

# Afyon Bölgesinde Yer Alan Doğalgaz Boru Hattı Üzerindeki AC Enterferans Seviyelerinin Ölçülmesi ve AC Korozyon İhtimalinin Değerlendirilmesi

Emre KARATAŞ<sup>1</sup>, Levent SEYFİ<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü /Konya Teknik Üniversitesi, Konya, Türkiye

\*Sorumlu Yazar/Sunucu:leventseyfi@selcuk.edu.tr

Sunum/Bildiri Türü: Sözlü/ Tam metin

**Abstract** –Bu çalışmada, Afyon Bölgesindeki 8” çapındaki bir doğalgaz boru hattının yüksek gerilim enerji iletim hattı ile yakın güzergahı kullanması, kesişim ve paralellik arz etmesi nedeniyle önceden hazırlanan rapora göre alınan tedbirler neticesinde boru hattının bir kısmı üzerindeki alternatif akım yoğunluğu seviyesinin ölçülmesi, ulusal ve uluslararası kuruluşların belirlediği sınır değerlerle karşılaştırılması ve boru hattı üzerindeki farklı noktadaki AC akım yoğunluğu ile kıyaslanması amaçlanmıştır. Ölçümler boru hattı üzerinde 2 ayrı noktada uzun dönemli olarak gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada Z- Log 44 veri kayıt cihazı kullanılmıştır. Çalışma sonunda elde edilen ölçüm değerleri EkoLog 4100 arayüzü kullanılarak grafiklere dönüştürülmüştür. Ayrıca boru hattı üzerinde ilave tedbirler alınması gerektiği tespit edilmiştir.

**Keywords** –Yüksek Gerilim Hattı, Boru Hattı, AC Enterferans, Ölçüm, AC Korozyon

## I. GİRİŞ

Birçok metal doğada cevher içerisinde tuz, oksit gibi kararlı bileşikler halinde bulunurlar. Cevher ayrıştırma ve indirgeme işlemlerinden geçirilerek saf haldeki metal elde edilir. Saf haldeki bu metal kararsız bir yapıya sahip olup sürekli olarak tekrar kararlı hale yani ilk cevher haline dönme eğilimi içinde olur. Metallerin doğadaki ilk cevher hallerine yeniden dönmesi anlamına gelen korozyon, kimyasal ve elektrokimyasal reaksiyonlar sonucu malzeme yüzeyinden başlayarak, malzeme derinliklerine doğru etki ederek devam eden ve malzeme özelliğinin değişmesine yol açan bir bozunma sürecidir [1].

Çelik malzeme yapısı itibarıyla kararsız bir yapıda olup; doğada bulunduğu cevher halindeki demire dönüşme isteğindedir. Bu kararsız yapı çeliğin malzeme kalitesini bozarak korozyona uğratmakta ve pas haline getirmektedir. Yüksek maliyetler ile yapılan yatırımlar ile inşa edilebilen boru hatlarında meydana gelen korozyon, boru hatlarının ekonomik ömrünü kısaltmak ile birlikte çevre ve insan sağlığı açısından da olumsuzluklar meydana getirmektedir.

Böyle bir problemin varlığı insanoğlunu çare bulmaya zorlayarak Katodik Koruma sistemlerinin oluşmasına neden olmuştur. Katodik korumanın temel ilkeleri elektro- kimyasal korozyon teorisine dayanmaktadır. Katodik koruma, korunacak metali oluşturulacak bir elektrokimyasal hücrenin katodu haline getirerek metal yüzeyindeki anodik akımların giderilmesi işlemidir. Bu korunacak metali daha aktif bir metal ile (galvanik anot veya kurban anot) eşleyerek sağlanacağı gibi dıştan akım uygulayarak da gerçekleştirilebilir [2].

Katodik Koruma Sistemleri devredeyken bile yer altındaki yapılarda AC ve DC parazitlerden kaynaklı ciddi hasarlar meydana gelebilmektedir. Genel olarak girişim, herhangi bir yabancı yapının, elektrik alanında meydana getirdiği değişimdir. Yabancı yapı katodik olarak korunan borudan daha pozitif potansiyele sahip ise, akım korunan boruya doğru; eğer daha negatif bir potansiyele sahip ise, akım yabancı

yapıya doğru hareket eder. Her iki durumda da elektrolit içinde akım ve potansiyel çizgilerinin yeniden dağılımı gerçekleşir [3].

Genel olarak elektriksel enterferans bir bozucu kaynak, bir bağlantı yolu ve bir alıcıdan oluşur. AC enterferans halinde ise bozucu kaynak yüksek gerilim hatları, alıcı metalik yapı (boru hattı), yüksek gerilim hattı ile boru hattı arasındaki bağlantı yolu ise kapasitif, dirençli veya iletken ve indüktif bağlantı mekanizması ile sağlanır [4].

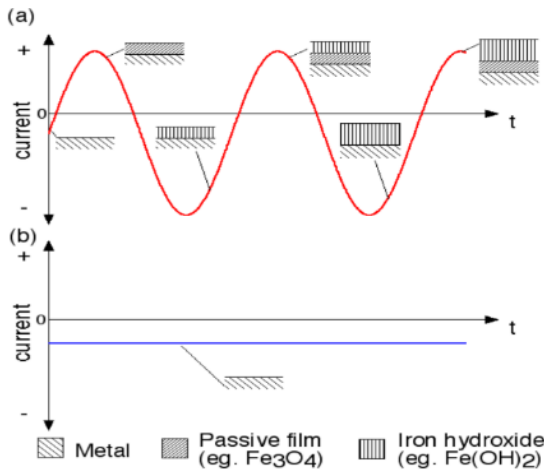
Kapasitif bağlantı veya elektrostatik girişim, yüksek gerilim enerji nakil hattının iletkenlerinden geçen AC akımın ürettiği elektromanyetik alana bağlı olarak, zeminden elektriksel olarak izole edilmiş çelik boru hattı üzerinde bir gerilim oluşturabilir. Yani kapasitif bağlantı, boru hattı inşaatı esnasında boru yeryüzünden izole edilen destekler üzerindeki bir tehlike kaynağıdır. Boru hattı ve iletken arasındaki hava, dielektrik malzeme gibi davranan ve elektrik alanını minimum güç kaybıyla koruyabilen bir kondansatör olarak yük oluşturabilmesi nedeniyle boru ile çevresindeki toprak arasında bir potansiyel farka sebep olur. Meydana gelebilecek olan potansiyelin büyüklüğü, öncelikli olarak boru hattının yüksek gerilim iletkenlerine olan mesafesine, yüksek gerilim enerji hattı akımının büyüklüğüne (gerilim seviyesi) ve yüksek gerilim enerji nakil hattı fazlarının düzenlemesine bağlıdır [4].

Dirençli bağlantı, devreler arasında iletken yollar (metalik, yarı iletken veya elektrolitik) vasıtasıyla iki veya daha fazla devrenin birbirini etkilemesinden kaynaklanmaktadır. Yüksek gerilim enerji nakil hattı direğinde (veya bir elektrik santralinde) topraklama arızası meydana geldiği zaman eğer boru hattı doğrudan yüksek gerilim sisteminin topraklamasına bağlandıysa (yani elektrik santrali içindeyse), veya boru hattı direk ya da güç istasyonunun etki alanı'na girdiyse aşırı akımların toprağa geçmesi nedeniyle boru hattı bölgesinde bir zemin potansiyeli yükselmesi gözlenir. Bu durumda enerji

direği veya enerji sistemi ile yakınında bulunan boru hattı arasında iletken bağlantı oluşur [4].

İndüktif bağlantıda ise; yeraltı boru hatlarının yüksek gerilim enerji nakil hatlarına paralel veya yakın olduğu durumlarda, boru hattı iletim hatları tarafından üretilen ve zamanla değişen manyetik alanların neden olduğu indüklenmiş gerilime maruz kalır. İndüktif elektromanyetik kuvvetler boru hattında akım dolaşımına ve boru hattı ile çevredeki toprak arasındaki gerilime neden olur [4].

Katodik olarak korunan boru hatları üzerinde enterferans etkisi nedeniyle AC gerilim olduğunda, sistemin empedansına bağlı olarak metal üzerindeki kaplamanın kusurlarına bir akım akacaktır. Eğer gerilim yeterince büyükse (genellikle AC gerilim 1 V'dan büyük olduğunda) alternatif gerilimin pozitif yarım dalgası esnasında akım metal yüzeyden ayrılacaktır. Metal yüzeyden çıkan akım Helmholtz çift katlı kapasitansın şarjına, hidrojenin oksidasyonu ile korozyon ürünlerinin azaltılması ve boru hattının oksidasyonuna neden olabilir. Metal yüzeyinden çıkan akım bir takım korozif olmayan işlemleri beslediğinden, boru hattında belirgin bir korozyona neden olması için genellikle 4-10 V arasında daha yüksek gerilimde olması gerekir. Ayrıca kaplama kusurunun yayılma direnci, toprak bileşenleri, katodik koruma düzeyi vb. gibi değişken parametreler bu oluşumu etkilemektedir [5].

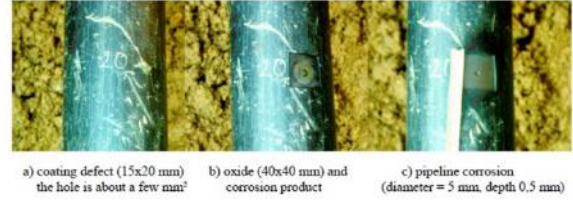


Şekil 1 Kaplama Hatasında Boru Hattının Metal Yüzeyindeki Akımın ve Gerçekleşen Elektrokimyasal Proseslerin Şematik Bir Gösterimi

Şekil 1-a'da gösterildiği gibi metal yüzeyinden çıkan akım nedeniyle, akımın pozitif dalgası esnasında çıplak metal yüzeyi oksidize edilir ve böylece pasif film tabakası oluşur. Negatif dalga sırasında ise metale akım girdiğinden pasif film tabakası demir hidroksite (pas) dönüşür. Bir sonraki anodik devrede tekrar bir pasif film oluşur. Daha sonra demir hidroksit tabakası büyüyerek devam eder. Böylece her döngüde bir miktar pas oluşur. Uzun vadede metal kayıplarına neden olur [5].

Şekil 1-b'de gösterilen durumda ise, metal yüzeyinde AC akım ve gerilim indüklenmesi olmadığı ve her zaman bir akım girişi olduğu için metal kaybı yaşanmaz [5].

AC enterferansa maruz kalan bir boru hattı üzerinde, boru izolasyonu kaplamasındaki 15x20 mm büyüklüğündeki kusurun meydana getirdiği etki gösterilmiştir [5].



Şekil 2 AC Korozyon vakası

Bu çalışmada, Afyon bölgesinde yapılan bir doğalgaz boru hattının daha önceden hazırlanan AC enterferans raporuna göre, yüksek gerilim hatlarına paralel ve kesişim yaparak yer altına gömülmesi durumunda oluşabilecek AC girişimlerine karşı alınan tedbirler ve tedbirler neticesinde ortaya çıkan ölçüm sonuçları gösterilmektedir.

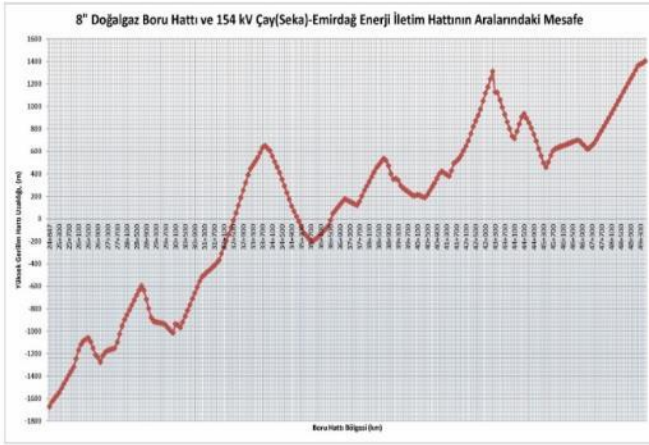
## II. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışma kapsamında, Afyon bölgesinde 8" çapında, 5,20 mm et kalınlığında, API 5L X46 kalitedeki 3 mm kalınlığında üç katlı PE kaplamalı toplam uzunluğu 49.646,00 metre uzunluğundaki yüksek basınçlı doğalgaz boru hattının yaklaşık 24.600,00 metrelik kısmında AC enterferans etkisinde kalınacağı düşüncesiyle önceden hazırlanan rapora göre; alınan tedbirler ve tedbirler neticesinde boru hattı üzerinde oluşturulan ölçüm noktalarından 30 saniye aralıklarla yapılan 24 saatlik veri kayıtları incelendi. İnceleme sonucunda boru hattı üzerinde AC korozyon oluşma ihtimali TS EN 15280 standardı doğrultusunda değerlendirildi.



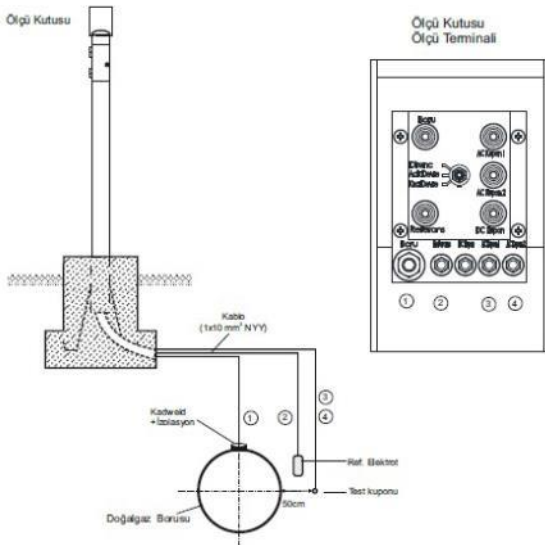
Şekil 3 Doğalgaz Boru Hattının Enerji Nakil Hattından Etkilenme İhtimali Olan Bölge

Şekil 3'de doğalgaz boru hattı ile 154 kV Çay (Seka)-Emirdağ Enerji İletim hattının birbirlerine göre olan pozisyonları gösterilmektedir. Boru hattına göre yaklaşık Km:24+800'den başlayıp, Km: 49+500'e kadar paralel devam eden ve 3 noktada boru hattı ile kesişen bir güzergah meydana getirmektedir. Şekil 4'te enerji iletim hattı ile boru hattı arasındaki mesafeler gösterilmektedir.



Şekil 4 Doğalgaz Boru Hattı ile Enerji Nakil Hattının Birbirlerine Olan Mesafesi

Yapılan tüm ölçümler, “TS EN 15280” standartında belirtilen kuponlar kullanılarak tesis edilen ve Şekil 5’de tipik çizimi yer alan kupon ölçü kutularından (CTS) Şekil 6’da gösterilen veri kayıt cihazları kullanılarak 30 saniye aralıklarla yaklaşık 24 saat boyunca yapılan kayıtlar neticesinde elde edildi.



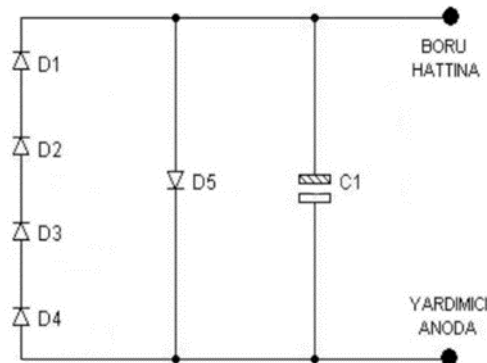
Şekil 5 Kupon ölçü kutusu (CTS) tipik çizimi



Şekil 6 Veri kayıt cihazı

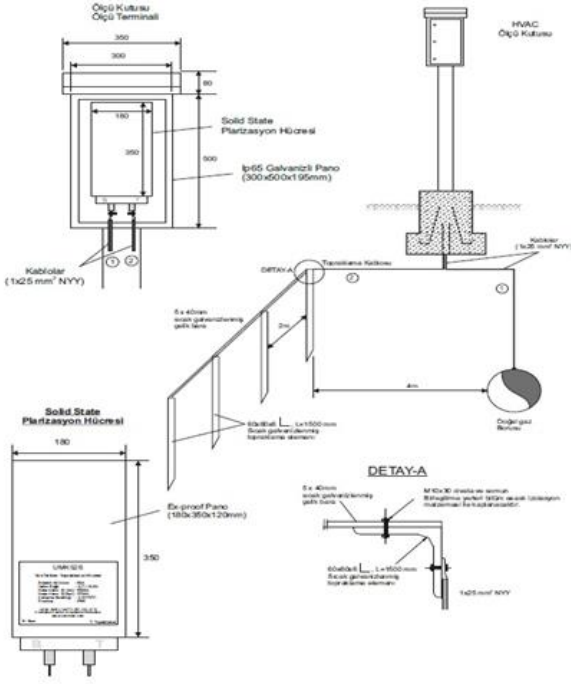
Kullanılan veri kayıt cihazı (data logger) 4 farklı kanaldan hem AC hem de DC olarak kayıt yapabilme yeteneğine sahip olup; yapılan ölçümlerde A ve C kanalları kullanıldı. Veri kayıt cihazının A kanalından boru hattının bulunduğu çevredeki toprağa göre AC gerilim seviyesi ve boru hattının toprağa göre olan DC gerilim seviyesi yani katodik koruma gerilimi ölçümleri yapıldı. C kanalından ise Şekil 5’teki tipik çizimde gösterildiği üzere yerleştirilen  $1 \text{ cm}^2$ ’lik çelik prob üzerindeki hem AC hem de DC akım yoğunluklarının ölçümleri ölçü kutusu terminali üzerinde yer alan 10 ohm’luk direnç yardımıyla gerçekleştirildi.

Şekil 7’de gösterilen uluslararası standart ve normlarda kabul görmüş ve pratikte kullanımı yaygın olan katı durumlu polarizasyon hücresinde (SSPC) ise devrede yer alan C1 kondansatörü belirli bir empedans meydana getirerek boru hattı üzerindeki meydana gelen alternatif gerilimlerin toprağa aktarılmasını sağlamaktadır. D1, D2, D3 ve D4 diyotları ise boru hattı üzerindeki gerilimleri sınırlayarak koruma geriliminden daha fazla oluşabilecek olan gerilimlerin boru hattından uzaklaştırılmasını sağlamaktadır. Devrede yer alan D5 diyotu ise boru hattı üzerinde meydana gelebilecek olan yıldırım düşmesi durumunda devreye girerek boru hattı geriliminin toprağa göre daha pozitif olmasını engellemektedir.



Şekil 7 Katı durumlu polarizasyon hücresi (SSPC)

Katı durumlu polarizasyon hücreleri Şekil 8’deki HVAC ölçü kutusu bağlantısı tipik çizimlerine uygun olarak boru hattı üzerinde belirlenen noktalara yerleştirildi.



Şekil 8 HVAC ölçü kutusu bağlantı şeması

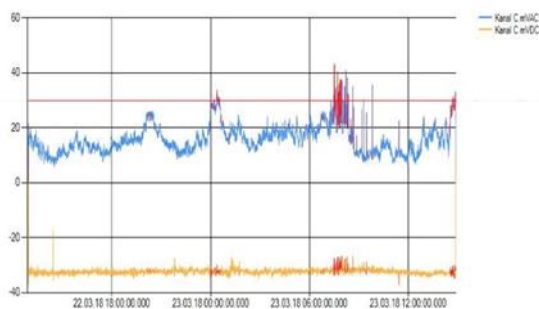
### III. ÖLÇÜM SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Boru hattı güzergahı ile enerji iletim hattı arasında boru hattı km: 36+550'de yaşanan kesişim halinden sonra boru hattı enerji nakil hattına göre kuzey, kuzey batı yönünde yer almaktadır. Bu kesişim noktasından sonra boru hattı ile enerji iletim hattı arasındaki mesafe en az 47 en çok 1403 m aralığında salınmaktadır. Bu durum Şekil 4'den anlaşılabilir.

Boru hattı güzergahı üzerinde km:40+500'de HVAC-08 ölçü kutusu tesis edilerek, ölçü kutusu içerisine Şekil 8'deki şemaya uygun şekilde 10 kA polarizasyon hücresi montajı yapıldı ve devreye alındı. Yine boru hattı güzergahı üzerinde km:37+936'da CTS-06 ve km:46+736'da CTS-09 kupon ölçü kutuları Şekil 5'deki şemaya uygun olarak imal edildi. Bu bölgede boru hattı ile enerji iletim hattının kesişiminden hemen sonraki CTS-06 ve kesişime en uzak ölçü kutusu olan CTS-09 özellikle seçildi.

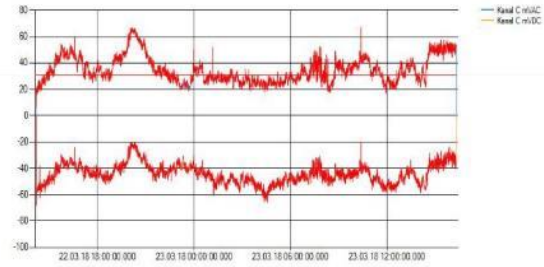
Böylece boru hattı ile enerji nakil hattı arasındaki paralellik mesafesi uzunluğunun boru hattı üzerindeki gerilim seviyesini ve akım yoğunluğunun artması ihtimali değerlendirildi [6].

Şekil 9'daki grafikte CTS-06 ölçü kutusundan yaklaşık 24 saat boyunca 30 saniye aralıklarda kupon üzerinden alınan 3118 ölçümün sonucu gösterildi.



Şekil 9 CTS-06 ölçü kutusuna bağlı kupon üzerinden alınan ölçümler

Şekil 10'daki grafikte ise CTS-09 ölçü kutusundan yaklaşık 24 saat boyunca 30 saniye aralıklarda kupon üzerinden alınan 3150 ölçümün sonucu gösterildi.



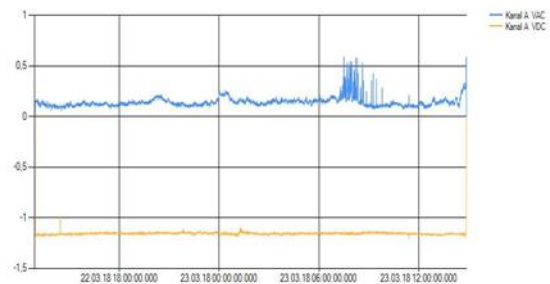
Şekil 10 CTS-09 ölçü kutusuna bağlı kupon üzerinden alınan ölçümler

Alınan ölçümler, CTS ölçü kutuları içerisindeki ölçüm terminaline bağlanan veri kayıt cihazı yardımıyla ölçü terminalinde yer alan 10 ohm'luk direnç üzerinden gerilim cinsinden alındı. Ancak;  $V=I \times R$  eşitliğinden faydalanılarak, grafikteki mV (AC) değerleri mA (AC) ye çevrildiğinde örneğin 10 mV' luk bir değer 1 mA'ye karşılık geldiği hesaplandı.

Korozyon oluşma ihtimalinin değerlendirilebilmesi için  $1 \text{ cm}^2$ 'lik kupon üzerindeki akım yoğunluğunun  $\text{m}^2$ 'deki akım yoğunluğuna çevrilmesi gerektiği anlaşıldı. Yine basit bir birim dönüşümü hesabı ile  $1 \text{ mA/cm}^2$ 'lik değer 10  $\text{A/m}^2$ 'ye karşılık geldiği hesaplandı. Yani grafik üzerindeki mV değerlerinin,  $\text{A/m}^2$  birim cinsinden değerlendirilmesinin doğru olacağı anlaşıldı.

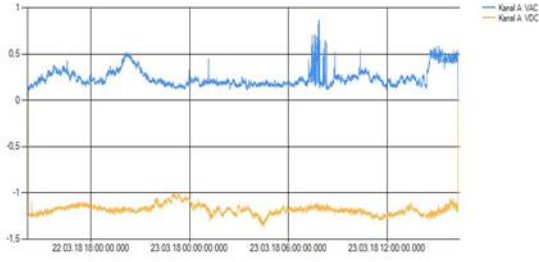
Şekil 9 ve Şekil 10'daki grafiklerde pozitif değerlerle ifade edilen kısımlar boru hattı üzerinde  $\text{m}^2$ 'ye düşen AC akım yoğunluklarını göstermekte olup, standartlarda belirtilen AC korozyon oluşma eşiği olan  $30 \text{ A/m}^2$  kırmızı ile çizildi. Negatif değerler ise boru hattı üzerindeki DC akım yoğunluğunu  $\text{A/m}^2$  cinsinden ifade ettiği görüldü.

Şekil 11'deki grafikte CTS-06 ölçü kutusundan yaklaşık 24 saat boyunca 30 saniye aralıklarda boru hattı üzerinden alınan 3118 ölçümün sonucu gösterildi.



Şekil 11 CTS-06 ölçü kutusundan boru hattından alınan ölçümler

Şekil 12'deki grafikte ise CTS-09 ölçü kutusundan yaklaşık 24 saat boyunca 30 saniye aralıklarda boru hattı üzerinden alınan 3150 ölçümün sonucu gösterildi.



Şekil 12 CTS-06 ölçü kutusunda boru hattından alınan ölçümler

Şekil 11 ve Şekil 12'deki grafiklerde pozitif değerlerle ifade edilen kısımlar boru hattı üzerindeki AC gerilim seviyesini göstermekte olup akım yoğunluğu ile benzer davranış sergilediği tespit edildi. Negatif değerlerin ise boru hattı üzerindeki katodik koruma gerilim seviyesini gösterdiği teyit edildi.

Boru hattı üzerinde km:40+500'de Şekil 8'deki tipik çizime uygun olarak tesis edilen boru hattı üzerindeki AC akım ve gerilimin deşarj noktası HVAC-08'in varlığına rağmen CTS-06'ya nispeten CTS-09'da AC akım yoğunluğunun daha fazla olduğu görüldü. Her iki bölgede de enerji iletim hattının kullanıma göre zirve yaptığı saatlerde boru hattı üzerindeki etkisinin arttığı da tespit edildi. AC akım yoğunluğunun özellikle CTS-09 bölgesinde  $30 A/m^2$ 'nin üzerinde olduğu ve AC korozyon oluşma ihtimalinin olduğu belirlendi [7].

Akım yoğunluğunun standartlarda belirlenen kriterin üzerinde olması ve AC korozyon oluşma ihtimalinin ortaya çıkmasından sonra bir başka parametre olan zemin özgül direncine dair yorum yapılması gerektiği. AC enterferans gerçekleşmesi muhtemel olan boru hattının bu bölgesinde daha önceden 100 metre aralıklarla yapılan zemin özgül direnci ölçümleri değerlendirildi [8]. Wenner yöntemiyle gerçekleşen zemin özgül direnci ölçümlerine göre bu bölgenin; en yüksek 425,38 ohm.m, en düşük 31,15 ohm.m olmak üzere ortalama 116,50 ohm.m zemin özgül direncine sahip olduğu görüldü.

Boru hattının bu bölgesinin zemin özgül direnci bakımından da orta derecede korozyon riski taşıdığı anlaşıldı [7]. Ayrıca Şekil 11 ve Şekil 12'deki grafikler mukayese edildiğinde boru hattı üzerindeki AC akım yoğunluğu ve gerilim seviyelerindeki artışın özellikle Şekil 12'de görüldüğü üzere, katodik koruma gerilim seviyesinde de dalgalanmalar yaşanmasına sebebiyet verdiği anlaşılmaktadır.

#### IV. SONUÇLAR

Bu çalışma kapsamında Z- Log 44 veri kayıt cihazı ile Afyon bölgesindeki bir doğalgaz boru hattı üzerindeki 2 farklı bölgeden yaklaşık olarak 24 saat boyunca 30 saniye aralıklarla toplam 6268 ölçüm sonucunda elde edilen veriler kullanıldı. Bu veriler veri kayıt cihazına ait EkoLog 4100 ara yüzü yardımıyla grafik haline getirildi. Ayrıca yine bu arayüz vasıtasıyla elde edilen verilerin tablo şeklinde incelemesi de gerçekleştirildi.

Ölçümler sonucunda elde edilen veriler değerlendirildiği zaman TS EN 15280 standardından belirlenen AC akım yoğunluğu değerlerinin 24 saatlik zaman dilimi içerisinde  $30 A/m^2$ 'lik sınır değerinin aşıldığı saptandı [7]. Ayrıca boru hattı ile enerji nakil hattı arasındaki paralellik mesafesi arttıkça,

enerji nakil hattının boru hattı üzerindeki enterferans etkilerinin arttığı da görüldü.

Yapılan akım yoğunluğu ölçümleri ve önceden yapılan zemin özgül direnci ölçümlerinden faydalanılarak, doğalgaz boru hattının bu bölgesinde AC korozyon oluşma ihtimali olduğu ve mevcut alınan tedbirlere ilave tedbirler alınması gerektiği belirlendi.

#### KAYNAKLAR

- [1] G. Bıyık, "Katodik Koruma Sistemleri", Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul (2013).
- [2] E. Metin, "Katodik Koruma Sistemleri, Yeni Uygulamalar ve Ekonomik Analiz", Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul (2007).
- [3] H. Yalçın, T. Koç, "Katodik Koruma", Palme Yayınları, Ankara, (1999).
- [4] A. Brenna, "A proposal of AC corrosion mechanism of carbon steel in cathodic protection condition" Ph.D. Thesis, Politecnico di Milano, Italy (2011).
- [5] Cigre, Joint Working Group, C.4.2.02, "AC Corrosion On Metallic Pipelines Due To Interference From AC Power Lines- Phenomenon, Modelling ve Countermeasures", April, (2006) pp. 8-9
- [6] Cigre, Working Group, 36.02, "Electromagnetic compatibility with telecommunication circuits, low voltage networks and metallic structures", (1995) pp. 17-44
- [7] TS EN 15280:2013, "Katodik korumalı boru hatlarına uygulanabilir gömülü boru hatlarının AC korozyon ihtimalinin değerlendirilmesi", TSE, Ankara (2014) pp.10-13
- [8] Nace SP0177, "Mitigation of alternating current and lightning effects on metallic structures and corrosion control systems", (2007) pp. 18