

# DIŞ AKIM KAYNAKLI KATODİK KORUMA SİSTEMİNİN OTOMASYONU

Özgür Turay KAYMAKÇI<sup>1</sup>

Salman KURTULAN<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Elektrik Mühendisliđi Bölümü  
Elektrik-Elektronik Fakültesi  
İstanbul Teknik Üniversitesi, 80626. Maslak, İstanbul

<sup>1</sup>e-posta: kaymakci@elk.itu.edu.tr

<sup>2</sup>e-posta: kurtulan@elk.itu.edu.tr

*Anahtar sözcükler: Dijital Kontrol, Katodik Koruma, Korozyon*

## ABSTRACT

Each year, metal corrosion causes billions of dollars of damage to pipe lines, tanks, wharves, bridges, buildings, - anything made of metal buried in earth or installed under water. Corrosion occurs because metals lose ions when they are exposed to the electrolyte ( moisture and chemicals ) in soils and water.

This paper presents a digital controller for external source cathodic protection. To design a controller, the mathematical model of the system was obtained by using transient response analyze method. To provide the system act as I had foreseen, in the z domain a phase-lead controller was designed.

## 1. GİRİŞ

1920'li yıllarda Amerika Birleşik Devletlerinde petrol taşımacılığı önem kazanınca, o gün için yapılan en mükemmel kaplamalarda bile korozyonun tam olarak önlenemediği ortaya çıkmıştır. Çok yüksek maliyetlerle üretilen ve tesis edilen uzun boru hatlarındaki delinmeler işletmeleri güç durumda bırakmıştır. Kaçınılamaz bir şekilde oluşan korozyonu önleyebilmek için 1928 yılında R.J. KUHN tarafından boru hatlarına ilk defa katodik koruma uygulaması gerçekleştirilmiştir. Katodik koruma uygulaması ile boru hatlarındaki korozyon olayı sebebi ne olursa olsun tam olarak önlenmiştir.

DüĖgün ve kaliteli bir şekilde kaplaması yapılmış bir metalin üzerinde oluşabilecek korozyonun sadece sebebi üretim esnasında oluşan kaplama hataları değildir. Aynı zamanda bu metalin kullanıldığı ortama göre üzerinde zaman içinde önlenmesi pek mümkün olmayan iççilik hataları ve taşıma esnasında aldığı deformasyonlar nedeniyle kaplama sorunları çıkacaktır. Katodik koruma ile metal yüzeyinde korozyona neden olan etkenlerin

ne olduğu önemsenmeksizin metalin yüzeyinde oluşan korozyon tam olarak durdurulabilmektedir. Önceleri sadece boru hatları üzerinde uygulanan katodik koruma 1950'li yıllardan sonra tanklar, gemiler, su depoları, baraj kapakları, iskele ayakları, betonarme demirleri ve daha birçok metalik yapıda yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır.

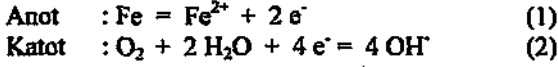
Endüstriyel ortamda metalleri korozyona karşı koruyabilmek için değişken doğru gerilim üreten sistemler kullanılmaktadır. Bu sistemler çeşitli kumanda ve kontrol düzenekleri ile donatılarak metallerin üzerindeki korozyonun etkisi çoğu zaman sıfıra çok yakın değerlerde tutulmaktadır.

## 2. DIŞ AKIM KAYNAKLI KATODİK KORUMA

Metalin yüzeyinde oluşan korozyon, metallerin içinde buldukları ortam ile kimyasal veya elektro kimyasal reaksiyona girerek metalik özelliklerini kaybetme olayıdır. Metallerin büyük bir kısmı su ve atmosferik etkilere dayanıklı olmayıp normal koşullar altında bile korozyona eğilimlidir. Doğada bulunan herhangi bir metal minerali, o metal için en düşük enerji taşıyan halinde yani en stabil biçimindedir. Bu mineraller özel metalurjik yöntemlerle enerji harcanarak metal haline getirilir. Ancak metallerin çoğu element halinde termodinamik olarak stabil değillerdir. Uygun bir ortam bulması halinde üzerinde taşınmış oldukları kimyasal enerjiyi geri vererek yeniden minimum enerji taşıyan stabil bileşikler haline dönüşmek isterler. Bu nedenle korozyon olayları enerji açığı çıkararak kendiliğinden yürür.

Korozyon olayları metal yüzeylerinde oluşan korozyon hücrelerinin anot ve katodunda oluşan elektro kimyasal reaksiyonlar ile yürür . Bir korozyon hücresinin oluşabilmesi için şu şartların sağlanması gerekir.

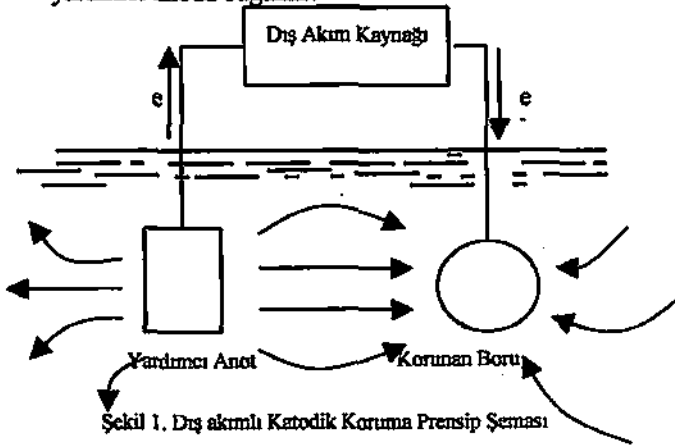
- İyon içeren bir sulu çözelti
  - Yeteri kadar negatif potansiyele sahip bir anot
  - Anottan daha pozitif potansiyele sahip bir katot
- Bu üç şart sağlanması halinde teorik olarak korozyonun oluşması kaçınılmazdır. Örnek olarak nötral bir sulu çözelti içinde korozyona uğrayan bir demir metalini ele alalım. Demir yüzeyinde yürüyen anot ve katot reaksiyonları (1) ve (2)şyledir.



Endüstriyel önem taşıyan metallerin normal atmosferik koşullarda korozyona uğramasının sebebi bu metallerin üzerinde anot reaksiyonunun gerçekleşmesi ve yüzeylerinden elektron uzaklaşmasıdır.

Diğer taraftan katot reaksiyonu için gerekli olan elektronlar bir dış kaynak üzerinden verilecek olursa korunan metal üzerinde anot reaksiyonu ile elektron üretilmez. Bu durumda anotta yürüyen korozyon olayı da durmuş olur. Dış akım kaynaklı katodik koruma ile korozyonu önlenmesi bu elektrokimyasal ilkeye dayanır. Metale dıştan uygulanan akım ile verilen elektronlar metal yüzeyinde yürümekte olan reaksiyonu tam olarak durdururken katodik reaksiyonun hızını da artırır. Anot reaksiyonları artık korumakta olan metalin yüzeyinde değil katodik koruma devresinde bulunan yardımcı anotta yürür. Korunmakta olan metalin yüzeyi de tam olarak katot olur.

Dış akım kaynaklı katodik korumada, bir transformator redresör dizeneği üzerinden elde edilen değişken doğru gerilim metale uygulanır. Şekil 1'de görüldüğü üzere edilen doğru gerilimin (-) ucu korunacak olan metale (+) ucu da bir yardımcı anoda bağlanır.



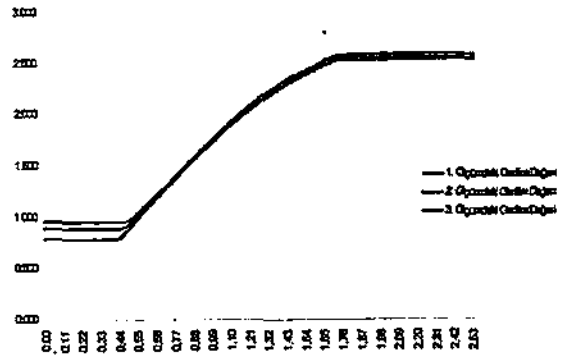
Şekil 1. Dış akımlı Katodik Koruma Prensi Şeması

### 3. KATODİK KORUMA REDRESÖRÜNÜN MATEMATİKSEL MODELİNİN ELDE EDİLMESİ

Korozyona karşı korunmak istenilen proses ve redresör içindeki elemanların prensip şema halinde Şekil 2'de gösterilmiştir.

Redresöre ait her bir elemanın teker teker transfer fonksiyonlarının elde edilmesi zor ve zahmetli bir iş olmakla beraber bazıları için imkansız denilebilecek güçlüktedir. Bu şartlar altında bütün elemanların teker teker transfer fonksiyonlarının çıkartılmasından vazgeçilerek proses ve redresöre dışarıdan sadece tek bir sistemmişçesine bakılmasının daha uygun olduğu düşünülmüştür. Bu mantık altında prosese PLC vasıtasıyla basamak giriş yöntemi uygulanarak prosesin çıkışı üzerinden proses ve redresörün bütün elemanlarını yaklaşık karakterize eden bir transfer fonksiyonu bulunmaya çalışılmıştır.

Bu amaçla sisteme uygulanan 18 Volt genliğe sahip birim basamak girişin için sistem cevabı Şekil 3'deki gibidir.



Şekil 3. Birim Basamak Giriş Uygulanmış olan Prosesin Farklı Zamanlardaki Cevap Eğrisi

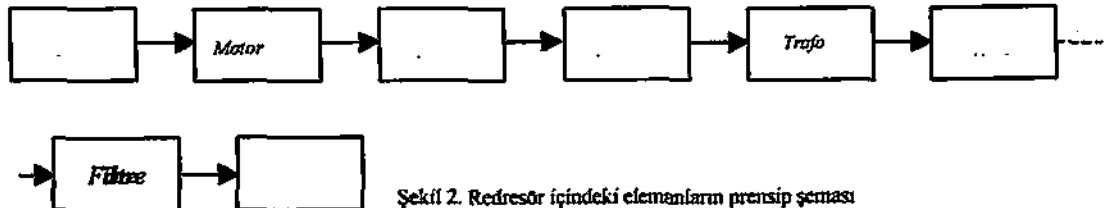
Şekil 3'deki gibi elde edilen sistem cevabı için (3) nolu denklemdeki transfer fonksiyonu öngörülmüştür.

$$G(s) = \frac{K}{s} e^{-T_d s} \quad (3)$$

$$K=0.0729 \quad T_d=0.5s$$

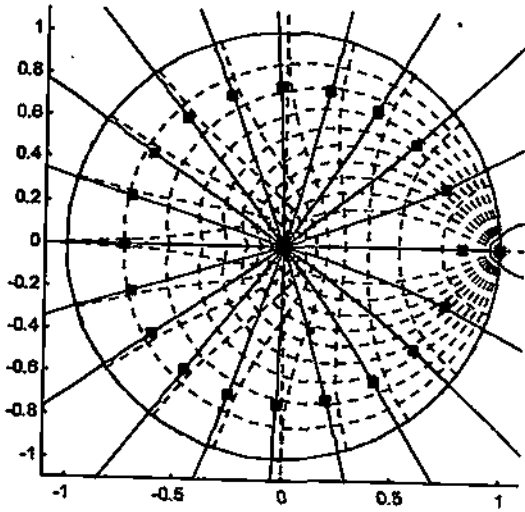
25 ms.'lik örnekleme periyodu ile kontrolörün çalıştırılacağı öngörüldüğünde sistem için z domenindeki transfer fonksiyonu (4) nolu denklemdeki gibi olacaktır.

$$G(z) = Z\{G(s)\} = Z\left\{\frac{0.0729}{s} e^{-0.5s}\right\} = \frac{0.003645}{(z-1)z^{20}} \quad (4)$$



Şekil 2. Redresör içindeki elemanların prensip şeması

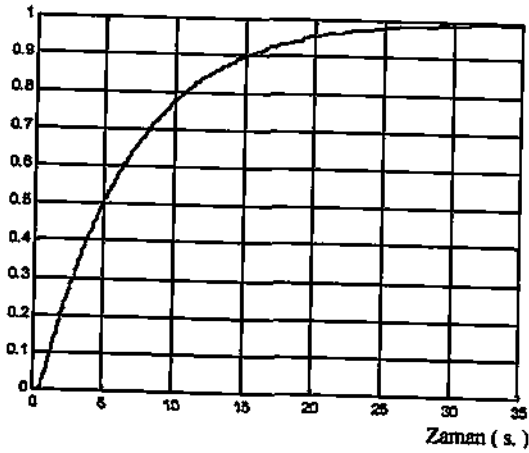
Sistemin birim geri besleme ile çalıştığı göz önünde bulundurulduğunda sistem için köklerin geometrik yer eğrisi Şekil 4'deki gibi olacaktır.



Şekil 4. Sistemin köklerinin geometrik yer eğrisi

(4) nolu denklemde gösterilen transfer fonksiyonu için birim basamak cevabı Şekil 5'deki gibi olacaktır.

Sistem Cevabı

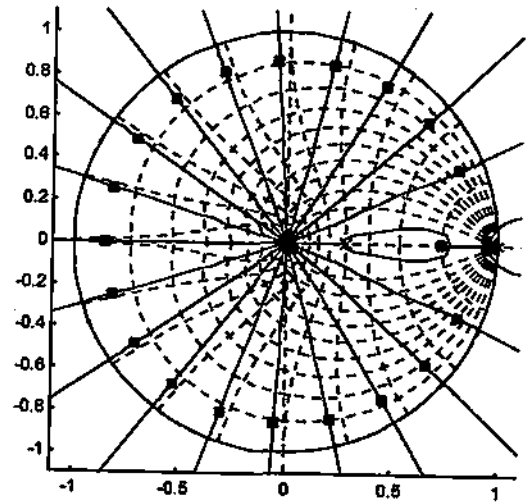


Şekil 5. Sistemin birim basamak cevabı

#### 4. SİSTEM İÇİN KONTROLÖR TASARLANMASI

Köklerin geometrik yer eğrisi yöntemiyle sistem için daha önceden öngörülen performansta çalışmasını sağlamak için faz ilerletmeli bir kontrolör vasıtasıyla kontrol edilmesi öngörülmüştür. Köklerin geometrik yer eğrisi yöntemi vasıtasıyla tasarlanan faz ilerletmeli kontrolör (5) nolu denklemde gösterilmiştir.

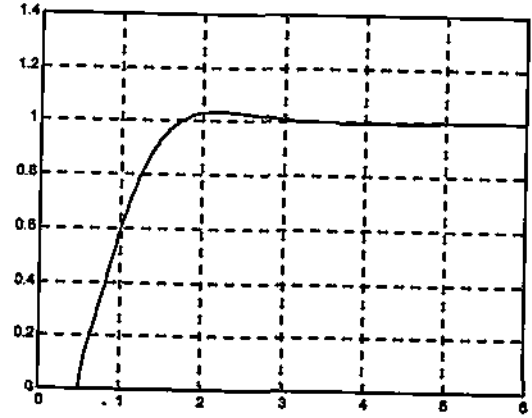
$$G_K(z) = \frac{17(z - 0.73)}{(z - 0.28)} \quad (5)$$



Şekil 7. Faz ilerletmeli kontrolör ile sistemin köklerinin geometrik yer eğrisi

(5) nolu denklemdeki faz ilerletmeli kontrolör kullanılması halinde köklerin geometrik yer eğrisi Şekil 7'deki gibi olacaktır. Bu şekilde sistemin birim basamak cevabı ise Şekil 8'deki gibi olacaktır.

Sistem Cevabı



Şekil 8. Sistemin birim basamak cevabı

#### 5. SONUÇ

Metallerin korozif etkilere karşı korunması için geliştirilen dış akım kaynaklı katodik koruma redredörü için tasarlanmış olan faz ilerletmeli kontrolör PLC vasıtasıyla programlanmıştır. Kontrolörün başarı ile çalıştığı ve sistemin cevabının daha öngörüldüğü gibi olduğu gözlenmiştir.

#### REFERENCES

- [1] Leigh J. R., 1992 Second Edition, Applied Digital Theory. Design and Implementation, Prentice-Hall

- [2] Mohan, Underland, Robbins, Second Edition, Power Electronics Converters, Applications and Design, Prentice-Hall
- [3] Prof. Dr. Yalçın H., Doç Dr. Koç T., 1999 Katodik Koruma, Palme Yayınları, ANKARA
- [4] Ogata K., 1997 Third Edition Modern Control Systems, Prentice-Hall International, Inc.
- [5] Olsson G., Pianni G., 1992 Computer Systems for automation and Control, Prentice-Hall
- [6] Olsson G., Pianni G., 1992 Computer Systems for automation and Control, Prentice-Hall
- [7] [http:// www.corrosion.com](http://www.corrosion.com), Internet Sitesi