer. Eğer metalik yapı elektrolite daldırılmış veya gömülmüş ise akım akış yolu direnci endüyük olan yoldur. Elektrolitten yapıya elektronların noktada korozyon hızlanacaktır , elektronların yapıyı terk ettiği noktada korozyon yavaşlayacaktır.

Katodik enterferansa çoğunlukla gömülü yapılarda rastlanır. Katodik enterferans elektriksel ölçmeler yardımıyla algılanır ve kontrol altına alınır.

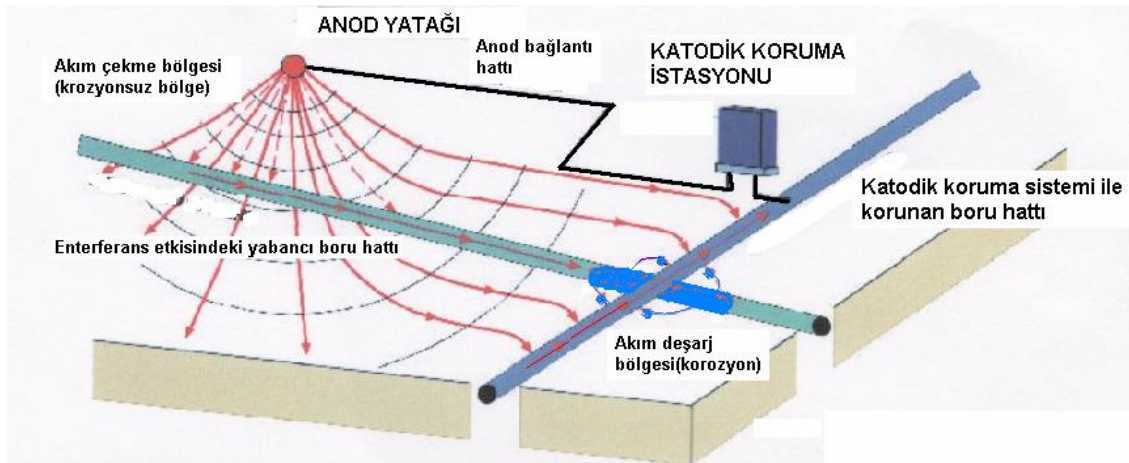
Katodik koruma sistemi bazen katodik koruma sistemine bağlanmayan yapılar üzerinde arzu edilmeyen etkilere sebep olur. Söz konusu yapıların bir noktasından katodik koruma sistemine ait akımlar çekilir ve yapının diğer bir noktasından deşarj olarak katodik koruma sistemi üzerinden devresini tamamlar. Korozyon akımların deşarj olduğu bu noktalarda meydana gelir.

Enterferans kaynakları sabit veya değişken olabilir. Sabit akım kaynakları özellikle katodik koruma sistemine ait Transformator /Doğrultucu (T/R) ları gibi sabit akım çıkışına sahip kaynaklardır. Değişken akım kaynakları ise elektrikli demir yolu sistemleri, kömür çıkarma sistemleri, kaynak makinaları gibi değişken doğru akım çıkışına sahip kaynaklardır.

6.1. Katodik Koruma sistemine ait Transformator/Doğrultucu(T/R) ünitesinin neden olduğu enterferans

Katodik koruma sistemleri bu sisteme bağlanmayan diğer metalik yapılar üzerindeki kaçak akımların(stray currents)başlıca kaynağıdır. Aynı katodik koruma sistemine bağlanmamış yapılara yabancı yapılar olarak adlandırılacaktır.

Söz konusu yabancı yapılar katodik koruma sistemine bağlı dış akım kaynaklı anodlardan korunmuş yapılara doğru akan akımlara alternatif bir yol sağlarlar. Eğer bu yol yeterli kadar düşük dirençli ise önemli bir miktarda yabancı yapı üzerinde bir akım geçişi meydana gelir. Bu akımlar yabancı yapının üzerinden elektrolite ve oradan akım kaynağına deşerj olur. Sonuçta yabancı yapıya ait deşarj olan yüzeyde şiddetli bir korozyon meydana gelir.



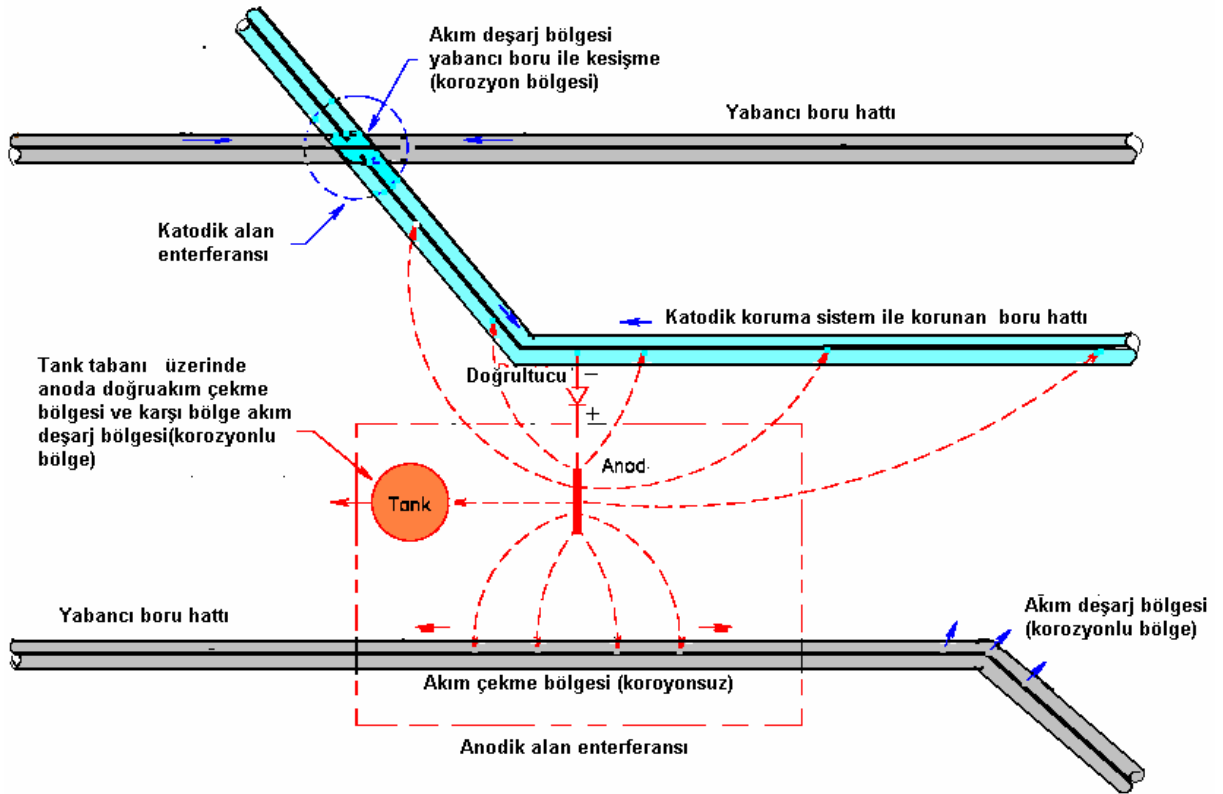
Şekil 33: Katodik koruma sisteminin neden olduğu enterferanslar

Enterferans testleri genellikle katodik koruma sistemleri ilk defa olarak tesis edildiğinde yapılmakla birlikte zaman zaman yapılan rutin saha ölçümlerinde enterferans etkileride

kontrol edilmelidir. Ölçümlerde düzenli kayıt tutulması katodik koruma enterferans etkilerinin önlenmesi için çok faydalı olmaktadır.

Enterferans testleri çevrede bulunan , katodik koruma sistemine yakın ve bu sisteme bağlanmayan yabancı yapıların hepsine uygulanır.

Katodik enterferanslar katodik koruma sisteminde bulunan ON-OFF çalıştırıcısı(ON-OFF interrupter) cihazı vasıtasıyla periyodik olarak koruma akımı ON-OFF yapılmak suretiyle yapı-toprak potansiyelleri ,anod gradyentleri , akım ölçü kutuları vasıtasıyla gerçekleştirilen IR-düşümü(gerilim düşümü) ölçmeleri yapılarak belirlenir.



Şekil 34: Boru hattı sistemlerinde enterferans bölgelerinin tanımı

Yapı-toprak potansiyeli ölçümleriyle yabancı yapı üzerinde akım çekme ve akım deşarj bölgeleri arasındaki bağlantı belirlenir.

Katodik koruma doğrultucusunun çıkış doğru akım ve gerilimi dalgalı şekle sahiptir. Yabancı yapı üzerinde okunan dalgalı doğru akım ve gerilim doğrultucudan yapıya olan enterferansı belirler.

Enterferans bölgesinin belirlenmesinde en iyi metod enterferans kaynağı olan katodik koruma sistemini periyodik olarak ON-OFF yapmak suretiyle yabancı yapı üzerinde ölçülen yapı-toprak ON-OFF potansiyelleri arasındaki cebrik fark(potansiyel kayması) yabancı yapı üzerindeki enterferans etkisini belirler.

En yüksek pozitif(korunmamış) yönde potansiyel değişiminin bulunduğu yer kritik nokta veya kontrol noktası olarak adlandırılır.Bu nokta katodik olarak korunmuş boru ile korunmasız borunun kesiştiği deşarj bölgesi olup enterferans korozyonun olduğu yerdir.

Negatif yönde (korunmuş) potansiyel değişimi gösteren yerler ise akım çekme (pick-up area) bölgesi olarak adlandırılır. Yabancı boru üzerindeki çekme bölgelerinin varlığı borunu üzerinde enterferansın var oluşunu gösterir ve boru üzerinde bazı yerlerde deşarj bölgesinin varlığını ikaz eder.

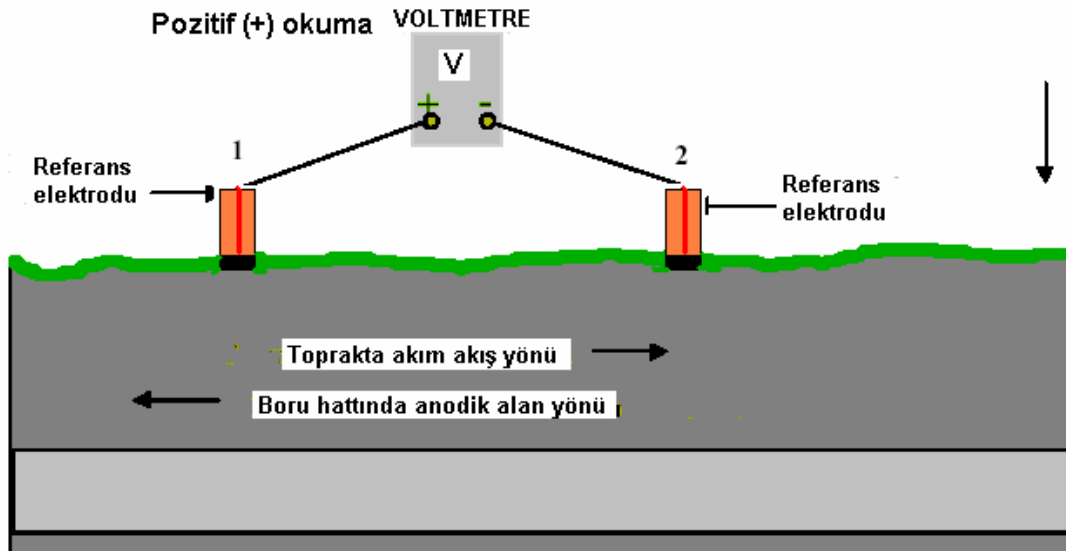
Eğer yabancı boru ile katodik koruma sistemine ait doğrultucunun negatif terminali arasında metalik bağlantı var ise enterferans bulunmayıp yabancı yapı korunmaktadır.

Enterferansın kaynağı bilinmiyorsa katodik koruma sistemi ON konumunda yani katodik koruma sistemi devrede iken boru toprak potansiyeli ve potansiyel gradyentleri ölçülerek katodik enterferans incelenir.

Potansiyel gradyentleri bölüm 2.5.4 de açıklandığı şekilde adım-adım test prosedürüne göre ölçülür. Alınan ölçülerle yabancı boru hattı boyunca akım deşarj ve akım çekme bölgeleri belirlenir. Polarite akım akış yönünün ve akım miktarının belirlenmesinde önemlidir.

Akım deşarj bölgesine doğru akacaktır. Akımın büyüklüğü deşarj bölgesine yakın yere doğru artacaktır. Akım akış yönü deşarj noktasından geçilirken tersine dönecektir. Akımın enyüksek değerine kritik veya kontrol noktası geçilirken sahip olacak ve bu noktadan sonra akım değeri azalacaktır.

Deşarj noktası enterferansa neden olan yapının yakınındadır. Akım çekme bölgesi ise anod yatağı yakınındadır. Enterferans kaynağının yerinin tesbiti açısından akım çekme bölgesinin yerinin bulunması önemlidir.



Şekil 35 : Yabancı boru hattı üzerinde adım-adım polarite . Voltmetre negatif Gerilim gösterdiğinde topraktaki akım akış yönü tersine olacak şekilde anodik alanı gösteren ok tersine olarak deşarj alanına yönelecektir.

Açıklanan metotlardan herhangi bir sonuç alınamazsa yabancı boru hattı üzerinde akım ölçüleri (IR-düşümü) gerçekleştirilir. Yabancı boru üzerinde yapılan akım okumaları (IR-düşümü) akım çekme ve akım deşarj bölgeleri arasındaki bağlantıyı gösterir. Yabancı

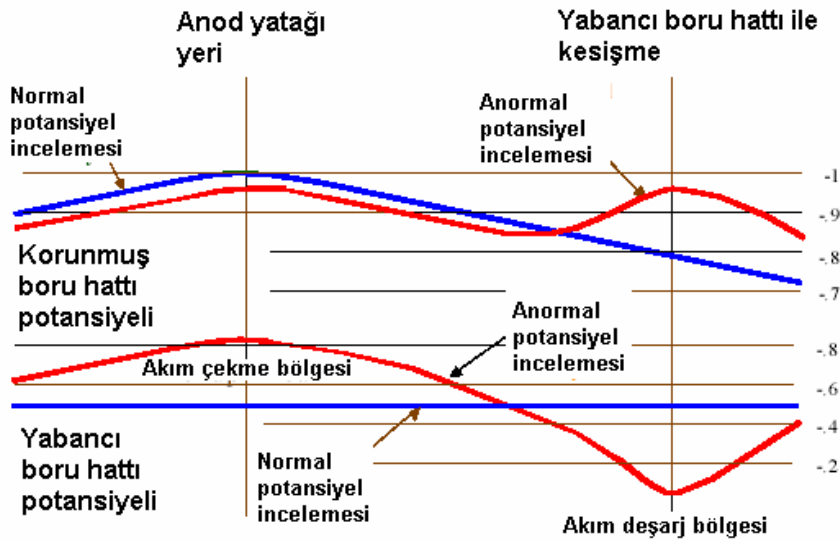
boru üzerindeki akım akışı incelenerek akım çekme ve akım deşarj bölgelerinin yönü belirlenir.

Akım büyüklüğü deşarj noktasına doğru ciddi bir şekilde artar. Ölçüler eğer akım ölçü test kutuları yabancı boru üzerinde tesis edilmişse test kutuları vasıtasıyla kolaylıkla ölçülebilir. Akım ölçü kutularından ölçü alma prosedürü 5. bölümde detaylı bir şekilde açıklanmıştır.

Katodik koruma sistemine sahip bir boru hattında beklenmeyen ve anormal akım dağılımları yabancı bir yapının muhtemel enterferans etkisini gösterir. Normal olarak katodik koruma sistemi ile korozyona karşı korunan bir boru hattının potansiyeli

anodlardan uzaklaştıkça yavaşça azalır. Kaplamada tahribat varsa koruma potansiyeli hızla azalır. Normal olarak boru hattındaki potansiyelin anodlardan uzak bir mesafede artması ,akım çekildiğini gösterir.

Eğer bir boru hattının potansiyeli yabancı bir boru hattını keserken artarsa boru hattı üzerinde enterferans ihtimali vardır. Akım kaynağı ON-OFF yapılarak gerçekleştirilen potansiyel ölçümleri enterferansın varlığını ve miktarını belirler.



Şekil 36: Korunmuş veya korunmamış yapıların normal ve anormal potansiyelleri.

Katodik koruma sistemine ait doğrultucuların doğru akım ve doğru gerilim çıkışları dalgalı şekle haizdir. Bu sinyaller birim saniyede 100 Hz kapasiteli boru hattı detektörleri(pipe locator) ile belirlenebilir. Dalgalı sinyallerin varlığı yabancı boru hattının üzerindeki enterferansın varlığını gösterir. Bu akım şüpheli akım kaynağı ON-OFF cihazı ile kombine edilerek boru hattı detektörü ile enterferansın kaynağı çok çabuk ve kolayca belirlenebilir.

Uygulama ise korunan boru hattına ait katodik koruma sisteminin T/R ünitesinde bulunan ON-OFF cihazı çalıştırılarak gerçekleştirilir. Doğrultucudan boru hattına akım verilince eğer yabancı boru hattında enterferans etkisi varsa boru hattı detektöründe söz konusu sinyal görülür, akım kesilince sinyal kesilir. Herhangi bir enterferans etkisi yoksa katodik korumalı hatta akım verilse dahi yabancı boru hattı üzerinde tutulan boru hattı detektöründe sinyal algılanamaz.

Sinyalin gücü bazı durumlarda akım deşarj ve akım çekme alanlarının yönünü tayin etmekte kullanılır. Normal olarak sinyalin gücü deşarj noktasına doğru artar.

Eğer yabancı boru hattıda katodik olarak korunuyorsa birbirlerine olan enterferans etkilerini belirlemek için Boru hatlarından bir devreden çıkartılır diğeri ON-OFF olarak çalıştırılıp test yapılır. Sonra diğeri devreden çıkartılıp birincisi ON-OFF çalıştırılarak testler tekrarlanır.

6.2. Değişken Güç kaynaklarından meydana gelen enterferans.

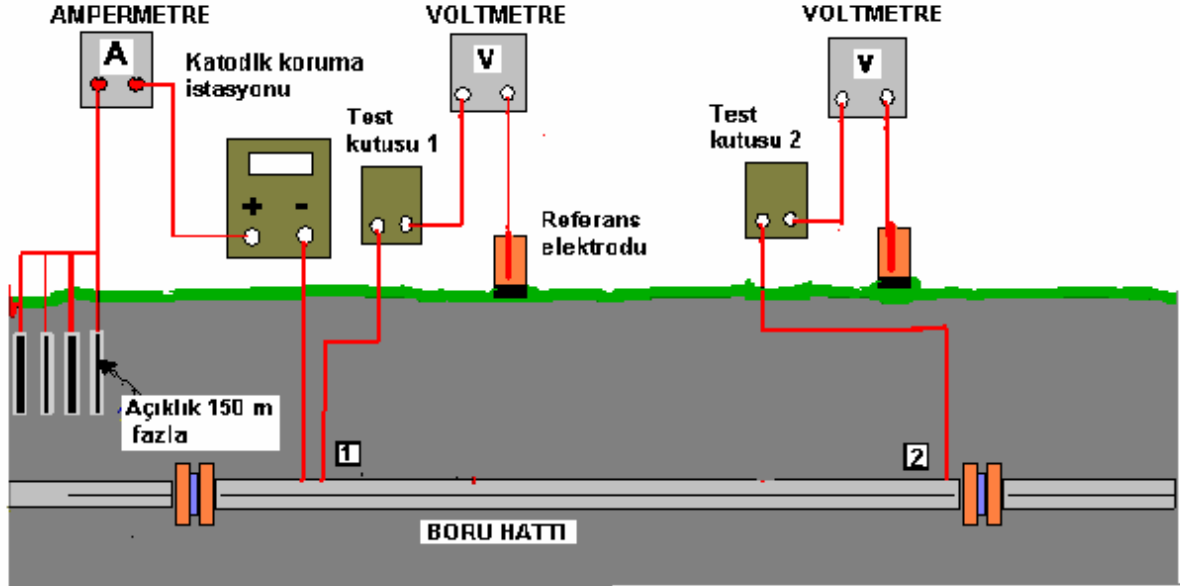
Değişken kaynakların enterferans etkileri sürekli olmayıp zaman zaman kendini gösterdiğinden bunaları tesbit etmek için sürekli test gereklidir. Test metodu diğeri enterferans metodları ile aynıdır. Ancak sabit kaçak akımlarının etkilerini belirlemek için enterferans testleri yapılırken değişken kaçak akımlarının etkileride araştırılır.

Boru-elektrolit potansiyelindeki periyodik değişiklikler, ölçüm sırasında akım değerinde meydana gelen değişiklikler değişken kaynaklı kaçak akımların varlığını gösterir.

Değişken kaçak akımların etkisinin katodik koruma sisteminden dolayı meydana gelen enterferans etkisinden bir farkı yoktur.

7. R_{KC} Boru Kaplama Direncinin değerini bulmak için metodlar

7.1 Kısa hat metodu



Şekil 37: Kısa hat metodu ile kaplama direncinin tayini

Bu metod takriben 3 km ye kadar kısa hatlar ve bir adet katodik koruma sistemine haiz için uygundur.

Katodik koruma istasyonundan I_o test akımı uygulanır. Anahtarı açıp kapamak suretiyle istasyon devreye sokulup çıkartılır. İstasyon devrede iken 1 ve 2 test noktalarındaki U_{1ON} ve U_{2ON} gerilimleri ve istasyon devre dışı iken U_{1OFF} ve U_{2OFF} okunur. 1. noktası katodik koruma istasyonunun negatif terminalinin boru hattına bağlandığı ve drenaj noktası denilen yerdir. 2 noktası ise boru hattının sonlandığı yerdeki test ölçü kutusudur.

Eğer bir test noktasında ölçülen gerilimler arasındaki oran $\frac{U_{OFF}}{U_{ON}} = \frac{1}{6}$ ve daha fazla ise U_{OFF} gerilim aşağıda tablo 2 de verilen düzeltme faktörleri ile çarpılır.

Tablo 3: $\frac{U_{OFF}}{U_{ON}} = \frac{1}{6}$ gerilim Oranlarına göre düzeltme faktörleri

ORAN	FAKTÖR
1.6	0.919
1.7	0.908
1.8	0.896
1.9	0.886
2.0	0.876
2.1	0.868
2.2	0.860
2.3	0.851
2.4	0.843
2.5	0.835
2.6	0.829
2.7	0.821
2.8	0.814
2.9	0.809
3.0	0.802

Örnek 1

42inch çapında 3 km uzunluğunda boru hattının tamamında ortalama kaplama direncinin ve ortalama koruma akım yoğunluğunun bulunması.

Drenaj Noktasında

$$U_{1ON} = 1,30V \dots\dots U_{1OFF} = 0,800V \dots\dots I_1 = 1,200A$$

$$\Delta U_1 = U_{1ON} - U_{1OFF} = 1,30 - 0,800 = 0,500V$$

Hat sonunda

$$U_{2ON} = 0,910V \dots\dots U_{2OFF} = 0,750V \dots\dots I_2 = 0A$$

$$\Delta U_2 = U_{2ON} - U_{2OFF} = 0,910 - 0,750 = 0,160V$$

$$\Delta I = I_0 = I_1 - I_2 = 1,200 - 0 = 1,200A$$

$$\Delta U_{1,2} = (\Delta U_1 + \Delta U_{2\theta}) / 2 = (0,500 + 0,160) / 2 = 0,330V$$

Gerilimler arası oran $\frac{U_{1ON}}{U_{2OFF}} = \frac{1,2}{0,5} = \frac{2,4}{1}$ ve $\frac{U_{NON}}{U_{NOFF}} = \frac{0,91}{0,75} = \frac{1,21}{1}$ olduğundan tablo 2 deki faktörlerle çarpmaya gerek yoktur.

Kaplama direnci R_{KC}

$$R_{KC} = \frac{\Delta U_N}{\Delta I} \cdot S = \frac{0,330}{1,200} \cdot 10066 \approx 2768 \text{ohm.m}^2$$

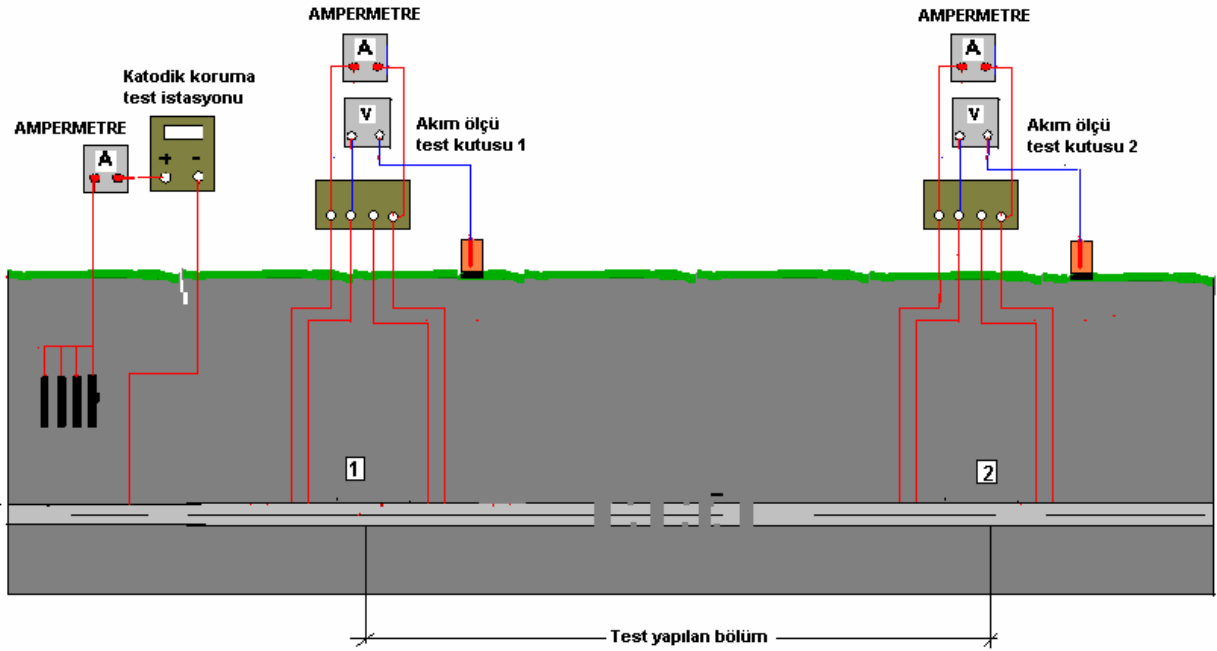
S 42 inch çapında 3 km uzunluğunda boru hattının direnci olup
 $d=42 \text{ inch}=1,068 \text{ m}$ boru yarı çapı
 $L=3000 \text{ m}$ iki ölçü kutusu arası uzaklık

$$S = (\pi \cdot d) \cdot L = (\pi \cdot 1,068) \cdot 3000 = 10066 \text{m}^2$$

3 km lik boru hattı tamamında koruma akım yoğunluğu

$$I_S = \frac{\Delta I}{S} = \frac{1,200}{10066} \approx 120 \mu\text{A} / \text{m}^2$$

7.2. Uzun hat metodu



Şekil 38: Uzun hat metodu ile kaplama direncinin tayini

Bu metotta katodik koruma istasyonundan I_0 akımı uygulanır. Hat boyunca akan akım iki akım ölçü test kutusundan I_1 ve I_2 ölçülür. Daha sonra her iki akım test kutusunda doğrultucu devrede iken U_{1ON} ve U_{2ON} ve doğrultucu devre dışı iken U_{1OFF} ve U_{2OFF} gerilimleri ölçülür.

Eğer bir test noktasında ölçülen gerilimler arasındaki oran $\frac{U_{OFF}}{U_{ON}} = \frac{1}{6}$ ve daha fazla ise

U_{OFF} gerilim aşağıda tablo 2 de verilen düzeltme faktörleri ile çarpılır.

Örnek 2

Boru hattının 1 ve 2 noktaları arasında bulunan akım ölçü test kutuları arasındaki uzaklık 2 kmdir Bu iki nokta arasındaki ortalama kaplama direncini bulalım.

1. no.lu akım ölçme kutusundaki potansiyel ve akım ölçüm değerleri

$$U_{1ON} = 1,180V \dots\dots U_{1OFF} = 0,900V \dots\dots I_1 = 0,500A$$

2. no.lu akım ölçme kutusundaki potansiyel ve akım ölçüm değerleri

$$U_{2ON} = 1,140V \dots\dots U_{2OFF} = 0,875V \dots\dots I_2 = 0,350A$$

1. Ölçü kutusunda

$$\Delta U_1 = U_{1ON} - U_{1OFF} = 1,180 - 0,900 = 0,280V$$

2. Ölçü kutusunda

$$\Delta U_2 = U_{2ON} - U_{2OFF} = 1,140 - 0,875 = 0,265V$$

iki ölçü kutusu arasındaki ortalama değer

$$\Delta U_{1,2} = (\Delta U_1 + \Delta U_2) / 2 = (0,280 + 0,265) / 2 = 0,273V$$

2km lik boru kısmından geçen akım

$$\Delta I = I_1 - I_2 = 0,500 - 0,350 = 0,150A$$

Kaplama direnci R_{KC}

$$R_{KC} = \frac{\Delta U_{1,2}}{\Delta I} \cdot S = \frac{0,273}{0,150} \cdot 6710 \approx 12212 \text{ohm.m}^2$$

S 42 inch çapında 2 km uzunluğunda boru hattının direnci olup

$d=42 \text{ inch}=1,068 \text{ m}$ boru yarı çapı

$L=2000 \text{ m}$ iki ölçü kutusu arası uzaklık

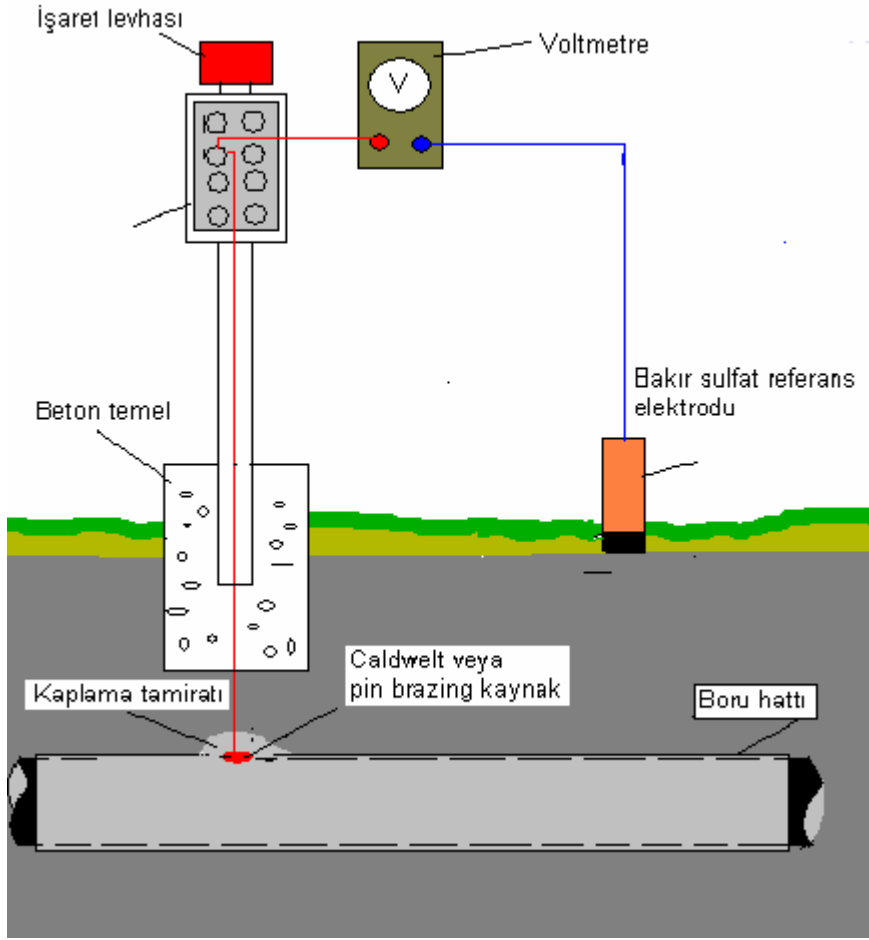
$$S = (\pi \cdot d) \cdot L = (\pi \cdot 1,068) \cdot 2000 = 6710 \text{m}^2$$

2 km lik bölümde koruma akım yoğunluğu

$$I_s = \frac{\Delta I}{S} = \frac{0,150}{12212} \approx 12,3 \mu A / \text{m}^2$$

8. katodik koruma sistemi ile korunan Boru Hatları üzerinde bulunan ölçü ve test istasyonları

8.1. Boru hattı Potansiyel ölçü ve test istasyonu



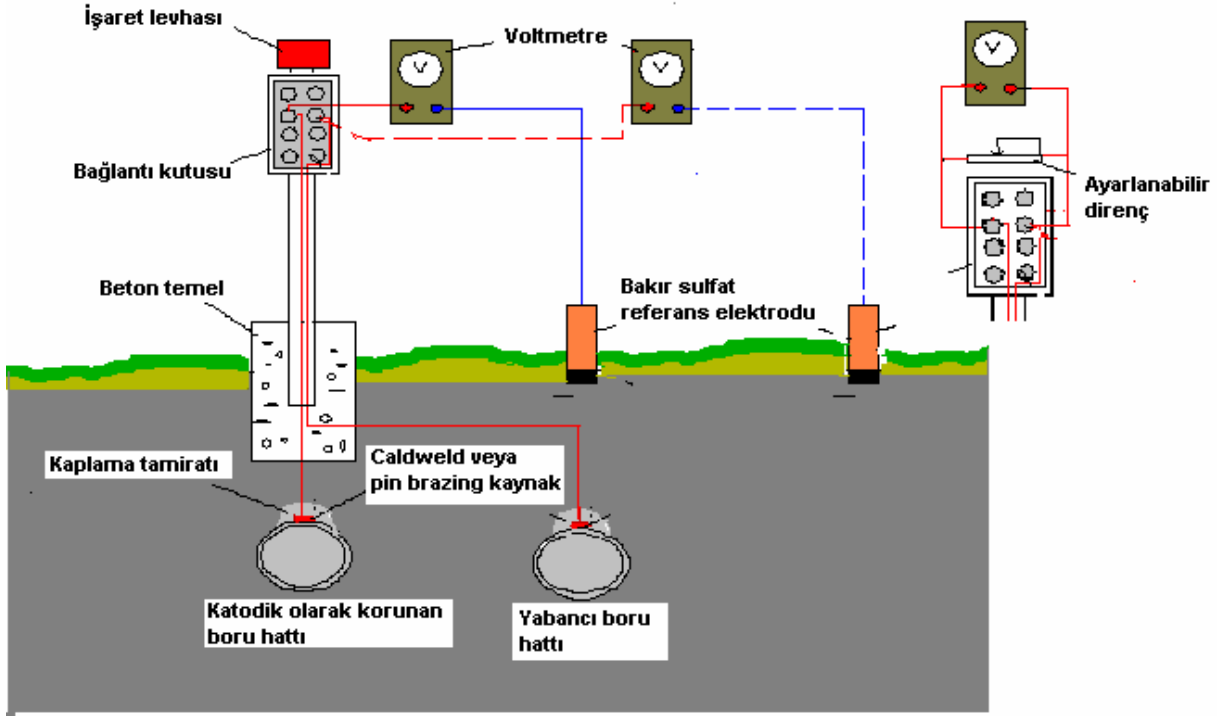
Şekil 39: Potansiyel ölçü ve test istasyonu

Bağlantı kutusu ile boru arasındaki kablo bağlantı süreklilik testi ve kablonun hasarlanması durumunda yedek kablo kullanımı için çift devre olarak çekilir. Boruya kablo bağlantısı caldweld veya pin brazing kaynakla yapılır. Isı etkisinin boruya zarar vermemesi için pin brazing kaynak tercih edilir. Zira caldweld kaynağın kaynak sıcaklığı 2000-2500°C iken pin brazing kaynağın sıcaklığı 650°C dir.

Potansiyel test istasyonundan boru-toprak potansiyelleri ölçülmekle beraber boruyu etkileyen enterferansların varlığında izlenebilir.

8.2 Eş potansiyel Test ve Ölçü İstasyonu

8.2.1. Yabancı Boru Hattı ile Paralel gitme durumu

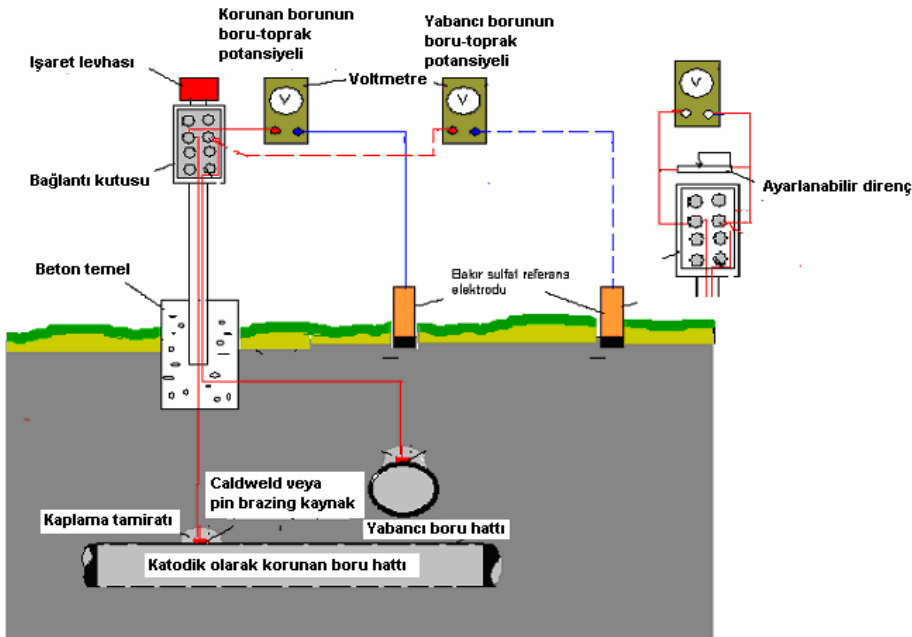


Şekil 40: Yabancı Boru hattı ile paralel olma durumunda Eşpotansiyel Test ve Ölçü İstasyonu.

Katodik koruma sistemine sahip boru hattı ile yabancı boru hattı arasındaki metalik kısa devreyi bulmak ve boru hatları arasındaki enterferans etkilerinin test ve ölçümünde kullanılır. Eğer enterferans etkisi ve metalik bir kısa devrenin bulunması halinde iki boru hattı arasındaki potansiyel farkı eğer yabancı boruda katodik koruma sistemine sahipse şekilde görüldüğü gibi ayarlanabilir direnç vasıtasıyla iki boru hattındaki potansiyel farkı 25 mili Voltun altına düşürülür.

Ayrıca söz konusu test ve ölçü kutusu yardımıyla boru-toprak potansiyelleri de ölçülebilir.

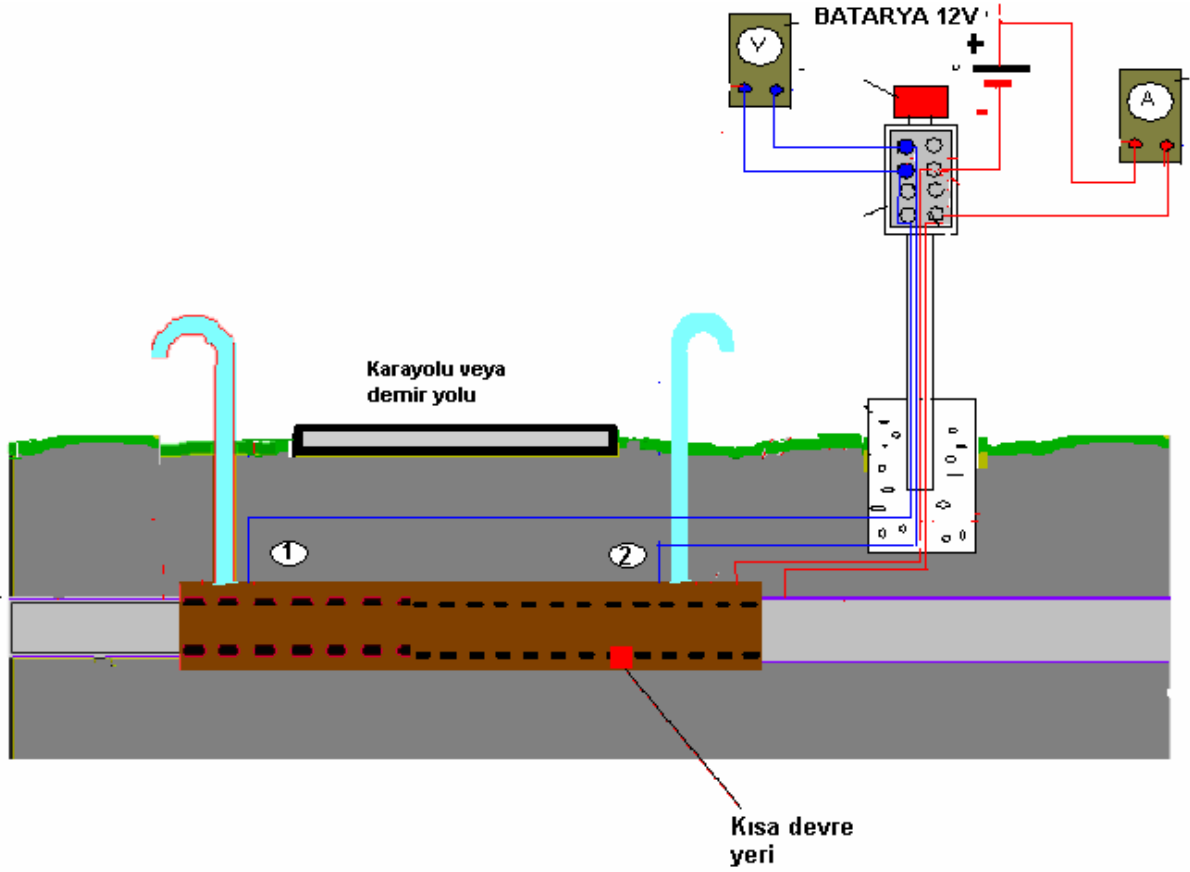
8.2.2 Yabancı Boru ile Kesişme durumu



Şekil 41: Yabancı Boru Hattı ile kesişme durumunda Eş Potansiyel Test Ve Ölçü Kutusu

Fonksiyonları ve test ve ölçü işlemleri yukardakinin aynıdır.

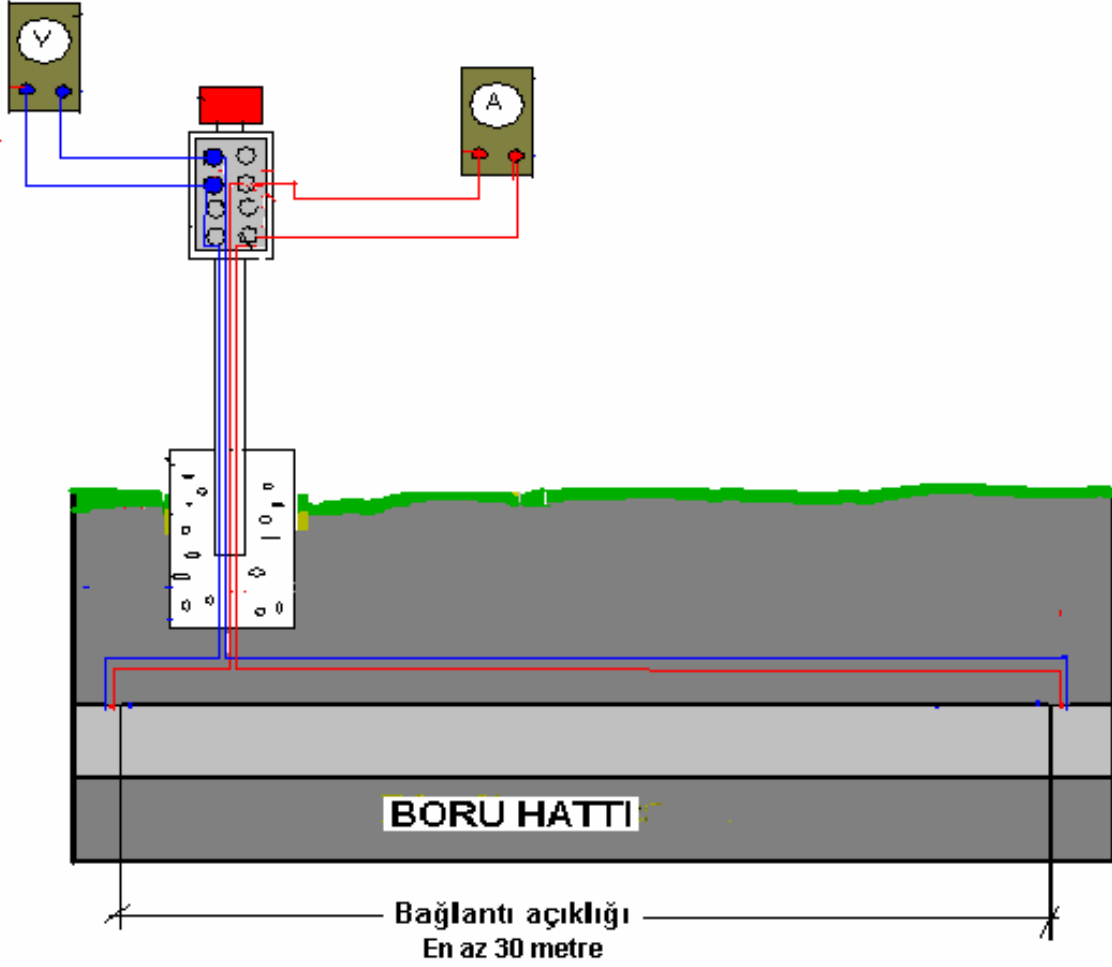
8.3 Keson Test ve Ölçü Kutusu



Şekil 42: Keson test ve Ölçü Kutusu

Keson Test ve ölçü kutusu ile Ke-sonla katodik koruma sistemi tarafından korunan boru hattı ile arasındaki izolasyon durumu belirlenir . Eğer ikisi arasında bir kısa devre varsa kısa devre butest kutusu tarafından yapılan ölçmeler sonucu belirlenir. Bu test kutusu vasıtasıyla ayrıca boru-toprak potansiyelleri ölçülebilir.

8.4. Akım (IR-gerilim düşümü) ölçü ve test kutusu

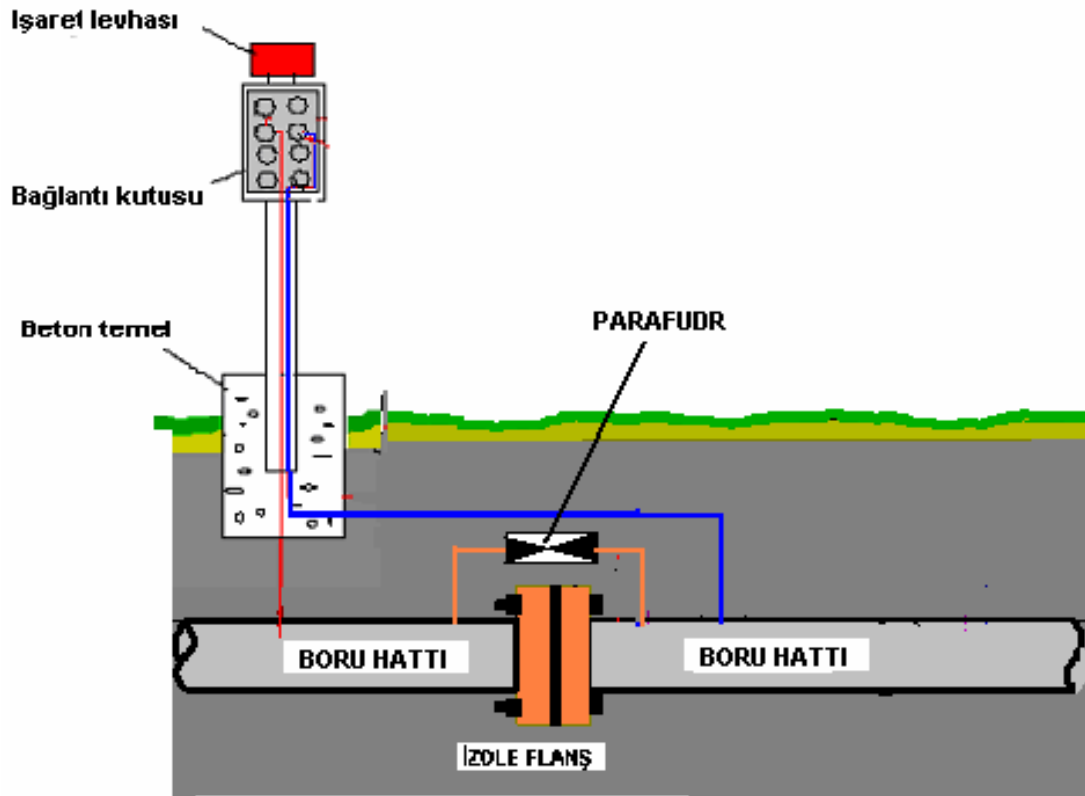


Şekil 43: Akım(IR-düşümü) Test ve Ölçü Kutusu

Akım Test ve ölçü kutusu yardımıyla boru hattının izolasyon durumu, enterferans etkileri, boru kaplama direnci, boru hattı katodik koruma akım ihtiyacı ve boru hattı boru kaplama izolasyon seviyesi ile boru hattındaki kaplama tahribatları belirlenir. Bu test kutusu vasıtasıyla ayrıca boru-toprak potansiyelleri ölçülebilir.

8.5. İzole Flanş Test ve Ölçü Kutuları

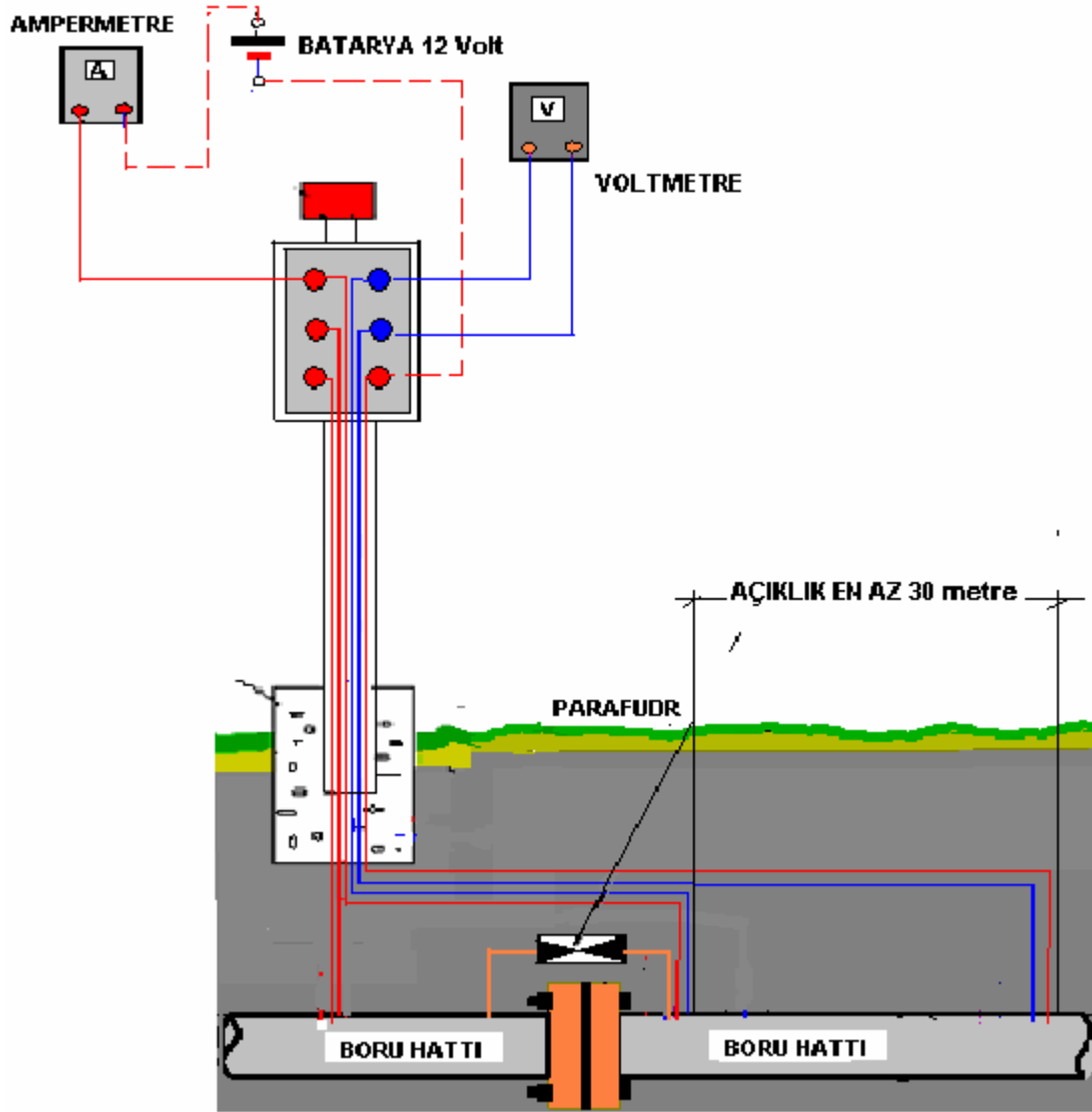
8.5.1. İki hatlı Keson Test ve Ölçü Kutusu



Şekil 44: 2-hatlı İzole Flanş Test ve Ölçü Kutusu

İzole flanş izolasyon seviyesi kontrol edilir. Ayrıca izole flanşın her iki tarafında bulunan boru hatlarına ait boru toprak potansiyelleri ölçülür.

8.5.2. 6-hatlı Keson Test ve Ölçü Kutusu



Şekil 45: 6-hatlı İzole Flanş Test ve Ölçü kutusu

Yapılan işlemler ve fonksiyonlar yukardaki ile aynı olmakla beraber bu test ve ölçü kutusu yardımıyla boru hattının hat akımlarında ölçülebilir.

9. Boru-toprak potansiyel Test ölçü sonuçlarının değerlendirilmesi

9.1. Galvanik anodlu Katodik Koruma Sistemlerinde

Galvanik Anodlu Katodik Koruma Sistemi ile Korunan Boru Hatlarında Boru-Toprak Potansiyel Ölçümlerinin Genel Değerlendirilmesi	
Gerilim (mV) ON	GENEL DEĞERLENDİRME
Voltmetre pozitif değer gösteriyor.	Test bağlantılarının doğru polaritede bağlanıp bağlanmadığı kontrol edilir.Doğru akım ölçme konumuna alınanVoltmetrenin negatif ucu bakır sulfat referans elektroduna ,pozitif ucuda borudan gelen kabloya bağlı test kutusu terminaline bağlanır.Eğer hala pozitif değer okunuyorsa bu durumda boru hattını etkileyen kuvvetli bir enterferans vardır.
0 ile -100 mV arası	Boru hattı ile test kutusu terminali arasındaki bağlantıda kopukluk vardır.
-101 ile -399 mV arası	Ölçme işlemi tekrarlanır. Eğer yine aynı sonuç çıkıyorsa bu boru hattının bakır gibi daha az negatif veya pozitif doğal potansiyele haiz bir metalle arasında elektriksel bir bağlantının olduğunu gösterir. Boru hattında kuvvetli bir korozyon vardır.
-400 ile -599 mV	Genel olarak katodik korumanın etkili olmadığını gösterir. Mevcut galvanik anodların görevini yapamadığı galvanik anodların tükendiği anlaşılır.
-600 ile -849 mV arası	Sistemde yeterli seviyede katodik koruma bulunmadığı anlaşılır. Bunun sebebi ya boru hattının kaplamasında bozuklukların olduğu veya galvanik anodların tükenmiş olmasıdır. Değişen iklim ve çevre şartlarında testler tekrarlanır. Aynı durum devam ediyorsa galvanik anodlar ve boru kaplama direnci kontrol edilir.
-850 ile -1100mV arası	Eğer boru hattı çinko anodlarla korunuyorsa katodik koruma sistemi yeterlidir.
-850 ile -1600 mV arası	Boru hattı magnezyum anodlarla korunuyorsa katodik koruma sistemi yeterlidir.
Çinko anodlu galvanik katodik koruma sistemi ile boru hattı korunuyorsa	Çinko anodların-1100 mV dan daha yüksek değerde doğal potansiyele sahip olması imkansızdır. Eğer boru hattı üzerinde -1100 mV dan daha yüksek değerde boru-toprak potansiyeli okunuyorsa, boru hattı kaçak akımlardan dolayı enterferans etkisi altındadır. Kaçak akım ve enterferans testleri yapılmalıdır.
-1600 mV dan daha negatif	Herhangi bir katodik koruma sistemi ile korunan

değer okunursa	boru hattında katodik koruma sisteminin boruyu -1600 mV dan daha negatif değere ulaştırması teorik olarak imkansızdır. Söz konusu boru hattı üzerinde -1600 mV dan daha negatif bir değer okunursa boru hattı enterferans etkisi altında olabilir. Enterferans testlerinin yapılması gereklidir.
Değişimler ve Salınımlar.	Eğer voltmetre ibresi ölçü sırasında değişimler gösteriyorsa kaçak akımlar tarafından katodik koruma sistemi ile korunan boru hattının enterferans etkisine maruz kaldığı şüphesi ortaya çıkar. Kaçak akımların şekli bazen enterferans kaynağı veya yerini bulmaya yardımcı olur. Örneğin akımın devrede olması ve kesilmesi çevrede bir doğru akım kaynak makinasının çalıştığını ortaya koyar.
Hızlı değişimler ve Hızlı salınımlar.	Voltmetre ibresi stabil olmayıp sürekli salınım halinde ise , ölçü devresi bağlantılarının bir yerinde yüksek direnç oluşmuştur. Bağlantı hatlarının ve bağlantıların sağlam ve temiz olduğu kontrol edilir vesağlam olduğundan emin olunur. Ayrıca referans elektrodunun yerleştirildiği veya toprakla temas ettiği yer kuru olabilir. Bu yere su ilave edilir veya yağmur yağdıktan sonra ölçüler tekrar edilir.Petrol bulaşığı topraklar yüksek toprak direncine neden olurlar.Referans elektrodunun toprakla temas ettirilen alt uç tapası temizlenir veya değiştirilir.

9.2. Dış Akım Kaynaklı Katodik Koruma Sistemleri

Dış Akım Kaynaklı Katodik Koruma Sistemi ile Korunan Boru Hatlarında Boru- Toprak Potansiyel Ölçümlerinin Genel Değerlendirilmesi	
Gerilim mV	GENEL DEĞERLENDİRME
Pozitif potansiyel veya 0 ile -100 mV arası ON veya OFF potansiyeli	Bu değerlerde potansiyel okunduğunda boru hattı ile katodik koruma sistemi arasında bir bağlantı olmadığı anlaşılır. Bu nedenle elektiksel bağlantının sürekliliği testi yapılır. Pozitif ve negatif bağlantı hatları sistem tesisi sırasında yanlış bağlanmış olabilir. Negatif hat korunacak boru hattına pozitif hat ise katodik koruma sistemi anodlarına bağlanır. Test kutularındaki bağlantılarda ters olabilir. Pozitif hat boru hattına negatif hat ise referans elektroduna bağlanmalıdır. Ayrıca kaçak akımlardan dolayı boru hattı ekilenebilir. Bağlantılarda hata yoksa boru hattına enterferans testleri uygulanır.
-101 ile -399 mV arasında ON veya OFF potansiyel değerleri	Bu ölçülerden emin olmak için tekrar ölçü alınır. Eğer aynı ölçüler alınıyorsa boru hattı bakır gibi daha az negatif veya pozitif potansiyele haiz bir metalle temas halinde olduğunu gösterir. Söz konusu bağlantı noktasında boru hattı şiddetli korozyona uğramıştır.
-400 ile -599 mV arasında ON vya OFF potansiyelleri.	Genellikle boru hattında katodik koruma sisteminin etkili olmadığı anlamına gelir. Hali hazırda var olan katodik koruma sistemine ait anodların tamamen tükenmiş olduğunu veya anot bağlantılarının kopmuş olabileceğini , veya katodik koruma sistemi ile korunan boru hattı arasındaki negatif hatta kopukluk olduğunu gösterir.
-600 ila -849 mV arasında ON veya OFF potansiyeli	Genellikle boru hattı üzerinde katodik korumanın var olduğunu gösterir. Düşük okumanın nedenleri <ul style="list-style-type: none">• Transformator/Redresör ünitesi nin kapasitesi yeterli olmayabilir• Anodlar yeterli boyutta değildir veya anod yataklarının toprak direnci yeterli seviyede değildir.• Katodik korumaya bağlı diğer yapılarla arasında bağlantı olmayabilir.• Çevre şartlarından dolayı tatmin edici şekilde ölçü alınamıyabilir.
- 850 mV veya daha fazla negatif ON potansiyeli	Boru hatlarında yeterli seviyede katodik koruma olduğu ile ilgili kesin sonuç vermez. Zira Katodik koruma sistemi boru hattına sürekli olarak gönderdiği koruma akımı boru hattı boyunca gerilm(IR)düşümüne sebep olur. Bu nedenle ON potansiyeli yeterli bir katodik korumanın olduğuna dair kesin bir kriter değildir. Bu nedenle boru hattında ani-OFF potansiyelleri

	okunmalıdır.
-850 mV veya daha fazla negatif OFF potansiyeli	Boru hattı kesin ve düzenli bir şekilde katodik olarak korunmaktadır.Koruma akımı geçici olarak kesildiği anda okunan -850 mV veya daha fazla negatif ani-OFF potansiyeli boru hattının yeterli bir katodik koruma sistemi tarafından korunduğunu ifade eder.
-1220 mV daha fazla negatif OFF potansiyeli	Ani-OFF potansiyelinin bölüm 2.5.3 de açıklananlar doğrultusunda katodik olarak korunan boru hattında olmaması gereken potansiyel değeridir.-1220mV dan daha yüksek değerde daha negatif ani-OFF potansiyeli okunursa boru hattında kaçak akım enterferansının olduğu şüphesi ortaya çıkar. Kaçak akımlar boru hattının hızlı bir şekilde korozyona uğratacağından acilen kaçak akım testleri yapılarak kaçak akımların kaynağının belirlenmesi ve gereken tedbirlerin alınması gerekir.
-2000mV dan daha fazla negatif ON potansiyeli	Genellikle anod yataklarının yüksek dirence sahip olmasından dolayı yüksek gerilim düşümleri meydana gelir. Bu durum normal olarak gerilim değeri yüksek ve akım değeri yüksek olarak redresör çıkışlarında görülür. Dış akım kaynaklı katodik koruma sistemi ile korunan bir boru hattında yüksek değerde negatif ON potansiyellerinin görülmesinin nedenleri aşağıda açıklananlarının biri,birkaçı veya hepsi olabilir. <ul style="list-style-type: none"> • Boru hattı kaplamasının tahribata uğradığını • Boru hattının korozyona uğradığını • Anodların tükenmiş olduğunu • Boru hattının kuvvetli kaçak akımlarının etkisi altında olduğu dur. Açıklanan nedenlerin kaynağının acilen tesbit edilmesi bu etkilere karşı gerekli tedbirlerin alınması gerekir.
Değişken ON veya OFF potansiyelleri	Eğer okunan potansiyel değerleri değişiyorsa katodik olarak korunan boru hattının değişken kaynaklı kaçak akımlardan etkilendiği ortaya çıkar. Örneğin boru hattı yakınlarında bir kaynak makinası çalışıyorsa bu durumda voltmetrede okunan ON-OFF potansiyel değerleri, yüksek kaynak makinası çalışmadığı zaman ON-OFF potansiyel değerleri düşük okunur.
ON-OFF potansiyellerinde hızlı değişim veya salınım olursa	Eğer voltmetrenin göstergesi stabil olmayıp sürekli değişim gösteriyorsa ölçü devresinin bir yerlerinde yüksek direnç veya kötü temas mevcuttur.Bütün bağlantı hatları ve bağlantı yerleri kontrol edilip temiz ve metalik olarak sağlam bağlanıldığından emin olunur. Ayrıca referans elektrodunun toprağa temas ettiği yer çok kuru olabilir. Söz konusu yere su ilave edilir ve tekrar ölçü alınır. Petrol bulaşığı olan toprak yüksek geçiş direncine sebep olabilir. Referans elektrodunun alt tapası temizlenir ve gerekiyorsa değiştirilir.

10. 100 mV Polarizasyon kriteri için Test Prosedürü

-0,85 V ani-OFF kriteri için yapılan test işlemleri için yapılan işlemlerin benzeri yapılır. Ancak gerçekleştirilen ani-OFF boru-toprak potansiyel okumaları ile boru hattına katodik koruma akımı uygulamadan önce gerçekleştirilen boru-toprak doğal potansiyel okumaları ile karşılaştırılır.

10.1. Katodik koruma sistemi ile korunmayan Kaplamalı boru hatları için Potansiyel kayması test prosedürü.

- Boru hattı boyunca anodik (negatif boru-toprak potansiyeli enyüksek) alanları belirlemek üzere boru-toprak potansiyeli ölçülerek boru hattındaki doğal potansiyeller belirlenir.
- 100 mV potansiyel kayması kriterinin gerçekleştiğini görebilmek için Şekil 28 deki gibi geçici katodik koruma istasyonu kurularak ani-OFF potansiyelleri okumaları yapılır. Örneğin boru hattında boru-toprak doğal potansiyeli en fazla negatif potansiyel okunulan yerde potansiyel değeri -0,603 Volt ise eğer boru-toprak ani-OFF potansiyel değeri $-0,603-(0,100)=-0,703$ Volt okunursa kriter gerçekleşmiş olur.
- Ani-OFF potansiyeli boru hattının tamamında ölçülür.

10.2. Katodik koruma sistemi ile korunmayan Kaplamasız boru hatları için Potansiyel kayması test prosedürü.

- Boru hattı boyunca anodik (negatif boru-toprak potansiyeli enyüksek) alanları belirlemek üzere boru-toprak potansiyeli ölçülerek boru hattındaki doğal potansiyeller belirlenir. Eğer bu okumalar sonucu elde edilen değerler olağan dışı yüksek ise (örneğin -0,700 Volt üzeri), bu değerlerin üzerine ilave edilen 100 mV eklenerek elde edilen değerleri ölçme sonucu bulunan o yere ait ani-OFF değerleri ile karşılaştırılır. Eğer -0,700 Volttan yüksek değerler boru hattının büyük bir bölümünde görülüyorsa ani-OFF -0.85 Volt kriteri ve 100 mV kriteri boru hattının tamamı için uygulanır.
- Ani-OFF okumalarında boru-hattı için 100 mV polarizasyon kaymasının gerçekleştiği görülecektir. Örneğin -0,603 V olarak ölçülen doğal boru-toprak potansiyeline haiz noktada ani-OFF potansiyeli $-0,603 -(0,100)=-0,703$ V olmalıdır.
- Ani-OFF kriteri boru hattının doğal boru-toprak potansiyeli esas alınarak uygulanır.

10.3. Katodik koruma sistemi ile korunan Kaplamalı boru hatları için Potansiyel kayması test prosedürü.

- Eğer katodik koruma sistemi devreye alınmadan boru hattının doğal boru-toprak potansiyel değerleri ölçülüp kayıt altına alınmışsa yukarıda açıklanan işlemlere göre prosedür gerçekleştirilir ve analiz yapılır.

- Eğer bu işlem yapılmamışsa 100mV kriterini kullanmak üzere boru-hattının doğal boru-toprak potansiyellerini belirlemek üzere boru hattı depolarize edilir.Katodik koruma sistemi devre dışı edilerek koruma akımı kesildikten sonra aşağıda açıklanan süreler kadar beklenilir.

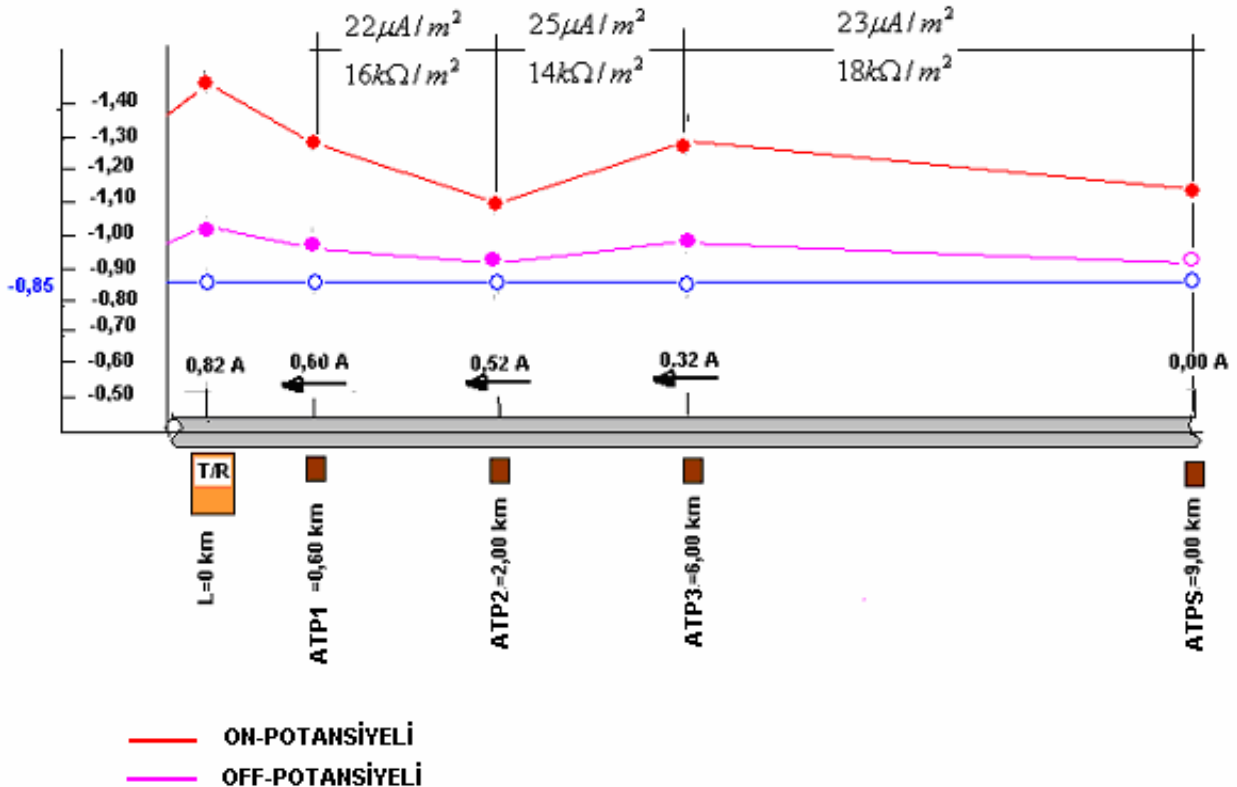
1. İyi kaplamaya haiz toprağa gömülü boru hatlarında 60-90 gün
2. Zayıf kaplamalı ve kaplamasız boru hatlarında 2-30 gün

- Depolarizasyon hızı toprak şartlarına göre değişir.Genellikle yüksek korozyon değerlerine haiz ortamlarda ,oksijen seviyesinin yüksek olduğu, elektrolitin hareketli (akarsu) olduğu ortamlarda depolarizasyon çok hızlı olacaktır. İyi kaplamalı boru hatlarında ve yüksek özgül dirençli sahip toprak yapısında ve düşük oksijen seviyesine sahip ortamlarda depolarizasyon çok yavaş olacaktır.
- Eğer ani-OFF potansiyeli doğal potansiyel ile 100mV polarizasyon kayması ile toplamından daha negatif değerde çıkarsa kriter gerçekleşmiş olur.

11 Katodik Koruma Sistemi ile Korunan Boru Hatlarında Boru hattı Üzerindeki Hata Yerlerinin Bulunması

Katodik olan eski boru hatları diğer yabancı yapılar ile bir çok ba noktada bağlantı halinde olabilir. Aynı durum yeni tesis edilen boru hatlarında kötü işçilik ve dikkatsizlik nedeniyle yabancı boru hatlarıyla elektriksel iletkenlik sebebiyle köprülenebilir.

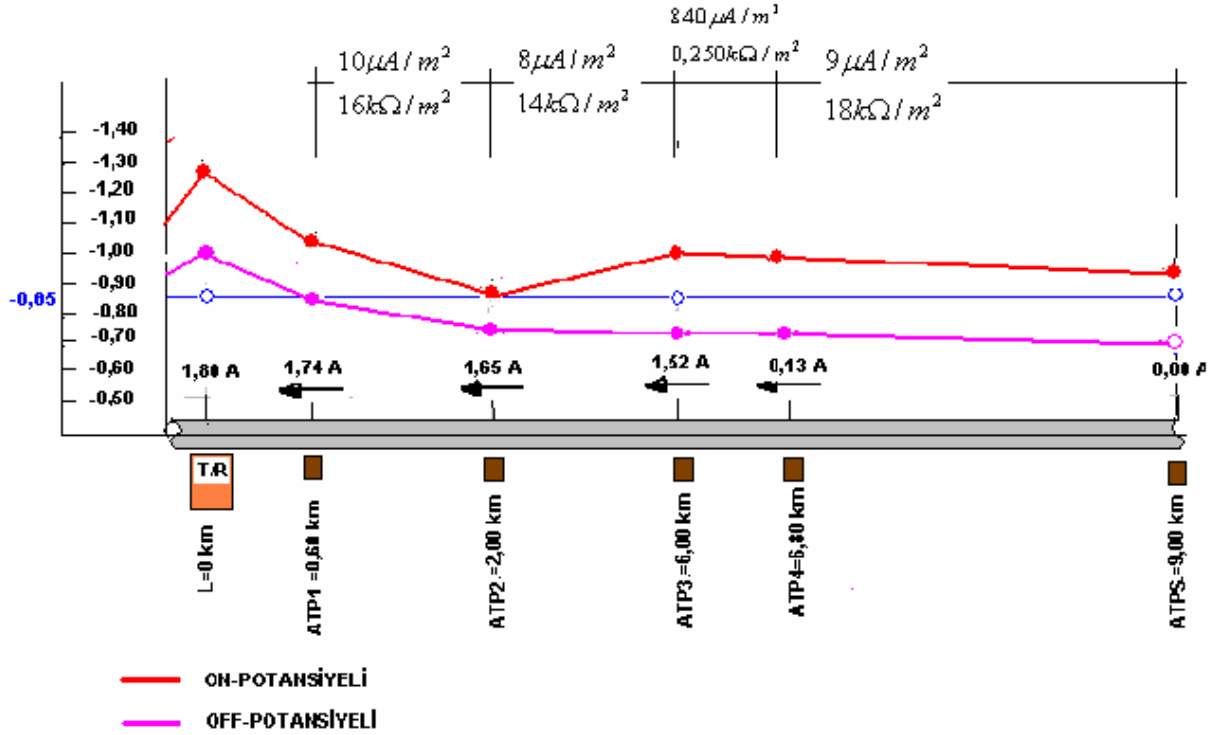
ON-OFF Potansiyellerindeki değişim veya boru hattı boyunca meydana gelen potansiyel farklılıkları katodik korumanın etkisini önleyen hataların görülmesini sağlar.Boru hattının katodik olarak korunması için gereken akım ihtiyacı boru hattının kaplamasının yıpranmasında göz önüne alınarak katodik koruma sisteminin proje safhasında tecrübelerede dayanarak tahmin edilir. Aşağıdaki şekil 46. da boru hattının devreye alındığı zaman yapılan akım ölçü test (ATP) kutularından yapılan ON-OFF potansiyel ve akım ölçümleri sonucunu ve bu değerlere göre hesaplamalar sonucu belirlenen kaplama direnci ve koruma akım yoğunluğu değerlerini göstermektedir.



Şekil 46.: Sağlam bir boru hattında yapılan ölçüm değerleri ve Kaplama direnci ve koruma akım yoğunluğu değerleri

Hattın problemsiz olduğuna karar verebilmek için şekilde görüldüğü gibi ON ve OFF boru-toprak potansiyelinin – 850 mili Volt değerinin üzerinde olması ve Akım ölçü test kutularından ölçülen akım değerleri ve boru hattı boyutları esas alınarak hesaplanan boru kaplama direnci değerleri ve koruma akım yoğunluğu arasında olağan üstü farklılıkların olmaması gerekir.

Şekil 47 de aynı boru hattının ATP3 ile ATP4 akım ölçü test kuruşu arasında kalan bölgede yabancı bir yapı ile temas durumunu göstermektedir.



Şekil 47: Boru hattında yabancı bir yapı ile olan temas sonucu elde edilen ölçme sonuçları ve kaplama direnci ve akım yoğunlukları

Şekil 47 dende görüleceği üzere boru hattında OFF-potansiyelinin ölçülmesinin gerekli olduğudur .Zira sadece ON-potansiyeli ölçülürse şekildende görüleceği üzere boru hattının problemsiz olduğu sonucuna varılır. Halbuki boru hattı yabancı bir yapı ile temas halinde ve boru hattını koruyan katodik koruma sistemi ATP 1 den sonra etkisiz durumdadır. ON-OFF potansiyeli ölçümleri alabilmek için dış akım kaynaklı katodik koruma sistemine ait Transformator/Redresör (T/R) ünitesi 1 saniye koruma akımın kesen ve 4 saniye koruma akımı veren akım açma-kapama sistemi (Current Interrupter) sistemi ile donatılmalıdır. Ne yazıkki ülkemizde uygulanan dış kaynaklı katodik koruma sisteminde söz konusu akım açma kapama mekanizması hemen hemen hiç bir sistemde mevcut olmadığından gerekli ilave testlerin yapılmasına gerek duyulmadan boru hattının korozyon ve katodik koruma sistemi açısından problemsiz olduğu kanaatine varılmaktadır.

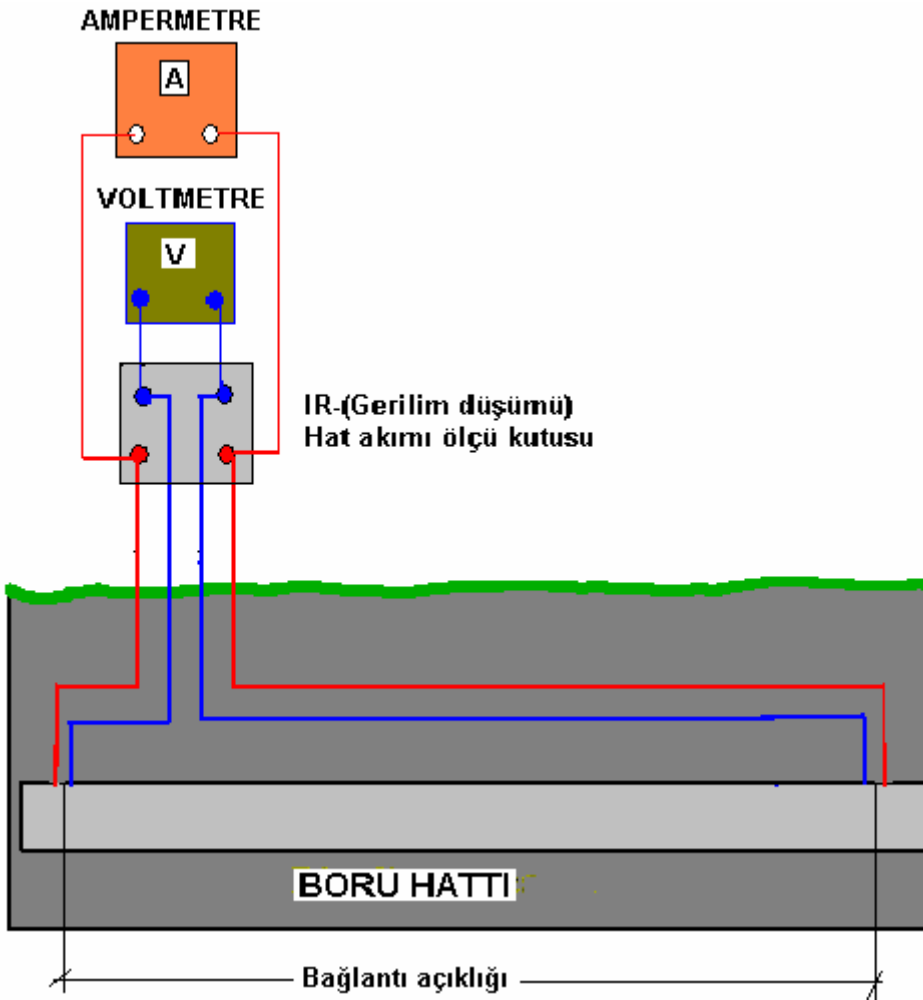
Diğer boru hattıyla veya toprakla temas yeri , boru hattı üzerinde akım ölçü ve test kutuları vasıtasıyla gerçekleştirilen akım ölçüm değerleri kullanılarak bir kaç yüz metre içinde bulunabilmektedir.

Yabancı boru hatları ile temaslar katodik olarak korunan boru hattındaki koruma akımı ON-OFF edilerek bulunabilir. Koruma akımı ON edildiğinde eğer yabancı boru hattı üzerindeki potansiyel daha az negatif veya daha pozitif değerde olacaktır.

Eğer korunan boru hattı ile yabancı boru hattı arasında elektriksel bir temas varsa korunan boru hattına ait katodik koruma sistemi ON konumuna alınınca yabancı boru hattında ölçülen potansiyel bir öncekine göre daha negatif değer alacaktır.

Doğru akım Kullanarak Hata Yerinin Bulunması

Hata yerinin bulunması ohm kanunun uygulanmasına dayanır.



Şekil 48: Akım ölçü test kutusundan ölçümlerin alınması

Akım ölçü test kutusunda bağlantı açıklıklarından okunan akımı ,koruma akımı çok küçük olduğundan dolayı hata akımı olarak kabul ederek ve akım ölçü kutusundan ölçülen gerilim(gerilim düşümü değerini) değerini esas alarak ve aynı zamanda boru hattına ait boyuna direnç R_L bilindiğinden

Hata yerinin ölçü kutusuna uzaklığı

$$L_H = \frac{\Delta U}{I_H \cdot R_L}$$

ΔU Akım test ve ölçü kutusundan ölçülen gerilim(IR-gerilim düşümü) değeri(Volt)

I_H Akım test ve ölçü kutusundan ölçülen hata akımı değeri(Amper)

R_L Boru hattının boyuna direnci olup

$$R = \frac{r_B}{(D-t)t} \text{ (ohm / m) ifadesiyle belirlenir}$$

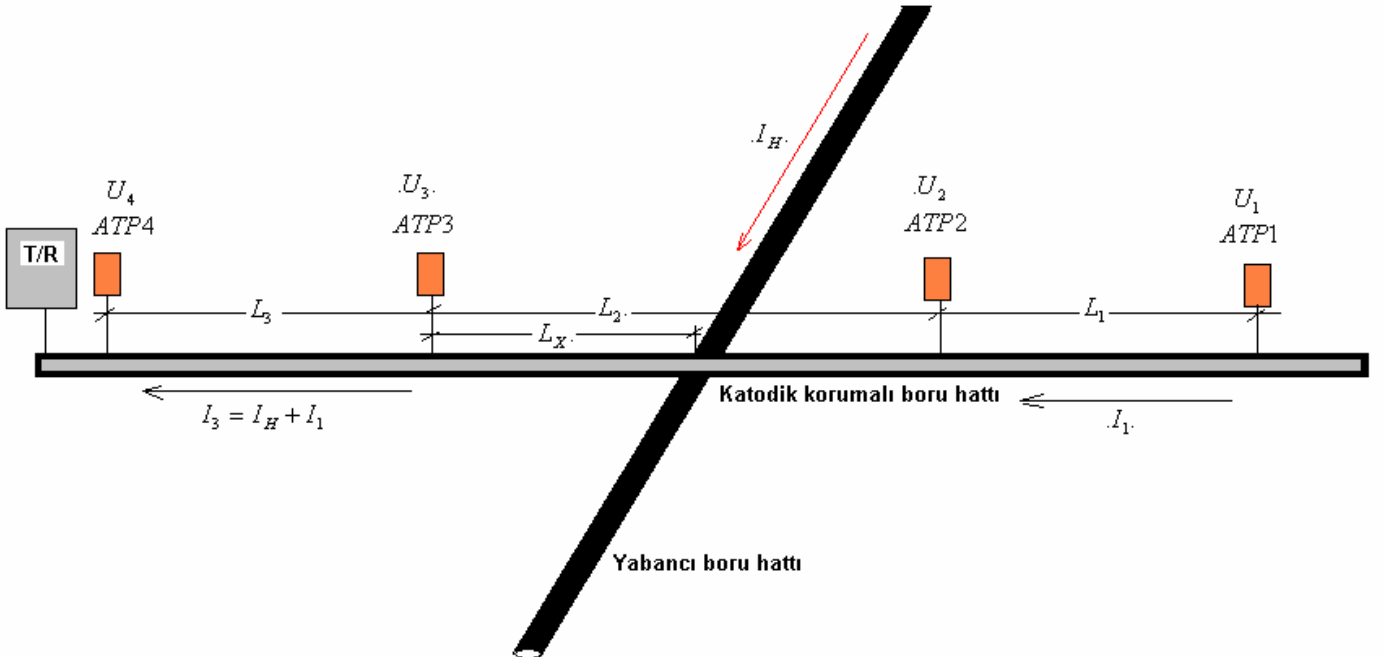
Burada

$r_B = 0,18 \cdot 10^{-6} \text{ (ohm.m)}$ borunun metre başına özgül direnci

D Boru çapı (metre)

t (metre) Boru et kalınlığı

Bu basitleştirilmiş hesap şekli ancak çok düşük temas direnci olduğunda ve boru hattından diğer akımlar akıyorsa kullanılabilir. Boru hattının dışına doğru olan akım akışları ayrı ayrı ölçülmeli ve hesaba katılmalıdır.



Şekil 49: Yabancı bir boru hattı ile elektriksel temas yerinin bulunması için gerekli ölçümler

Şekil 49 de görüldüğü gibi ATP akım ölçü ve test kutuları vasıtasıyla gerekli akım ve gerilim ölçümleri muhtemel temas noktasının her iki tarafında da yapılmalıdır.

Ölçü değerleri bulunduktan sonra aşağıdaki ifade yardımıyla elektiksel temas yeri aşağıda verilen ifade yardımıyla bulunur.

$$L_x = \frac{\Delta U_2 - I_1 \cdot L_2 \cdot R_L}{I_H \cdot R_L} = \frac{(U_2 - U_1)}{(U_3 - U_1)} \cdot L_2$$

$$I_3 = I_H + I_1$$

$$\Delta U_2 = U_3 - U_2$$

R_L Boru hattının boyuna direnci olup

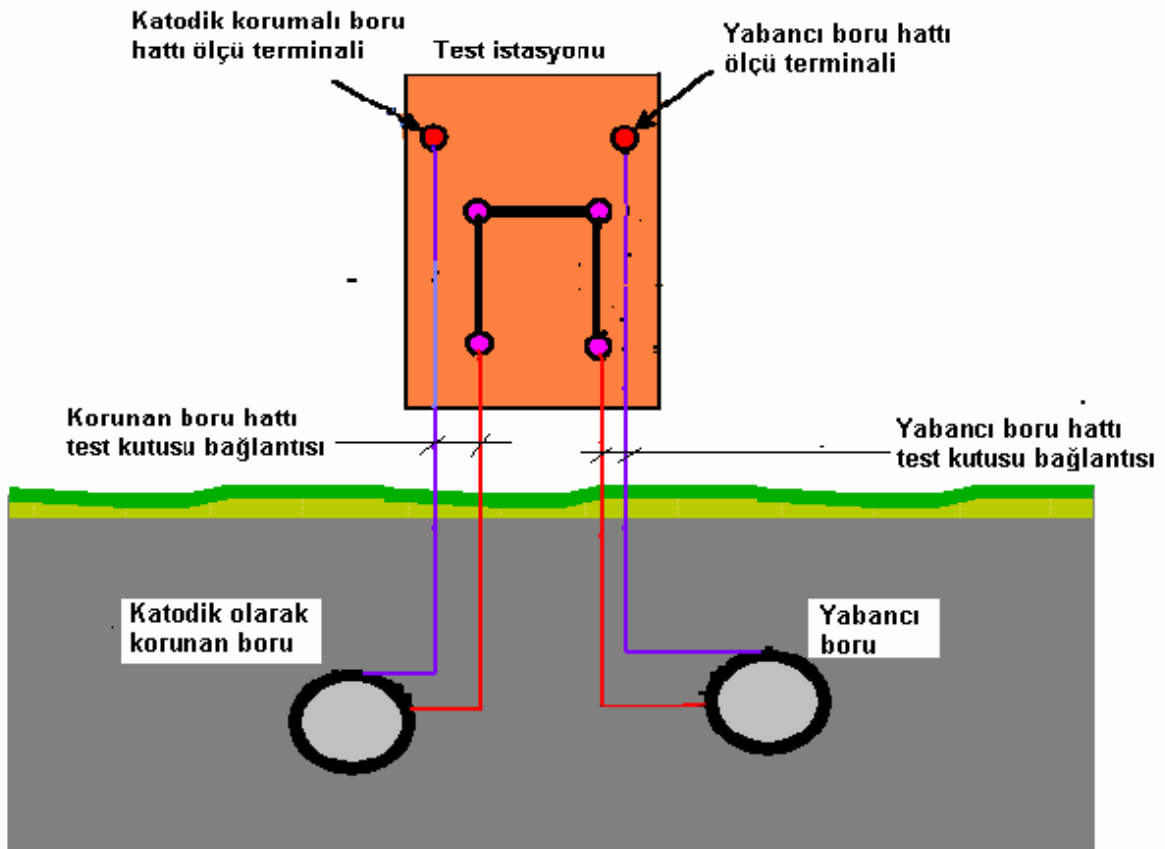
$$R = \frac{r_B}{(D-t)t} \text{ (ohm / m) ifadesiyle belirlenir.}$$

I_H Yabancı boru ile temas sonucu akan hata akımı

11. Katodik Koruma sistemi ile Korunan Boru Hatlarında Enterferansın Kontrolü

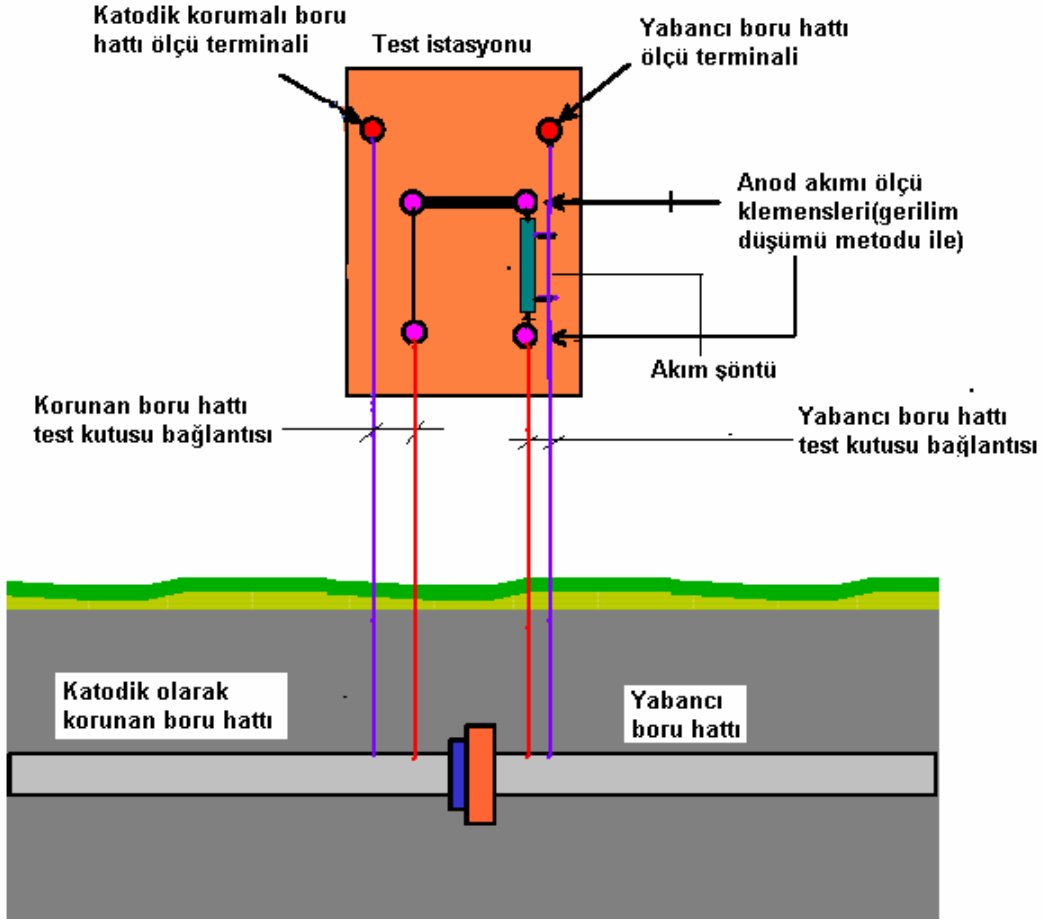
11.1. Katodik olarak korunan boru hattı ile yabancı boru hattını birbiri ile bağlamak

Enterferansın kontrol altına alınması metodlarından birincisi yabancı boru hattını katodik olarak korunan boru hattına şekil 1 de görülen test ve ölçü kutusuyla birbirine bağlamaktır.



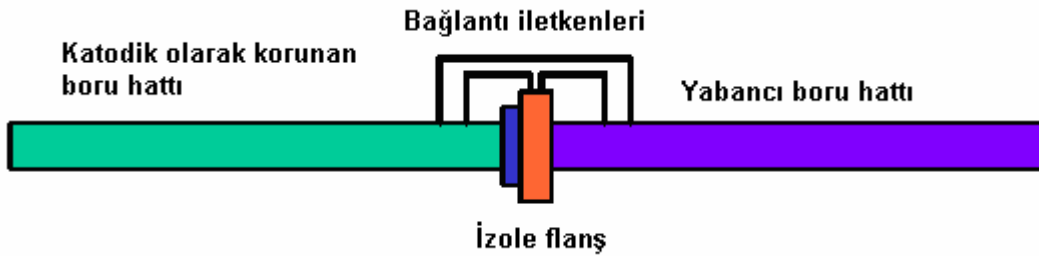
Şekil 50: Katodik korumalı boru hattının yabancı boru hattı ile doğrudan bağlanması

Genellikle iletken bağlantının sürekliliğini kontrol edebilmek ve bağlantı iletkeni boyunca akan akımı ölçebilmek için test ve ölçü kutusu tesis edilir. Herbir boru hattına ait boru toprak potansiyelini ölçebilmek için test ve ölçü kutusu 4-hatlı olarak kurulur. Akım ölçüleri (şekil 2) normalde kalibrasyonlu şönt direnç kullanarak direnç üzerindeki gerilim düşümünü ölçmek suretiyle gerilim direnç metodu kullanılarak alınır. Böyle bir imkan yoksa dijital pens ampermetre ile veya akım devresini açmak suretiyle devreye düşük giriş direncine sahip ampermetre sokarak akım ölçüleri alınır.



Şekil 51: Birbiri ile İzole flanş üzerinden birleşen iki boru hattı için tesis edilen Test ve ölçü kutusu.

Yabancı boru hattı ile izole flanş vasıtasıyla birleşme durumunda eğer birleşme noktasında yabancı boru katodik olarak korunuyorsa ve üzerinde yeterli seviyede (-0,85 V) boru-toprak potansiyeli mevcutsa ölçü kutusuna gerek kalmadan şekil 3 de görüldüğü gibi birbirleriyle doğrudan bağlanabilir.



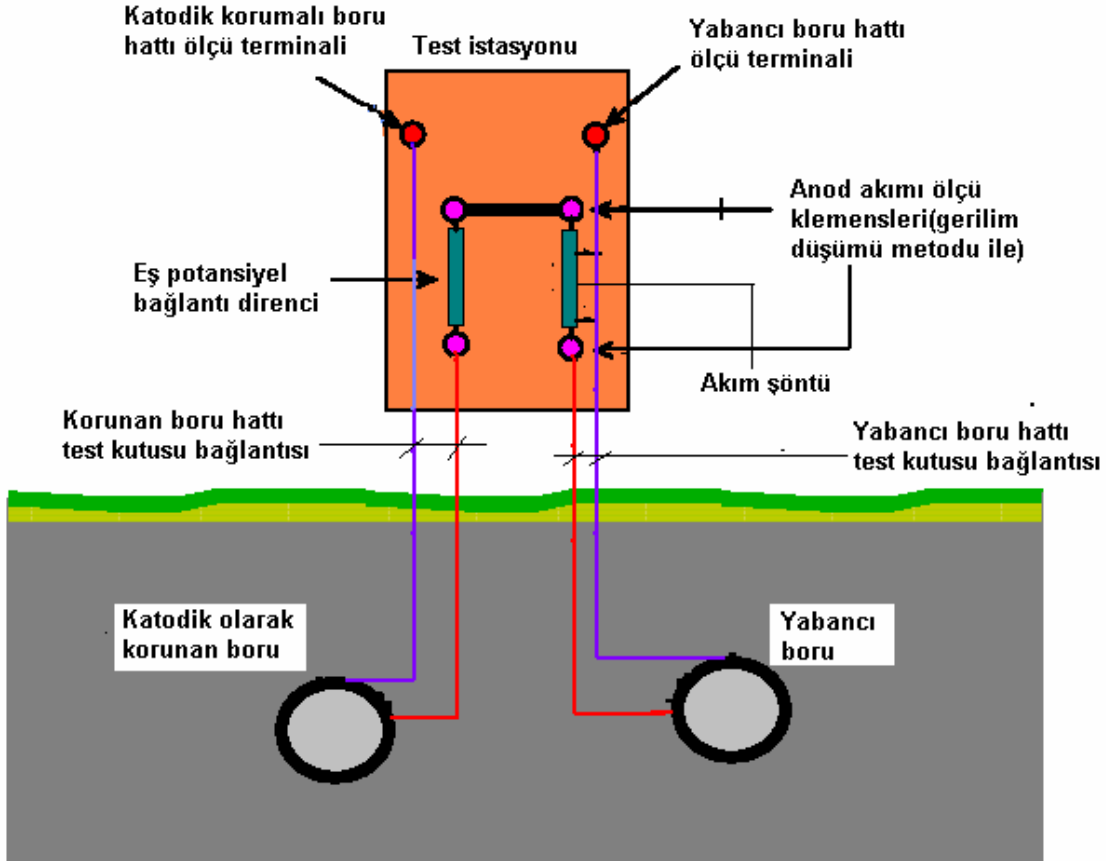
Şekil 52: Boru hatları arasındaki bağlantıların doğrudan yapılması

11.2 Katodik olarak korunan boru hattının direnç üzerinden birbirleriyle bağlantısı

Doğrudan bağlantı ya mevcut katodik koruma sisteminin vereceği koruma akımının her iki boru hattı için yeterli olamamasından veya yabancı boru hattı sahipleriyle yeterli seviyede organizasyonun gerçekleştirilememesinden dolayı her zaman tercih edilmemektedir.

Bu nedenle yabancı boru hattına akacak akımın en aza indilmesi istenir. Böyle durumlarda iki boru hattı arasındaki bağlantı direnç üzerinden yapılır. Direnç değeri iki yapı üzerinde enterferans meydana getirmeyecek şekilde her iki yapının potansiyelini aşağı yukarı aynı yapacak ve yabancı boruya akan akımı en aza indirecek şekilde yapılır.

Direnç değerinin ayarlaması Şekil 4 de görülen test kutusu vasıtasıyla yapılır.



Şekil 53: Yabancı boru hattı ile bağlantının direnç üzerinden yapılması

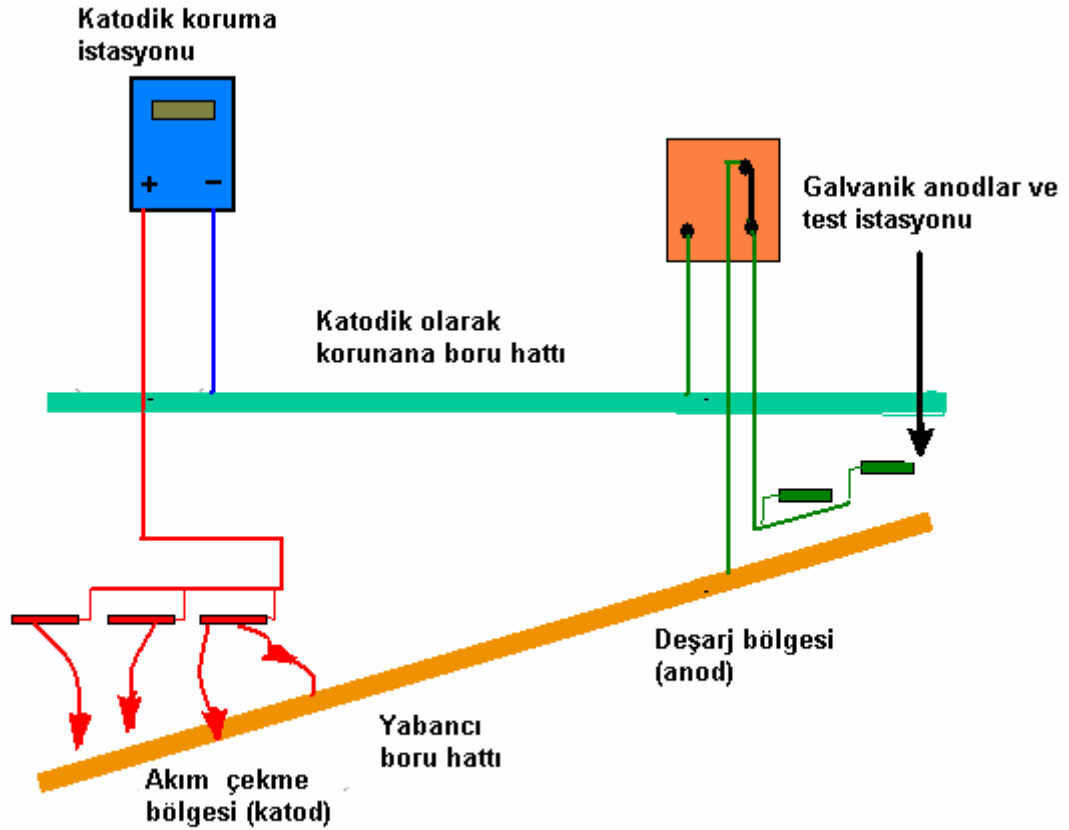
Sol tarafta görülen eş potansiyel direnci önce doğrudan bağlanır. Sonra ayarlanabilir akım şöntü direnci ile bu direncin bağlandığı iki terminal arasında potansiyel 20 mili Volt okununcaya kadar direncin değeri değiştirilir. Bu değer veya bu değere yakın potansiyel değerinin okunduğu direnç değeri eşpotansiyel bağlantı direnç değeri olarak belirlenir. Değeri belirlenen eşpotansiyel direnç şekilde görülen yerine takılır ve akım şöntü sökülerek bunun bağlandığı terminaller uygun kesitte kablo vasıtasıyla birleştirilir. Eş potansiyel kutularındaki ölçümler 30 günde bir tekrarlanarak borular

arasındaki potansiyel farkının uygun olup olmadığı kontrol edilmeli ve gerekiyorsa testler tekrar edilerek uygun değerde dirençle değiştirilmelidir.

11.3. Galvanik anodlar kullanmak suretiyle enterferansın kontrol altına alınması

Bazı durumlarda enterferans şekil 5 de görüldüğü gibi deşarj bölgesinde yabancı boru hattı üzerine galvanik anodlar tesis edilmek suretiyle enterferans kontrol altına alınır.

Burada amaç yabancı yapının negatifliğini yükselterek deşarj bölgesindeki akımların devresini galvanik anodlar üzerinden tamamlamaktır.

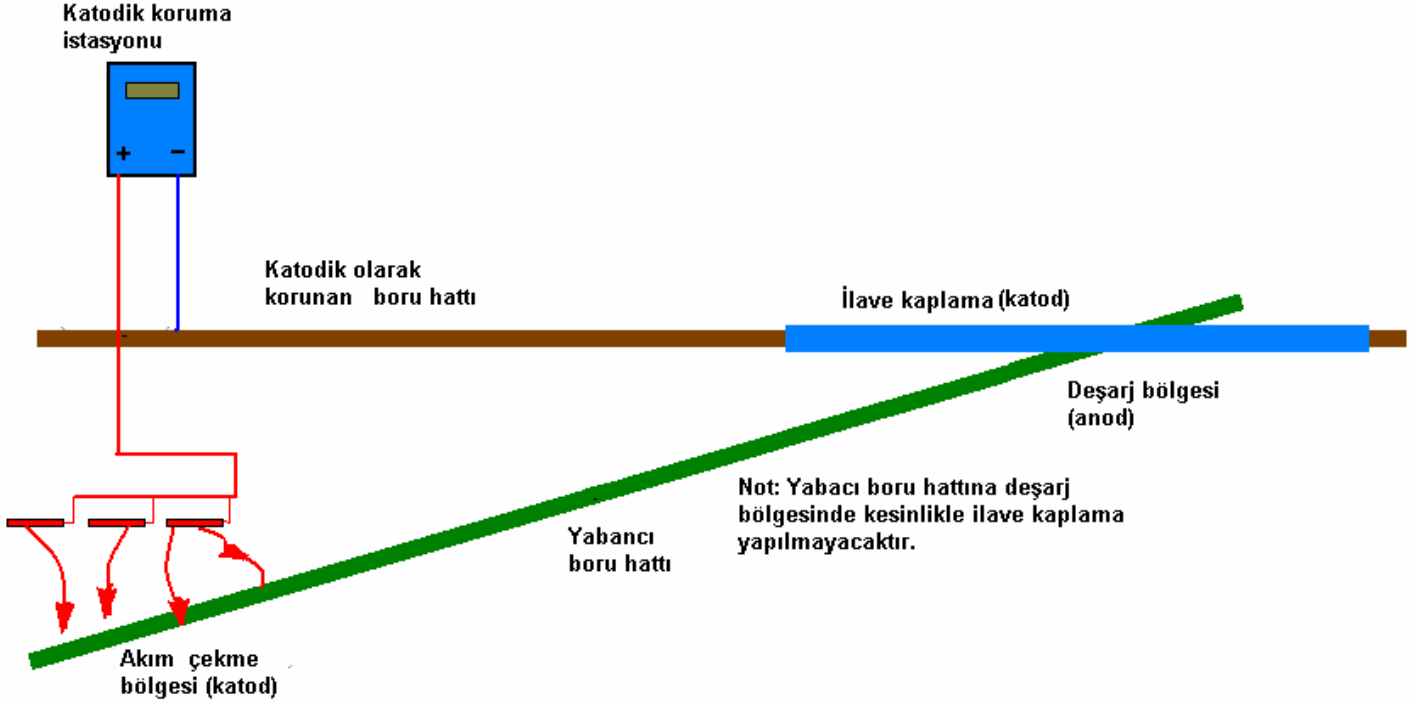


Şekil 54: Galvanik anodlar tesis etmek suretiyle enterferansın kontrol altına Alınması

Ancak söz konusu metod yabancı boru hattı kaplamasının iyi olduğu ve enterferans akımlarının oldukça düşük olduğu durumlarda uygulanabilir. Ayrıca bu metod deşarj bölgesi yakınlarında katodik olarak korunan boru kaplamasına ilave kaplama yapmak suretiyle kombine edilebilir.

11.4 . Korunmuş boru hattına ilave kaplama yapılması

İki boru hattının kesiştiği yerde katodik olarak korunan boruya ilave kaplama yaparak deşarj yerindeki geçiş direncini arttırmak suretiyle enterferans etkileri ortadan kaldırılır.

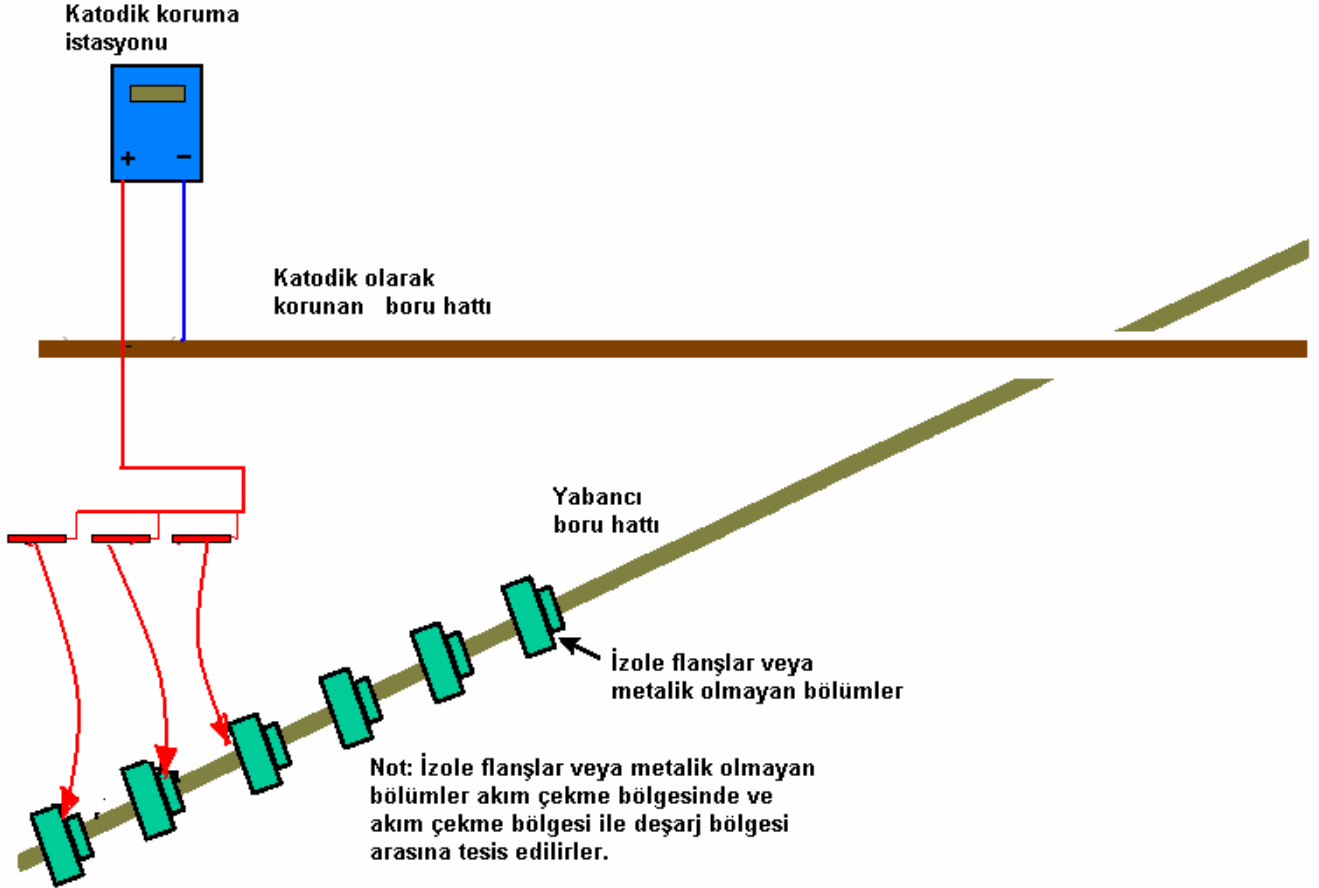


Şekil 55: İlave kaplama yapmak suretiyle enterferansın kontrol altına alınması

İlave kaplamanın boyu çok uzun olmalıdır. İki boru hattının kesişme noktasından iki tarafa en az 12 metre ve toplam en az 24 metre boyunda olmalıdır.

Bu enterferans kontrol metodu yabancı boru hattı veya katodik olarak korunan boru hattı dizayn veya yapım safhasında ise en ekonomik methodur.

11.5. Akım çekme bölgesi ile akım deşarj bölgesi arasında ,kaçak akım bölgesinde Yabancı yapı üzerine izole flanşlar veya bu bölgede metalik olmayan bölümler kullanmak

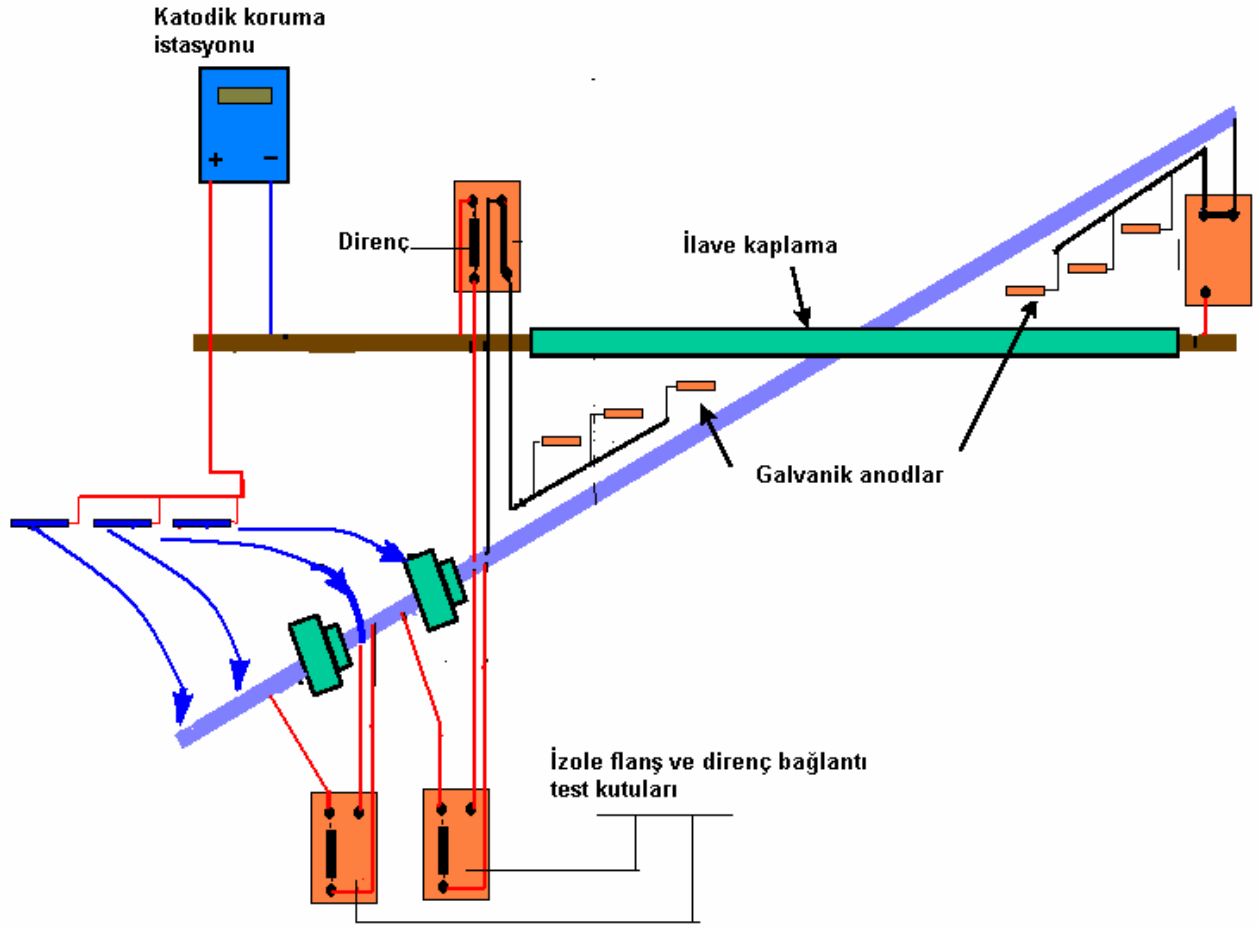


Şekil 56: İzole flanşlar veya izole bölümler kullanmak suretiyle enterferansın kontrol altına alınması

Bu methodan ekseriyetle katodik olarak korunan boru hattına yakın olan yapılar üzerindeki enterferans etkilerini ortadan kaldırmak için yararlanılır. Methoddaki amaç kaçak akım yolunun direncinin değerini büyük ölçüde arttırmak suretiyle enterferans akımının büyüklüğünü önemli ölçüde azaltmaktır. İzolasyonlar ve izole bölümler akım çekme bölgesi ile akım deşarj bölgesi arasında akım bölgesinde tesis edilir.

11.6. Karma metod kullanılması

Bir çok durumlarda kaçak akımların büyüklüğüne, korunan boru hattının kaplama kalitesine , yabancı boru hattının kalitesine bağlı olarak yukarıda anlatılan metotlar karma olarak kullanılır.



Şekil 57: Karma metod kullanarak enterferansın kontrol altına alınması

Kaynaklar

Electrical Engineering Cathodic Protection NAVAL Engineering Department USA
Maintenance & Operation of Cathodic Protection NAVAL Engineering Department
USA

Corrosion Protection Manual CHEVRON Comp.
Handbook of Cathodic Corrosion Protection W. Von BEACKMAN, W. SCHWENK,
W.PRINZ

BOTAŞ Katodik Koruma Şartnameleri.