

ENERJİ İLETİM HATLARI ÜZERİNDEN HABERLEŞMEDE GÜRÜLTÜ ANALİZİ

¹M. Cengiz TAPLAMACIOĞLU ²Emre ÖZDEMİR ³Cem NAKİBOĞLU
⁴İres İSKENDER, ⁵Naser M. TABATABAEI

^{1,3,4}Gazi Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Maltepe-Ankara.

²Aycell Hab.Paz.Hiz. A.Ş, CN-GPRS, Ulus-Ankara.

⁵Azerbaijan University of Tarbiat Moallem, Tebriz, Iran.

taplam@gazi.edu.tr emre.ozdemir@aycell.com.tr cnakib@gazi.edu.tr

iresis@gazi.edu.tr n.m.tabatabaei@dr.com

Anahtar sözcükler: Güç sistemleri üzerinden haberleşme, Gürültü analizi

ÖZET

Mevcut araştırmada fonksiyonel olarak elde edilmiş gürültü modelleri ile uyumlu grafiksel çıktılar Matlab programı yardımı ile bir simülasyon ortamında elde edilmiştir. Matlab içindeki Commgui yazılım aracı kullanılarak, matematiksel modellere uygun olduğu ispatlanmış Shot (Vuru) gürültüsü, A sınıfı gürültü ve Arkaplan gürültüsü (AWGN) için FSK (Frekans Kaydırmalı Anahtarlama) ve PSK (Faz Kadırmalı Anahtarlama) modülasyon tekniklerinin performanslarının karşılaştırılması yapılmıştır. Karşılaştırmalarda kullanılan M-ary sinyalleşmesinde M değerinin (Sembol temsil etmede kullanılan bit sayısı) 2 için ayrı ayrı grafiksel sonuçlar elde edilmiştir. Araştırma elde edilen sonuçların tartışılması ve simülasyon neticeleriyle karşılaştırılması ile tamamlanmıştır.

1. GİRİŞ

Üretim merkezlerinde üretilen elektrik enerjisini dağıtım merkezlerine ve sonrasında kullanıcılara güvenli bir şekilde ulaştırmak için EİH (Enerji iletim hatlarını) ve EDH (Elektrik dağıtım hatlarını)'ları kullanılır. Enerji iletiminde güvenlik ve sürekliliği sağlamak için haberleşmede frekansları 20 kHz-200 kHz arasında olan iletişim sistemleri kullanılır. Bu sistemlere EİH Taşıyıcı (PLC ya da Kuranportör) sistemleri denir. Bu cihazlar "Taşıyıcı" adını her türlü bilgi ve ses işaretini RF'lı işaret üzerine bindirerek ilgili yerlere taşıdıklarından alırlar [1].

Sorunlu bir yöntem olmasına rağmen, enerji hatlarının her eve ulaşıyor olması ve yeni bir iletişim altyapısı gerektirmemesi, bu ortamda iletişim sağlanması konusu uzun yıllardır araştırmacıların ilgi odağı olmuştur. EİH'ı düzgün altyapısıyla ev-bina sınırı aşmış evdeki prizlere kadar ulaşan geniş bir yelpazededir. Ayrıca EİH üzerinden haberleşme telekom hizmet altyapısındaki lokal erişimin sıkışıklığına da hesaplı ve etkili bir çözüm sağlayacaktır [2].

2.GÜRÜLTÜ VE MODELLERİ

Enerji iletim hatlarında iletim ortamını (kanalı) sinyal zayıflaması ve gürültü etkenleri karakterize eder. EİH üzerindeki belli başlı gürültüler; darbe gürültüsü (impulse noise), arka plan gürültüsü (background noise), darbandlı gürültü (narrowband noise) ve harmonik gürültüsüdür. EİH üzerinden iletişimde, iletişim kalitesini en çok etkileyen faktörler sırasıyla arka plan gürültüsü ve darbe gürültüsü olarak kabul edilmektedir [3]. Literatürde bu gürültülerin modellenmesinde değişik yaklaşımlar kullanılmıştır.

A sınıfı gürültü; David Middleton tarafından ölçümlere dayalı olarak ortaya koyulan ve "vuru+gaussian gürültü" için kullanılan bir modeldir [4]. Yani A sınıfı gürültü, enerji iletim hatlarında gözlenen darbeli gürültü için kullanılabilir. Enerji iletim hatlarında gözlemlenen ve hat performansını etkileyen gürültüler Gaussian arka-plan gürültüsü (Gaussian) ve vuru gürültüsüdür. Dolayısıyla A sınıfı gürültü bu iki gürültünün bileşimini içermektedir. Bu yaklaşımın yanısıra darbe gürültüsünün modellenmesi için ayrıca vuru gürültüsü (shot noise) kullanılabilmektedir.

Darbe gürültüsü + Arka-plan gürültüsü (Gaussian) = I.Enerji İletim Gürültü Modelini ve Shot gürültüsü + Arka-plan gürültüsü (Gaussian) = II.Enerji İletim Gürültü Modeli'ni oluştururlar. Darbe gürültüsü genlikten ve darbeler arası süresinden etkilenir. Genel olarak bu büyüklükler modülasyon ve kodlama tekniklerine duyarlıdır.

Bu çalışmada, teorik olarak ortaya konulan gürültü modellerine (A sınıfı gürültü ve Shot gürültü) uygun gürültüler üretilerek bu gürültülerle değişik modülasyon tekniklerinin performansı, Matlab ortamında commgui yazılım arayüzü kullanılarak incelenmiştir. Commgui; Matlab altında çalışan ve iletişim yapılacak kanal ile ilgili frekans aralığı, modülasyon tipi, kanaldaki gürültü gibi değerleri girerek kanalın modellenmesini gerçekleştiren bir arayüzdür. Ayrıca bu arayüz üzerinde çalışan yazılıma fonksiyonel olarak kendi ürettiğiniz gürültüleri de

ekleyip simülasyon sonuçlarını inceleyebilirsiniz. Matlab programı içindeki yazılımda değişiklik yaparak; teorideki ile uyumlu olduğunu ispatladığımız orijinal hat gürültüsü örnekleme yapılarak üretilir. Ardından program, bu gürültüyü arkaplanda üretilen sinyal üzerine bindirir. Böylece gürültülü sinyal üretilir. Gürültü sinyalini demodüle edip orijinal gürültü ile karşılaştırır ve hataları ortaya çıkarır. Elde edilen hatalara BER (Bit Hata Oranı) denilir. BER eğrileri sistemin performansı hakkında bize fikir verir ve hattın yanılğı olasılığı anlamına gelir.

Mevcut çalışmada A sınıfı gürültünün ve shot gürültünün modülasyon tipi değiştirilerek performans değişimleri incelenmeye çalışılmıştır. Shot ve A sınıfı gürültü türleri Matlab ile ayrı ayrı çizildikten sonra bu gürültüleri bir sinyalin üstüne bindirmek gerekmektedir. Çünkü böyle bir ortamda gerçek değerlerle uyumlu olarak kanalın BER eğrilerini elde edebiliriz. Bu kanalı yine Matlab'in simülasyon ortamı içinde commgui arayüzü sağlamaktadır.

Son olarak EİH'da gözlemlenen gürültülerin, literatürde verilen istatistiki modellere uygun olarak ürettiğimiz orijinal hat gürültüsünün PSK (Faz Kaydırmalı Anahtarlama), FSK (Frekans Kaydırmalı Anahtarlama) gibi değişik modülasyon tekniklerine göre performans izlenimi ve karşılaştırılması için Matlab programı altında çalışan commgui yazılım arayüzünü kullanarak BER eğrileri elde edilmiştir.

3. GÜRÜLTÜ MATEMATİKSEL ANALİZİ

Enerji iletim hatlarında haberleşme sinyali üzerine binen gürültü; sinyalin performansını etkiler. Bu gürültü için literatürde değişik modellerin mevcut olduğu bu çalışmanın önceki bölümlerinde belirtilmişti. Gürültü modellerinden biri Darbe (shot) gürültüsü + Arka-plan gürültüsü toplamı olarak açıklanıp A sınıfı gürültü modeli olarak adlandırılmıştır. Gaussian dağılımlı olan bu A sınıf gürültüye literatürde "Gaussian Gürültü" de denir. Darbe gürültüsü iletim hattında belli zamanlarda; Arka-plan gürültüsü ise sürekli olarak görülmektedir. EİH'da iletilen sinyal gücünde meydana gelen zayıflama, zamanla Arka-plan gürültüsünün baskın olması sonucunu doğurur. Çünkü hat üzerinde sürekli bulunan Arka-plan gürültüsü, zayıflamış sinyal karşısında belli zamanlarda oluşan darbe gürültüsüne göre daha etkilidir [5].

A sınıfı (Class A) gürültünün dağılımı;

$$p_z(z) = \sum_{m=0}^{\infty} \frac{A^m}{m!} N(0, \sigma_m^2) \quad (2.1)$$

ile verilir. Bu denklemde; $N(0, \sigma_m^2)$ arkaplan gürültüden kaynaklanan sembol yanılğı olasılığıdır ve ortalaması m, varyansı σ_m^2 olan gaussian dağılım demeti olup şu şekilde formülize edilir;

$$N(0, \sigma_m^2) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_m} e^{-\frac{z^2}{2\sigma_m^2}} \quad (2.2)$$

A; gürültünün darbe gürültüsü özelliklerine sahip olup olmadığını gösteren bir parametredir. A değeri arttıkça, A sınıfı gürültünün Gaussian gürültüye yaklaştığı görülmektedir. Bizim uygulamamızda da aynı durum gözlenmiştir. (2.1) eşitliği; varyansı değişen Gaussian gürültülerde, m tamsayısının aldığı değişik değerler ile ağırlıklandırılarak toplanmasını ve oluşan dağılımları formülize ettiğini göstermektedir. Sonuçta; varyansı σ_m olan Gaussian gürültülerin toplamını verir ve değişik örnek sayıları ile A sınıfı gürültü (Class A) modeli oluşturulabilir.

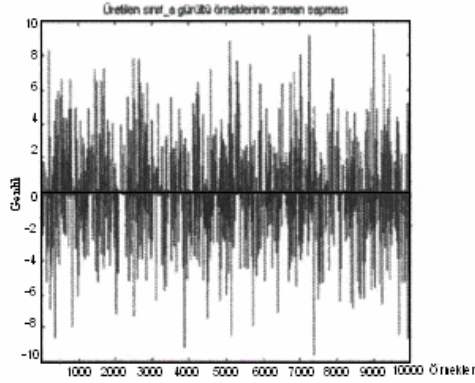
Bu çalışmada; modellemesini yapacağımız gürültü sinyali örneği Middleton tarafından analitik olarak formülize edilmiş Olasılık Yoğunluk Fonksiyonu (PDF -Probability Density Function) kullanılarak Matlab programı yardımı ile elde edilmiştir. PDF; aynı zamanda gürültünün genliğinin olasılığı olarak hangi değerler arasında olduğunu görmemizi de sağlamaktadır. Matematiksel olarak elde edilen gürültünün, hangi teorik metodlarla pdf'lerinin tahmin edilebileceği, ve FSK (Frekans Kaydırmalı Anahtarlama) ve PSK (Faz Kaydırmalı Anahtarlama) gibi modülasyon metodlarını bu uygulamalarda karşılaştırarak hangi modülasyon tekniğiyle veri iletişiminin yüksek performansta gerçekleştirilebileceğinin belirlenmesi, çalışmamızın temelini oluşturmaktadır.

Literatürde darbe gürültüsü ve A sınıfı gürültü için verilmiş PDF ifadeleri vardır. Bu PDF ifadeleri kullanılarak gürültü sinyaline ait örnekler Matlab ortamında üretilmiştir. Üretilen bu gürültü sinyallerinin histogram metoduyla bulunan PDF'leri ile teorik PDF'ler karşılaştırıldığında birbirine uygun oldukları gözlenmiştir.

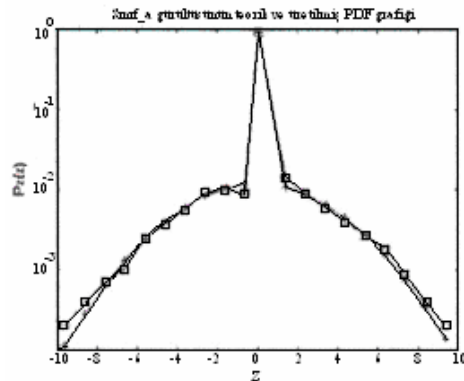
İlk aşamada literatürde verilen Class A (sınıf A) gürültüye ait olasılık yoğunluk işlevinin (PDF) fonksiyonel ifadesi (2.1) kullanılarak, A=0.1 için gürültü örneklerinin zamanla değişimi (genlik-örnek sayısı) Matlab ortamında çizdirildi (Şekil 2.1). Bu gürültüye ait yukarıdaki paragrafta belirtilen Matlab histogram metodu kullanılarak elde edilmiş PDF değişimi (P(z)z-z) Şekil 2.2'de verilmektedir. Simülasyon programının etkinliği ve değerleri tahmin etme duyarlılığının test edilmesi için eşitlik 2.1'deki A değeri 10 olarak değiştirilmiştir. Bunlara ait gürültü sinyalleri ve yine bu sinyallere ait PDF eğrileri de çizdirilmiştir, Şekil 2.3 ve Şekil 2.4.

Şekillerin PDF'lerine baktığımız zaman Pz(z) 'nin verilen aralıkta genel olarak sabit olduğu, sadece kısa süreli arkaplan gürültüsünün olduğu görülmektedir. P değeri; sinyalin toplam gücü olup, tüm ölçümlerde sabittir. Literatürde bulunan ifadelerin olasılık

yoğunluk fonksiyonunun; Matlab ortamında elde edilen grafiklerle çok uyumlu olduğu görüldü (Şekil 2.2). Yani ölçüme dayalı teorik çıktılarıyla simülasyon eğrilerinin uyumluluğu gözlemlendi. PDF ifadesinin histogram hesaplama metoduyla matlab programıyla çıktısını aldığımızda elde edilen grafikte, z değerinin -2 ile $+2$ aralığında $P_z(z)$ değerinin çok hızlı değişim gösterdiği görülmektedir. Bu aşamada; grafiğin arkaplan (gaussian) gürültüden uzak olduğu görülmektedir. Matlab programındaki ikinci tür pdf hesaplaması ise teorik olarak Middleton tarafından yapılmıştır.



Şekil 2.1. Üretilen A sınıfı gürültü örneklerinin zaman değişimi (A=0.1)

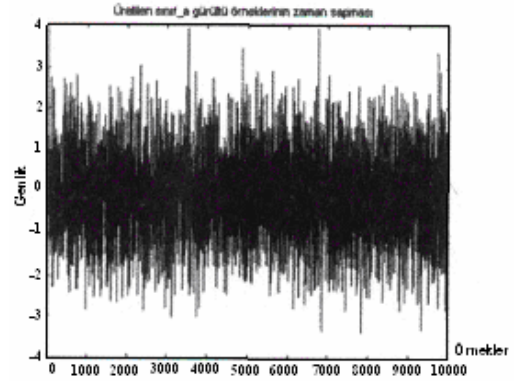


Şekil 2.2. A sınıfı gürültüsünün teorik ve PDF grafiği (A=0.1)

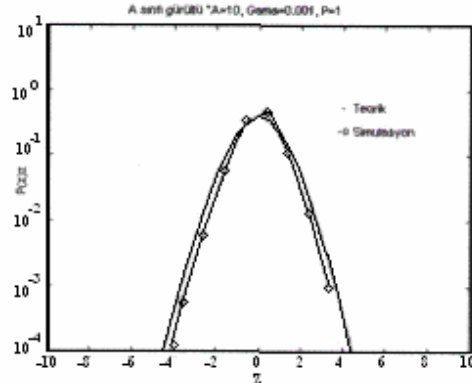
Matlab kullanarak histogram metodu ve teorik metod ile hesaplanmış olasılık yoğunluk fonksiyon grafiklerinin birbirleriyle çok uyumlu olduğu her A değeri için gözlemlenmiştir. Yani ölçüme dayalı teorik çıktılarıyla simülasyon eğrilerinin uyumluluğu gözlemlenmiştir. Şekiller karşılaştırıldığında; A değeri arttıkça, arkaplan gürültü ile darbe gürültünün toplamı olan A sınıfı gürültünün, arkaplan (gaussian) gürültüye yaklaştığı görülmektedir. Literatürde darbe gürültüsü ve A sınıfı gürültü için verilmiş PDF (Probability Density Function) ifadeleri bulunmaktadır. Ancak bu çalışmada benzer PDF ifadeleri kullanılarak gürültü sinyaline ait örnekler MATLAB ortamında üretilmiştir ve başarıyla tahmin edilmiştir. PDF'lerde gözlenen bu uyum; üretilen gürültü sinyallerinin güç hattı kanalını karakterize etmek için kabul edilen darbe gürültüsü veya A sınıfı gürültüyü temsil ettiğini göstermiştir.

Üretilen bu gürültü sinyalleri ilave olarak MATLAB ortamında COMMGUI arayüzünde kullanılmış ve güç (bit hata oranlarını gösteren eğriler) elde edilmiştir. hattı kanalının performansını belirleyen BER eğrileri

Veri iletim kanalının performans eğrileri (BER- Bit Error Rate) için sırasıyla FSK (Frekans Kaydırlı Anahtarlama) ve PSK (Faz Kaydırlı Anahtarlama) modülasyon teknikleri kullanılmıştır.



Şekil 2.3. Üretilen A sınıfı gürültü örneklerinin zaman değişimi (A=10)



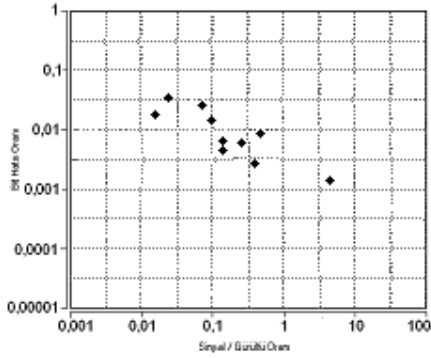
Şekil 2.4. A sınıfı gürültüsünün teorik ve üretilmiş PDF grafiği (A=10)

Şekil 2.5, PSK (Faz Kaydırlı Anahtarlama) modülasyonunda M'nin (sembol temsil etmede kullanılan bit sayısı) 2 değerini aldığındaki durum için, Şekil 2.6 ise FSK (Frekans Kaydırlı Anahtarlama) modülasyonunun yine M'nin 2 değerini aldığındaki durum için, BER eğrilerini inceleyerek performans karşılaştırması yapmak için çizdirilmiştir.

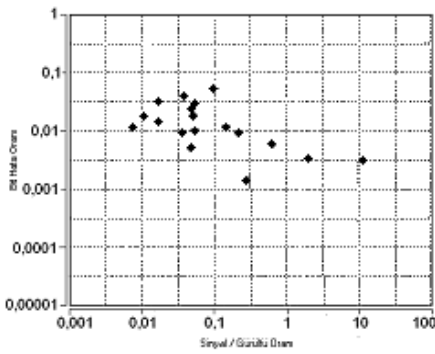
PSK ve FSK için elde edilen eğrilerde düşük SNR (Sinyal-gürültü oranı) oranlarında hata eğrisi düz bir yapı sergilemektedir. Bu durum, belli bir SNR (Sinyal-gürültü oranı) den sonra hata performansının iyileştirilmesinin pek mümkün olmadığını gösteriyor. Aynı durum FSK modülasyonu için elde edilmiş olan eğride daha belirgin bir şekilde gözükmemektedir.

Yüksek SNR değerlerinde de, elde edilen BER (bit hata oranları) değerleri teorik sonuçlara benzemektedir. SNR'nin yüksek olduğu yerlerde darbe gürültüsü (impulse noise) daha baskın

olduğundan bu değerler için gözlemlenen hatalar darbe gürültüsünden kaynaklanır.



Şekil 2.5. A sınıfı gürültüsü için PSK kullanılarak elde edilen SNR (M-ary= 2)



Şekil 2.6. A sınıfı gürültüsü için FSK kullanılarak elde edilen SNR (M-ary= 2)

SNR oranının düşmesi; hat üstünde bulunan sinyalinin zayıflaması anlamına gelir. Bu nedenle; zayıf sinyal karşısında, hat üstünde sürekli olarak gözlemlenen Gaussian gürültünün baskınlığı bu SNR değerlerinde daha belirgindir. Yine gürültü sinyali, mesafeyle ters orantılı olarak değişiyor diyebiliriz.

PSK modülasyonunda $M=2$ için elde edilen grafikte (Şekil 2.5), iki adet BER seviyesi gözlenmektedir. Bu düzeyler iki adet düz hat gibi gözlenmiştir. İlk oluşan düz hat, darbe gürültüsünün etkin olduğu kısımdır. Oluşan ikinci düz hat düşük SNR'lerde oluşmuştur. Bu hat Gaussian performansın bir devamı gibi düşünülebilir. Bu eğriden de anlaşılabileceği gibi darbe gürültüsü özellikle yüksek SNR değerlerinde etkin olmaktadır. Fakat SNR oranı düşmeye başladıkça, hat üzerinde gözlenme olasılığı daha fazla olan Gaussian gürültünün etkisi performansa yansımaktadır. Bu durum ortada oluşan düz hattın sonra daha belirgin olmaktadır. FSK modülasyonu için de $M=2$ durumu incelenmiştir. Bu şekilde elde edilen sonuç, sadece düşük SNR'lerde artık performansın iyileştirilemeyeceği şeklindedir.

Şekil 2.6'da $M\text{-ary}=2$ olarak alınıp FSK modülasyonu için BER eğrisi çizdirildiğinde şekilden görüldüğü üzere SNR'nin belli bir değerinden sonra BER kararlı hale geliyor. 1 ile 10 arasındaki bir SNR değeri için, PSK modülasyonu için çizdirdiğimiz eğriyle

karşılaştırma yaptığımızda; daha yüksek oranlarda BER gözlenmektedir.

Genel olarak FSK modülasyonunda elde edilen verim PSK ya göre daha düşüktür. Performans BER'in düşük olması demektir ve PSK, FSK ya göre daha iyi performans vermektedir.

3. SONUÇLAR

İletişim kanalı değişken bir yapıdadır; zaman, sinyal ve frekansa bağlı olarak değiştiği bilinmektedir. Bu değişken kanal yapısı üzerinde öncelikle Matlab programı kullanılarak, bilgisayar ortamında iletim kanalında görülen vuru gürültüsü, A sınıfı gürültü ve Arka-plan gürültü modelleri elde edilmiştir. Bu modellerin teoride fonksiyonel olarak ifade edilmiş gürültüler ile uyumlu olduğu gözlemlenmiştir. Hattı karakterize ettiği düşünülen bu gürültü modellerine uygun olarak yine Matlab ortamında üretilen bu gürültüler yardımı ile hattın performansı gözlenmeye çalışılmıştır.

Hattın performansı için standartlarda verilen ve literatürde üzerinde durulan modülasyon teknikleri olan FSK ve PSK incelenmiştir. Matlab ortamında Commgui arayüzü kullanılarak A sınıfı gürültü, vuru gürültüsü gibi kanalın değişik gürültü tiplerindeki performans karşılaştırmaları yapılmış olup PSK'nın FSK'ya göre daha iyi performans verdiği çizdirilen BER-SNR grafikleri yardımıyla gözlemlenmiştir. Daha iyi modellemeler için mevcut çalışmalara ek olarak değişik coğrafik konumlarda ve zamanlarda daha fazla ölçüm yapılmalıdır. Bundan sonraki çalışmalarda, M değeri artırılarak iki modülasyon tekniğinin performansı karşılaştırılabilir. Elde ettiğimiz değerler yardımıyla enerji iletim hattında veri iletimini etkileyen faktörleri azaltacak filtreler ve en uygun modülasyon tipi kullanılarak bu iletişim kanalında kullanılmak üzere modemler dizayn edilebilir.

KAYNAKLAR

- [1] Kaynar, O., 1996, AC Güç Hattı Üzerinden Veri İletimi, **E.Ü. Fen Bil. Enst.**; Kayseri
- [2] J.R. Nicholson and J.A. Malack, 1973, "RF Impedance of Power Lines and Line Impedance Stabilization Networks in Conducted Interference Measurements", **IEEE-Transactions on Electromagnetic Compatibility**, Vol. EMC-12, No.2, pp 84-86.
- [3] M. Tanaka, 1989, Transmission Characteristics of a Power Line Used for Data Communications at High Frequencies", **IEEE Transactions on Consumer Electronics**, Vol. 32, No.1, pp 37-42..
- [4] Middleton D., 1977, Statistical-Physical Models of Electromagnetic Interference, **IEEE Trans. Electromagnetic Compat.**, Vol.19, No.3, pp.106-127.
- [5] Yavuz, E., 2000, Alçak Gerilim Güç Hatları Üzerinden İletişimde Kiplenim ve Kodlamanın Etkileri, **H.Ü Fen Bil. Enst.**; Ankara.