İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ALÇAK GERİLİM HATLARI HABERLEŞMESİNDE GÜRÜLTÜ ANALİZİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bayram AY

Anabilim Dalı : Elektrik Mühendisliği

Programı : Elektrik Mühendisliği

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Ömer USTA

EYLÜL2010

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ALÇAK GERİLİM HATLARI HABERLEŞMESİNDE GÜRÜLTÜ ANALİZİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bayram AY
(504071031)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 07 Eylül 2010
Tezin Savunulduğu Tarih : 27 Eylül 2010

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Ömer USTA (İTÜ)

Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Ahmet Hamdi Kayran (İTÜ)
Doç. Dr. Emine AYAZ (İTÜ)

EYLÜL 2010

ÖNSÖZ

Bu tezde, alçak gerilim hatları haberleşmesi konusu üzerinde çalışılmış ve bu hatlar üzerinden haberleşme yapılırken karşılaşılan en büyük problemlerden biri olan gürültü konusunda yoğunlaşılmıştır. Ayrıca fabrika içinde belirli noktalardan gürültü ölçümleri alınarak analizler yapılmıştır.

Bu tezimin hazırlık aşamasında bana en büyük desteği sağlayan danışman hocam Prof. Dr. Ömer USTA'ya en içten teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışmada, tüm çalışma süresinde beni destekleyen, teşvik eden ve bana her türlü yardımı sağlayan eşim Tuğba AY'a ve bana moral veren kızım Merve Neda AY'a teşekkür ederim.

Ayrıca MAK-SAY fabrikasında ölçümler esnasında yardımlarını esirgemeyen ARGE mühendisi Levent ÇINAR'a teşekkür ederim.

Eylül 2010

Bayram AY

Elektrik-Elektronik Mühendisi

.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ ..... **iii**
İÇİNDEKİLER ..... **v**
KISALTMALAR ..... **vii**
ŞEKİL LİSTESİ ..... **ix**
ÖZET ..... **xi**
SUMMARY ..... **xiii**
1. GİRİŞ **1**
2. HABERLEŞME TEORİSİ **3**
2.1 Haberleşmenin Tanımı 3
2.2 Frekans ve bant genişliği 4
2.3 İşaretler ve Spektrumları 5
2.4. Modülasyon 6
2.5 Modülasyon Türleri 6
2.5.1 Sürekli Dalga (analog) Modülasyonu (Continuous Wave - CW) 7
2.5.2 Darbe (Sayısal) Modülasyonu 7
2. 6 Sayısal Haberleşme Sistemleri 8
2.6.1 Darbe Kod Modülasyonu 10
2.7. Haberleşme Hattının İletim Kapasitesi ve Baud Kavramı 12
2.8 Veri Haberleşmesi Kavramları 14
2.8.1 Paralel ve Seri Haberleşme 14
2.8.1.1 Asenkron Seri Haberleşme 14
2.8.1.2. Senkron Seri Haberleşme 15
2.8.2 Tek Yönlü, Yarı İki Yönlü, Tam İki Yönlü Haberleşme 15
3. ALÇAK GERİLİM HATLARINDA HABERLEŞME **17**
3.1 Elektrik Hatları Üzerinden Veri İletimi 20
3.2. Elektrik Hatları Haberleşmesinde Kullanılan Modülasyon Teknikleri 21
3.3. Sayısal Modülasyon Yöntemleri 21
4.GÜRÜLTÜ VE ALÇAK GERİLİM HATLARINDA GÜRÜLTÜ ÇEŞİTLERİ **23**

4.1 Gürültü 23
4.2. Alçak Gerilim Hatları Haberleşmesinde Gürültü 24
4.2.1. Arka plan gürültü 25
4.2.2. Darbantlı gürültü 26
4.2.3. Sistem frekansı ile eş zamanlı olmayan periyodik darbe gürültüsü 26
4.2.4. Sistem frekansına uyumlu periyodik darbe gürültüsü 27
4.2.5. Asenkron darbe gürültüsü 27
5. SAHA ÇALIŞMASI VE ÖLÇÜMLER 29
6. SONUÇLAR 35
KAYNAKLAR 37
ÖZGEÇMİŞ 39

KISALTMALAR

AGH **:** Alçak Gerilim Hatları
CENELEC **:** Comité Européen de Normalisation Électrotechnique
CW **:** Continous Wave
GM **:** Genlik Modülasyonu
FM **:** Frekans Modülasyonu
EM **:** Evre Modülasyonu
PAM **:** Darbe Genlik Modülasyonu
PPM **:** Darbe Konumu Modülasyonu
PWM **:** Darbe Genişlik Modülasyonu
PCM **:** Darbe Kod Modülasyonu
ASK **:** Genlik Kaydırmalı Anahtarlama
FSK : Frekans Kaydırmalı Anahtarlama
PSK : Faz Kaydırmalı Anahtarlama
AWGN **:** Additive White Gaussian Noise
SS **:** Spread Spectrum
OFDM **:** Orthogonal Frequency Division Multiplex
GMSK **:** Gaussian Minimum Shift Keying
FM **:** Frekans Modülasyonu
EM **:** Evre Modülasyonu
PAM **:** Darbe Genlik Modülasyonu
PPM **:** Darbe Konumu Modülasyonu
PWM **:** Darbe Genişlik Modülasyonu
GSY **:** Güç Spektrum Yoğunluğu

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Basit bir iletişim düzeni 3
Şekil 2.2 : Bazı işaretlerin Fourier dönüşümleri 5
Şekil 2.3 : Sayısal haberleşme sistemi 8
Şekil 2.4 : Genlik kaydırma anahtarlama 11
Şekil 2.5 : Frekans kaydırmalı anahtarlama 12
Şekil 2.6 : Faz kaydırmalı anahtarlama 12
Şekil 3.1 : Güç hatları için sayısal haberleşme sistemi 17
Şekil 3.2 : CENELEC standart frekans aralığı 19
Şekil 4.1 : Örnek bir gürültü dalga formu 24
Şekil 4.2 : Gürültü türleri ve grafikleri 25
Şekil 4.3 : Arkaplan gürültü düzeyinin değişimi 26
Şekil 4.4 : Örnek bir Asenkron darbe gürültüsü 28
Şekil 4.5 : Arka plan gürültüsü ve darbe gürültüsü karşılaştırması 28
Şekil 5.1 : Ölçüm düzeneği 29
Şekil 5.2 : Fabrika ana panosundan ölçülen gürültünün zamanla değişimi 30
Şekil 5.3 : Fabrika ana panosundan ölçülen gürültünün güç spektrumu 30
Şekil 5.4 : Fabrika ana panosundan ölçülen gürültünün güç spektrumu (9-95 kHz) 31
Şekil 5.5 : Fabrika üretim panosundan ölçülen gürültünün zamanla değişimi 31
Şekil 5.6 : Fabrika üretim panosundan ölçülen gürültünün güç spektrumu 32
Şekil 5.7 : Fabrika üretim panosu gürültünün güç spektrumu (9-95 kHz) 32
Şekil 5.8 : Fabrika laboratuvar panosundan ölçülen gürültünün zamanla değişimi .. 33
Şekil 5.9 : Fabrika laboratuvar panosundan ölçülen gürültünün güç spektrumu 33
Şekil 5.10 : Fabrika laboratuvar panosu gürültünün güç spektrumu (9-95 kHz) 34

ALÇAK GERİLİM HATLARI HABERLEŞMESİNDE GÜRÜLTÜ ANALİZİ

ÖZET

Alçak gerilim hatları üzerinden haberleşme son zamanlarda birçok araştırmacı tarafından araştırılan ve ilgi duyulan bir haberleşme tekniği olmaktadır. Alçak gerilim hatları haberleşmesinin en büyük avantajı elektrik hatları üzerinden iletişim yapmasından dolayı ek bir haberleşme altyapısına ihtiyaç duymamasıdır. Ayrıca alçak gerilim hatlarının her bir meskene ulaşıyor olması bu haberleşme tekniğini diğer haberleşme tekniklerine göre daha üstün kılmaktadır.

Alçak gerilim hatları üzerinden haberleşme sisteminde karşılaşılan en büyük problem yüklerin ürettiği gürültüdür. İşte bundan dolayı, alçak gerilim hatları üzerinden iletişim yapabilmek için kanalın gürültü özelliğinin bilinmesi gerekir.

Hat üzerindeki gürültü gücü değişik bozuklukların toplamıdır. Hatta bağlanan yükler, örneğin TV, bilgisayar, elektrik süpürgesi gürültü üretirler. Diğer haberleşme sistemleri de haberleşmeyi bozar ve bu da alıcıda gürültü olarak çıkar.

Hat üzerindeki gürültüler, arka plan gürültüsü, dar bantlı gürültü, sistem frekansı ile eş zamanlı olmayan darbe gürültüsü, sistem frekansı ile eş zamanlı darbe gürültüsü ve asenkron darbe gürültüsü olarak sınıflandırılabilinir.

Bu tezde, alçak gerilim hatları haberleşmesi kavramı, dar bant haberleşmesi kavramı tanımlanıp, hat üzerinde sürekli var olan arka plan gürültüsü ölçümü yapılmış ve bu ölçümlerin güç tayf yoğunluğu tahmini elde edilerek ilgilenilen frekans aralıklarında gürültü analizi yapılmıştır.

Ayrıca Avrupa'da CENELEC tarafından izin verilen ve elektrik şirketlerinin kullanımı için ayrılan bant genişliğinde gürültü seviyesi değişimi incelenmiştir.

NOISE ANALYSIS IN THE LOW VOLTAGE LINES COMMUNICATION

SUMMARY

Communication over low voltage lines is communication technique which has been interested in and researched by several researcher recently. One of the most advantages of low voltage lines communication is not to need any additional communication infrastructure, due to performing communication via power lines. In addition, every household connected to the low voltage lines makes it superior in comparison to the other communication techniques.

The most important problem encountered in low voltage lines is the noise generated by the loads. Therefore, in order to be able to communicate via power lines, noise characteristics of the channel must be known.

The noise power on the power-line is a sum of many different disturbances. Loads connected to the grid, such as TV, computers and vacuum cleaners generate noise propagating over the power-line. Other communication systems might also disturb the communication, thus introducing noise at the receiver.

The noise on the grid can be classified as a background noise, narrow band noise, periodic impulsive noise, asynchronous to the mains frequency, periodic impulsive noise, synchronous to the mains frequency and asynchronous impulsive noise.

In this thesis, the concept of low voltage lines communication and narrow band communication are defined, measurement of background noise which are existing continously on the grid, made and noise analysis are performed in the related frequency range by obtaining power spectral density estimation.

In addition, noise level changes are investigated in the bandwidth range which are allocated for the use of electrical companies and allowed by CENELEC in Europe.

1. GİRİŞ

Alçak gerilim hatları (AGH) üzerinden haberleşme son zamanlarda önem kazanan iletişim tekniği olmaktadır. Alçak gerilim hatları haberleşmesinin en büyük avantajı elektrik hatları üzerinden iletişim yapmasından dolayı ek bir haberleşme altyapısına gerek duymamasıdır. Ayrıca AGH'nin her bir meskene ulaşıyor olması bu haberleşme tekniğini daha üstün kılmaktadır.

AGH üzerinden haberleşme frekans bant genişliklerine göre dar bant (narrow band) ve geniş bant (broad band) olarak sınıflandırılabilir. Geniş bant haberleşmesi yüksek hızda internet erişimi için kullanılmaktadır. Bu sınıf haberleşme yüksek frekans bandını kullanmakta ve 10–200 Mbps hızına ulaşmaktadır. Geniş bant haberleşmesinin birçok avantajlarına rağmen, aynı zamanda bu frekans aralıkları radyo yayını ve uçak navigasyonları için kullanılmakta olması gibi dezavantajları da vardır. Geniş bant haberleşmesi henüz deneme aşamasındadır ve üzerinde çalışmalar devam etmektedir.

Dar bant haberleşme, uzaktan sayaç okuma, yük kontrolü, enerji iletim hatlarının izlenmesi ve akıllı bina uygulamaları için kullanılmaktadır. Dar bant haberleşmesi düşük frekans aralıklarında kullanılmakta ve düşük hızdadır (≤100kbps).

Alçak gerilim hatları üzerinden haberleşme sisteminde karşılaşılan en büyük problem sisteme girip çıkan yüklerin ürettiği gürültüdür. İşte bundan dolayı, alçak gerilim hatları üzerinden iletişim yapabilmek için kanalın gürültü özelliğinin bilinmesi gerekir.

Bu tezde, alçak gerilim hatlarında 3 kHz -148,5 kHz frekans aralığında gürültü analizi çalışması hedeflenmiştir.

Bölüm 2'de haberleşme teorisi hakkında temel bilgiler verilmiştir.

Bölüm 3'de alçak gerilim hatları üzerinde haberleşmesi hakkında temel bilgi ve Avrupa CENELEC bandı hakkında bilgiler sunulmuştur.

Bölüm 4'de gürültü tanımı ve alçak gerilim hatlarında karşılaşılabilinen gürültü tipleri ve bugüne dek gürültü analizleri ile ilgili çalışmalar hakkında bilgiler verilmiştir.

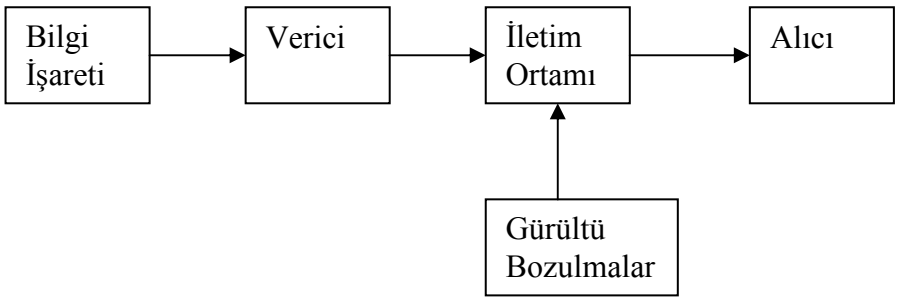
Bölüm 5'de fabrika içinde belirli noktalarda yapılan gürültü ölçümleri ve güç spektrum yoğunluğu (GSY) grafikleri verilmiştir.

Bölüm 6'da bu ölçümlerden çıkan sonuçlar hakında değerlendirme yapılmıştır.

2. HABERLEŞME TEORİSİ

2.1 Haberleşmenin Tanımı

Genel olarak haberleşme belirli işaretler ve semboller kullanarak insanlar veya cihazlar arasındaki bilgi alışverişini sağlamaktır. Haberleşme sistemine ait blok diyagramı Şekil 2.1'de görülmektedir



Şekil 2.1 : Basit bir iletişim düzeni

Bu şekildeki her bir elemanın tanımı:

- **Verici:** Bilgi işaretini haberleşme hattına uygun formata getirir.
- **İletim Ortamı:**Verici ile alıcı arasındaki mesafe boyunca yer alan elektriksel ortamdır. Bu ortam kablo olabileceği gibi hava, fiber optik veya güç hattı da olabilir.
- **Alıcı:** İletim ortamından gelen işareti alıcıya uygun hale getirir. Alıcıda bant dışı gürültünün önlenmesi için filtreleme, iletim kayıpları için amplifikasyon, frekans bileşenlerindeki farklı azalmalar için eşitleme ve ilk işareti elde etmek için demodulasyon ve / veya kod çözme işlemi yapılır.
- **İletim Ortamından Kaynaklanan bozulmalar ve gürültü:**

İşaret Zayıflaması (Attenuation), iletişim mesafesi arttıkça sinyal zayıflar ve alıcıya yeterli enerji ulaşmaz.

İşaret distorsiyonu, ortam üzerinde ilerleyen sinyalin içerdiği farklı frekansların farklı zayıflamalarıyla hedefe ulaşmasıdır.

Gürültü, işareti bozan ve sisteme ne zaman gireceği belli olmayan herhangi bir enerjidir. Güneş ışığı, florasan lamba, motor ateşleme sistemleri birer gürültü kaynağıdır.

Bir haberleşme sisteminde bilgi analog veya sayısal sinyaller olarak yayılabilir. Analog sinyaller; insan sesi, video resim bilgisi veya müzik, sayısal sinyaller ise; alfa sayısal kodlar, ikili kodlu sayılar, grafik semboller, mikroişlemci işlem kodları ya da veri tabanı bilgisi türünde olabilir. Ancak çoğu zaman, kaynak bilgi ilk hali ile iletim için uygun değildir.

Bu sebepten dolayı, iletimde önce kaynak bilginin daha uygun bir şekle dönüştürülmesi gerekir. Örneğin, sayısal iletim sistemlerinde analog bilgi, iletimden önce sayısal bilgi haline dönüştürülür. Aynı şekilde, analog iletim sistemlerinde sayısal veriler, iletimden önce analog sinyallere dönüştürülür.

2.2 Frekans ve Bant Genişliği

Haberleşme hattı boyunca iletilen bilgi, analog veya dijital olsun, elektriksel olarak gerilim veya akımdır. Bu gerilim ve akım değeri zamana göre değişir ve bu değişim bilgiyi içerir.

İletilen işaret birçok frekanstan oluşmaktadır. Bu frekanslar dizisine işaretin bant genişliği denir. Bant genişliği analog bilginin en önemli özelliklerinden biridir ve dijital bilgi iletimi için ise veri iletimini sınırlayıcı en önemli faktördür.

$$V(t) = A\cos(wt) = A\cos(2\pi ft) \quad \textbf{(2.1)}$$

f: frekans (Hz)
V(t): işaret
w: açısal frekans (rad/sn)

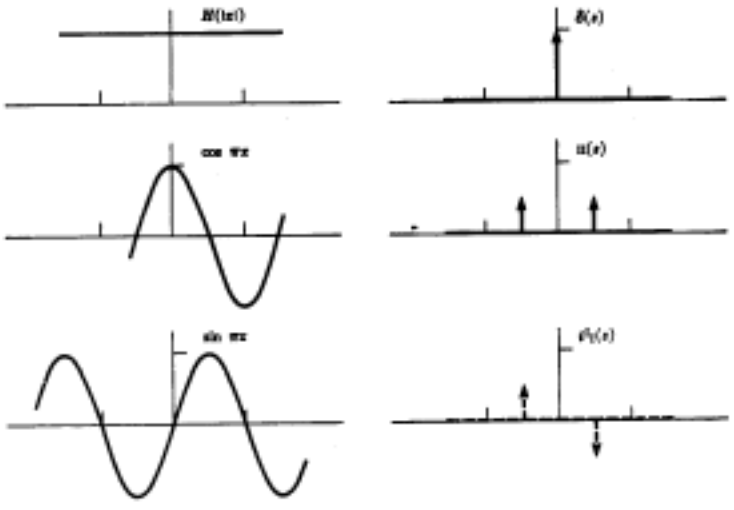
$$T : 1/f \quad ve \quad f : 1/T \quad \textbf{(2.2)}$$

Periyodik bir işaretin bütün frekans bileşenlerini içeren frekans dizisine bu işaretin bant genişliği denir. Yani bant genişliği, en yüksek frekans bileşeni ile en düşük frekans bileşeni arasındaki farktır ama her iki uç frekansı da içermektedir. Bant genişliği, hattın taşıma kapasitesi olarak da adlandırılabilir.

2.3 İşaretler ve Spektrumları

Elektriksel haberleşme işaretleri gerilim ve akım gibi zamanla değişen niceliklerdir. Bir işaret zaman düzleminde gösterilebileceği gibi aynı işaret, değişik frekanslardaki sinüsoidal bileşenlerden oluşan işaret olarak da frekans düzleminde de gösterilebilir. İşte bu frekans düzlemine spektrum adı verilir.

Herhangi bir fiziksel işaret iki düzlemde de gösterilebilir. Zaman düzleminde zaman ekseni boyunca genlik çizilir. Frekans düzleminde ise frekans ekseni boyunca genlik ve faz çizilir. Her iki gösterim biçimi de işaretin tanımlanmasında çok yardımcı olur. Zaman düzlemi işareti, spektral sinüsoidal bileşenlerin toplamıdır. Fourier analizi zaman ve frekans düzlemi tanımları arasındaki matematiksel ilişkiyi verir. Şekil 2.2 ‘de zaman düzlemi işaretleri ile ve bunlara karşılık gelen spektrumlarla ilgili örnekler görülmektedir.



Şekil 2.2 : Bazı işaretlerin Fourier dönüşümleri

2.4. Modülasyon

Kullanılacak iletişim sistemi istenilen sistem koşullarına bağlı olarak belirlenir. Bu arada, haberleşme sistemlerinde kullanılacak olan iletim ortamı da (elektriksel işaretler için kablolar, elektromanyetik dalgalar için atmosfer ya da uzay) saptanır. Bilgi elektriksel işaret biçiminde olsa bile, iletim için uygun bir biçimde olmayabilir. Zamanla değişen elektriksel işaretlerin hepsi belli bir iletim ortamında verimli bir şekilde iletilemeyebilir. Bu nedenle gönderilecek bilgi işareti, elimizdeki iletim kanalında verimli bir iletimi sağlamak için uygun bir biçime getirecek şekilde işlenmelidir. Bu işlem modülasyon olarak adlandırılır.

Modülasyon işlemi, bilgiyi taşıyacak olan taşıyıcı dalganın çeşitli parametrelerini bilgi işaretine bağlı olarak düzenli bir şekilde değiştirmektir. Alıcıda ise bilgi işaretini yeniden elde etmek için demodülasyon denilen bir işleme gerek vardır. Modülasyon işleminin yararlı olabilmesi için bunun ters işleminin (demodülasyon) de yapılabilmesi gereklidir. Bir başka deyişle modüle edilmiş bilgi işaretini, demodüle ederek aslına yakın bir biçimde gönderilen bilgiyi tekrar elde edebilmeliyiz. Teorik şartlar altında bile, çok kullanılan bazı modülasyon biçimlerinde, bilgi işaretinin aslını olduğu gibi geri elde etmek imkansızdır.

Modülasyon işlemi ile bu iki kısıtlama kolaylıkla aşılabilir. Yani modülasyonun sağladığı yararlar;

- Aynı iletim kanalından birçok bilgi iletimi gerçekleştirmeye izin verir.
- Anten boyunun küçülmesini sağlar.
- Gürültü ve girişimin etkilerini azaltır.

2.5 Modülasyon Türleri

Modülasyon türünün seçimi bir iletişim sisteminin tasarımında ilk yapılması gereken iştir. Çeşitli modülasyon türleri, kullanılan “taşıyıcı dalgaya” göre sınıflandırılabilirler.

2.5.1 Sürekli Dalga (analog) Modülasyonu (Continuous Wave - CW)

Burada taşıyıcı bir sinüzoidal dalgadır. Bu ana sınıftaki modülasyon çeşitleri, taşıyıcı dalganın çeşitli parametreleri değiştirilerek elde edilir;

Genlik Modülasyonu (GM): Taşıyıcı dalganın genliği, bilgi işaretine bağlı olarak değiştirilir.

Frekans Modülasyonu (FM): Taşıyıcı dalganın frekansı, bilgi işaretine bağlı olarak değiştirilir.

Evre Modülasyonu (EM): Taşıyıcı dalganın fazı, bilgi işaretine bağlı olarak değiştirilir.

Açı Modülasyonu : Taşıyıcı dalganın hem fazı hem de frekansı, bilgi işaretine bağlı olarak değiştirilir.

2.5.2 Darbe (Sayısal) Modülasyonu

Bu türde taşıyıcı sürekli olmayıp, periyodik darbe dizisidir. Bu türün modülasyon çeşitleri;

Darbe Genlik Modülasyonu (PAM)
Darbe Konumu Modülasyonu (PPM)
Darbe Genişlik Modülasyonu (PWM)
Darbe Kod Modülasyonu (PCM)

Bilgi işaretine göre sınıflama yapıldığında iki tip modülasyon çıkmaktadır.

Analog Modülasyon: Sürekli bir mesaj işaretinin modülasyonu ile elde edilen modülasyon türüdür.

Sayısal Modülasyon: Ayrık bir bilgi işaretinin modülasyonu sonucu elde edilen modülasyon türüdür.

Bazı uygulamalarda birden çok modülasyon yöntemi ard arda kullanılmaktadır. Örneğin genliği modüle edilmiş bir taşıyıcı daha sonra başka bir taşıyıcının frekansını modüle edebilir. Darbe modülasyonu elektromanyetik dalgalarla iletime uygun değildir. Bu nedenle iletim eğer elektromanyetik dalgalarla yapılacaksa darbe modülasyonu genellikle bir sürekli dalga modülasyonu izler. Örneğin, PAM – FM kullanımı şu anlama gelir; bilgi işaretine önce darbe genlik modülasyonu uygulanmış ve bu modüle edilmiş işaret bir sinüzoidal taşıyıcının frekansını modüle etmektedir.

2. 6 Sayısal Haberleşme Sistemleri

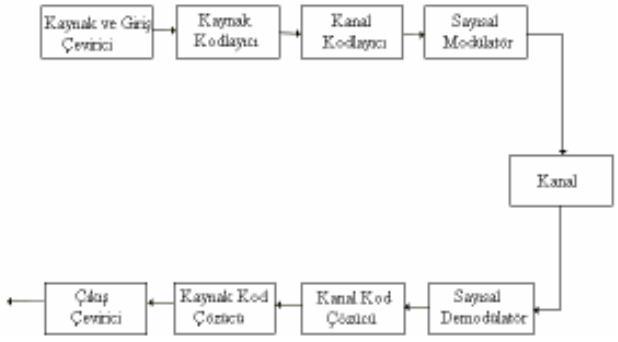
Analog haberleşme sisteminde, sürekli zaman sinyal formunda tanımlanan analog sinyaller, modüle edilmis taşıyıcı sinyal ile haberleşme kanalında doğrudan gönderilebilir ve vericide alınarak benzer şekilde demodüle edilir. Alternatif olarak analog sinyal, sayısal sinyal haline dönüştürülerek, sayısal modüleli mesaj olarak gönderilebilir ve alıcıda sayısal sinyal olarak demodüle edilebilir.

Analog sinyalin sayısal sinyal haline getirilerek gönderilmesi sayısal sinyal yayılımının, analog sinyal yayılımından daha iyi kontrol edilebilmesi yönüyle, sinyal kalitesi ve güvenirliği açısından avantaj sağlar. Özellikle sayısal sinyal yayılımı, gönderilen sinyalin uzak mesafeden alınması ve gürültü etkilerinin önlenmesi açısından önemlidir.

Sayısal sistemlerin tercih edilmesinin diğer bir sebebi, gönderilecek analog mesaj sinyalinin çok fazla olması durumunda, sayısal sinyale dönüştürülerek modüle edilmeden önce sinyalin fazlalığının azaltılabilmesi ve sayısal sistemlerin kuruluş aşamasında analog sistemlere oranla daha ekonomik olmasıdır.

Sayısal haberleşme sistemindeki alıcı ve verici bölümlerinde temel olarak, mesaj sinyalinin netleştirilerek sıkıştırılması, sentezlenmesi, sıkıştırmanın yeniden açılması, kanal kodlama ve kod çözme gibi işlemler yapılır.

Sayısal haberleşme sisteminde sırasıyla, kaynak ve çevirici, kaynak kodlayıcı, kanal kodlayıcı sayısal modülatör, kanal, sayısal demodülatör, kanal kod çözücü, kaynak kod çözücü ve çıkış çevirici gibi temel bölümler mevcuttur.



Şekil 2.3 : Sayısal haberleşme sistemi

Kaynak tarafından üretilen mesaj, genellikle ikili sayı dizisine çevrilir. İdeal olarak kaynak çıkısındaki mesaj sinyalinin etkili bir şekilde, ikili sayı dizisine çevrilmesi ile artık mesaj bilgisinin kalmaması veya en az olması beklenir. Analog veya sayısal kaynak bilgisinin ikili sayı dizisine çevrilmesine, kaynak kodlama veya bilgi sıkıştırma denir. Sıkıştırılmış mesaj bilgisi, kanal kodlama bölümüne gönderilir.

Kanal kodlamanın amacı kanaldan gönderilerek alıcı tarafından alınan sıkıştırılmış mesaj bilgisinde, sinyalin kanalda yayılımı sırasında oluşan ve alıcıda görülen gürültü ve diğer olumsuz etkilerin giderilmesi için kullanılabilecek şekilde artık bilginin kontrol edileceği bir durum elde etmektir. Böylece alınan sinyalin güvenirliği ve kalitesi yükseltilmiş olur. Örneğin, sıkıştırılmış ikili bilgi dizisinin kodlanmasında basit bir form, her ikili sayının m kere (m pozitif tam sayı) tekrar edilmesidir.

Kanal kodlama bölümü çıkışındaki ikili sayı dizisi halindeki mesaj, sayısal modülatör bölümüne ve buradan da düzenli sinyal dalga formunda kanala gönderilir. Sayısal haberleşme sisteminin alıcı kısmındaki sayısal demodülatör, kanalda bozulmaya uğramış olan dalga formlarını bir işlemden geçirerek her bir dalga formunu, gönderilen bilgiyi tahmini temsil edebilecek tek bir sayıya indirger. Kod çözücü kısım tarafından gönderilen, bilgideki artık kısım kullanılarak silinti görüldüğünde bu bölümler doldurulur.

Alıcı kısmında kanal kod çözücü ve demodülatörün, kullanılan frekansta ne kadar uyumlu performans gösterdiği, kodlanarak sıkıştırılmış alınan mesaj sinyalinde oluşan hata oranı ile ölçülür. Genel olarak hata oluşma ihtimali kodlama, kanalda gönderilecek bilgi sinyali için kullanılan dalga formu, verici çıkış gücü, gürültü yoğunluğu gibi kanalın özellikleri ve kullanılan demodülasyon ile kod çözme metodu karakterinin fonksiyonudur.

Sonuçta, verici bölümünde yapılan işlemin tersi ve bozulma ihtimali orijinal sinyali yeniden elde edecek biçimde bir işlemle, orijinale en yakın sinyal elde edilir. Sayısal haberleşme sistemlerinde, gönderilen orijinal sinyal ve elde edilen sinyal arasındaki fark bozulmanın ölçüsüdür.

2.6.1 Darbe Kod Modülasyonu

Bilgi sinyalinin frekansından en az iki katı frekansta belirli aralıklarla örnekler alınarak yine belirli basamaklar arasına yerleştirildikten sonra ikili sayı sistemi ile kodlama işlemine darbe kod modülasyonu (PCM – Pulse Code Modulation) ismi verilir ve üç safhada meydana gelir.

- Örnekleme safhası
- Kuantalama safhası
- Kodlama safhası

Darbe kod modülasyonu (PCM), darbe modülasyonu teknikleri arasında tek sayısal iletim tekniğidir. PCM 'de, darbeler sabit uzunlukta ve sabit genliktedir.

Darbe kod modülasyonunda (PCM), analog sinyal örneklenir ve iletim için sabit uzunlukta, seri binary (ikili) sayıya dönüştürülür. Binary sayı, analog sinyalin genliğine uygun olarak değişir.

Örnekleme (sampling), gönderilecek olan bilgi sinyalinden periyodik olarak örnek alınıp, işlenmesi ve örneklerin gönderilmesi işlemidir.

Daha sonra, örnek değerler kuantalanır, yani her örnek değere önceden belirlenmiş seviyelerden bu değere en yakın olanıyla bir yaklaştırma yapılır. Daha sonra, her örnek değer ya da buna karşılık gelen kuantalama seviyesi bir binary kod sözcüğü ile kodlanır. Buna göre örnek değerler dizisi, bir binary kod sözcüğü dizisi ile gösterilir.

Sonuçta elde edilen 0-1 dizisi bir darbe dizisine dönüştürülür. "1" darbeyi, "0" ise darbe yokluğunu gösterir.

Sayısal iletişim sistemleri, analog ve sayısal modülasyon tekniklerini ve hem sayısal hem de analog sinyallerin iletimini içermektedir.

PCM'de ikili (iki düzeyli) işaretler kullanılmaktadır. İşaretin bir genlik düzeyinden diğerine değişmesi (1 ve 0 düzeyleri arasında değişmesi) suretiyle bilgi iletilmiş olur. PCM darbe modülasyonunda taşıyıcı tanımına göre darbelerdir.

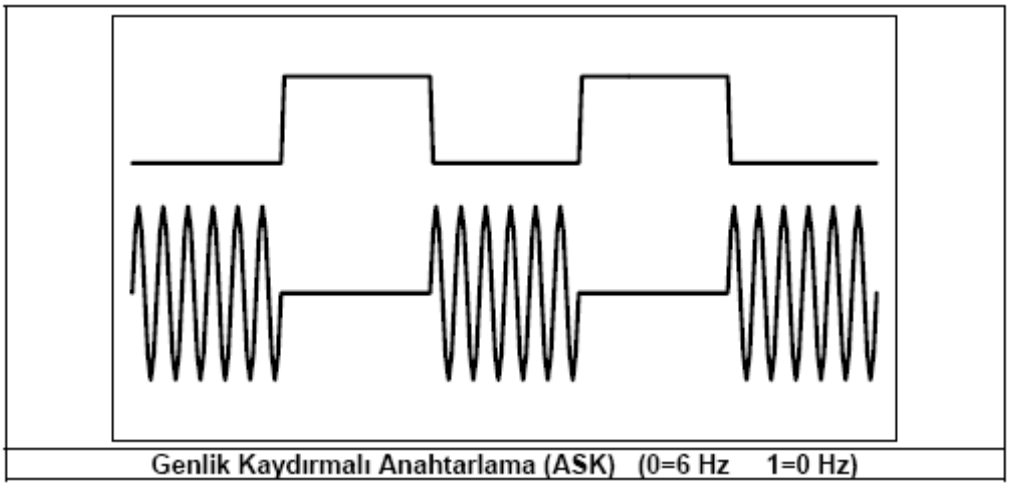
Darbe modülasyonlu işaretler ve PCM işaretleri alçak frekanslı olduklarından elektromanyetik dalga propagasyonu kullanarak doğrudan iletimi pratik olarak mümkün değildir. Bunun temel nedeni, uygulamada kullanılan antenlerin boylarının

bu işaretleri iletmeye uygun olmasıdır. Bu nedenle darbe modülasyonları ve PCM yüksek frekanslı bir taşıyıcı ile modüle edilerek bir kanal üzerinden iletilebilirler.

PCM'de işaretin bir genlik düzeyinden diğerine değişmesi yerine, bir sinüzoidal işaretin genliği, frekansı veya fazı belirli iki değerin birinden diğerine değiştirilebilir. Böylece darbe modülasyonu ile sürekli dalga modülasyonunun karışımı bir modülasyon ortaya çıkmaktadır ki buna "keying"- çevirgileme – anahtarlama denmektedir.

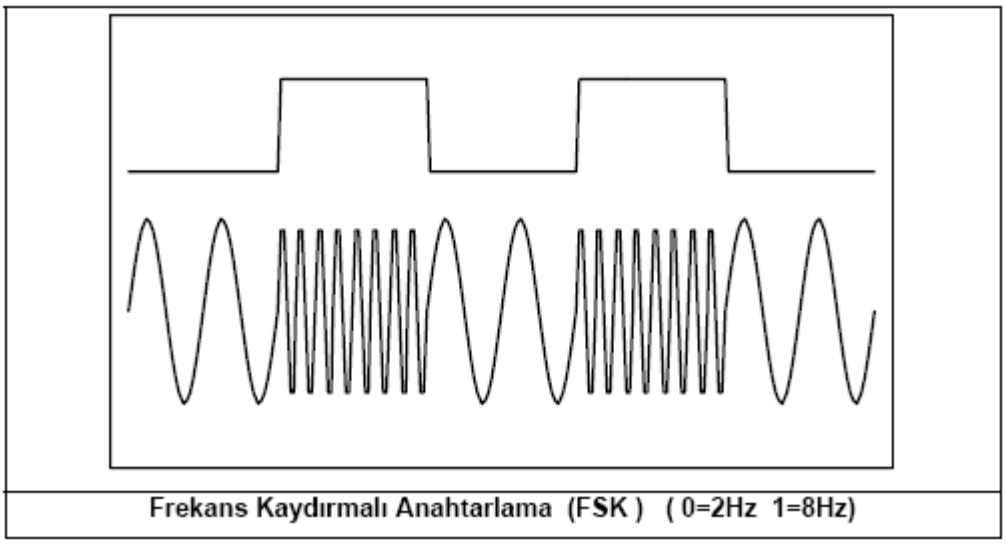
Sayısal iletişim (anahtarlama) sistemleri şunlardır:

a) Genlik kaydırmalı anahtarlama (ASK): (Amplitute Shift Keying): İkili bilgi işaretlerinin genlik modülasyonuna uygulanmasıdır. Analog taşıyıcı sinyali, dijital data bilgisine göre on-off yapılır. Bu modülasyon türü düşük hızlı iletim sağlar.



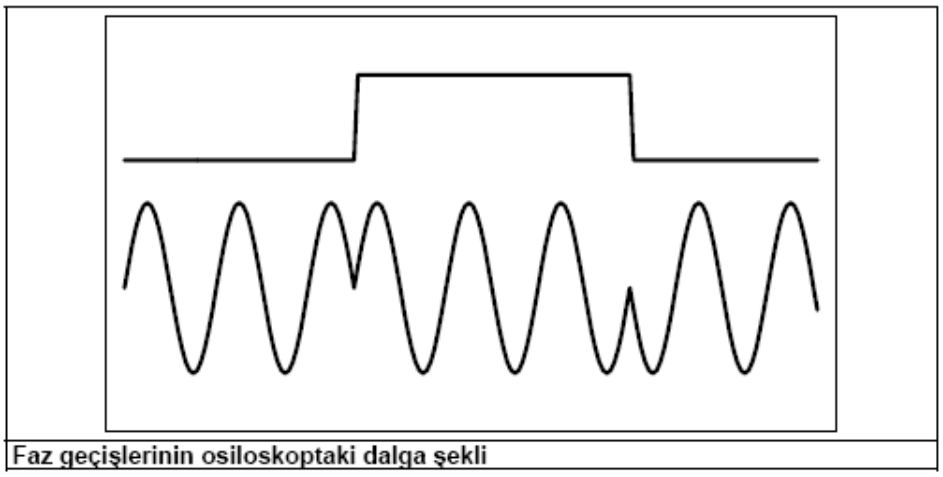
Şekil 2.4 : Genlik kaydırma anahtarlama

b) Frekans kaydırmalı anahtarlama (FSK) : (Frekans Shift Keying): İkili bilgi işaretlerinin frekans modülasyonuna uygulanmasıdır. Dijital bilgiye göre taşıyıcı frekansının değiştiği modülasyon şeklidir. Taşıyıcı frekansı bilgi iletiminde 2 farklı frekans değeri alır.FM'in gürültüye karşı bağışıklığının iyi olması burada da kendisini gösterir. FSK, ASK'dan daha iyidir.



Şekil 2.5 : Frekans kaydırmalı anahtarlama

c) Faz kaydırmalı anahtarlama (PSK): (Phase Shift Keying): İkili bilgi işaretlerinin faz modülasyonuna uygulanmasıdır. Dijital bilgiye göre taşıyıcı frekansının fazının değiştiği modülasyon şeklidir. Taşıyıcı frekansı bilgi iletiminde sabit kalır.



Şekil 2.6 : Faz kaydırmalı anahtarlama

2.7. Haberleşme Hattının İletim Kapasitesi ve Baud Kavramı

Bir haberleşme hattında iletilecek veri için temel bir sınır vardır. En önemli iki sınırlandırıcı faktör bant genişliği ve hattaki gürültüdür.

Haberleşme, işaretin spektrumu için yeterli bir bant genişliği gerektirir, aksi halde işarette bozulmalar oluşur. Her haberleşme hattının sınırlı bir bant genişliği vardır.

Temel bant haberleşmede saniyedeki sembol sayısı r olan dijital işaret, iletim hattı bant genişliği B Hz için aşağıdaki bağıntıyı gerektirmektedir.

$$B \geq r/2 \qquad \textbf{(2.3)}$$

Buna göre bant genişliği, maksimum sembol oranını belirlemektedir.

Dijital haberleşmede ayrık işaretler kullanılır. İkili (binary) sistemlerde 1 ve 0 olmak üzere iki değer vardır. Semboller yardımıyla iletilecek veri sayısı, arttırılabilir. Örneğin, 00, 01, 10 ve 11 yapılarak her bir darbenin iki bit taşıması sağlanabilir. Buna göre sembol/sn, (bir Baud), iki bite karşı gelecektir. Sembol oranının birimi Baud olarak adlandırılır.

$$C = r^* \log_2 M \qquad \textbf{(2.4)}$$

M: sembol sayısı
r: sembol oranı, Baud
C: iletilen bilgi, bit/sn.

İşaretin gürültüsü; S/N (signal to noise ratio, işaretin gürültüye oranı) olarak ifade edilir.
S/N genellikle dB cinsinden aşağıdaki gibi belirtilir.

$$(S/N)\ dB = 10^* \log10\ (S/N)\ dB \qquad \textbf{(2.5)}$$

$$C = B^* \log2\ (1+S/N) \qquad \textbf{(2.6)}$$

C: iletilecek maksimum bilgi (bit/sn)
B: Bant genişliği
S: işaretin gücü
N: gürültünün gücü
S/N: işaretin gürültüye oranı

Yukarıdaki (2.6)’ daki ifade iletim kapasitesini belirtmektedir.

Buna göre yüksek bit oranı geniş bant genişliği gerektirmektedir ve bu da yüksek sembol oranı (baud)’nda iletim sağlamaktadır. Daha iyi bir S/N için daha fazla sembol gerekmektedir.

2.8 Veri Haberleşmesi Kavramları

2.8.1 Paralel ve Seri Haberleşme

Veri haberleşmesinde iki tane yöntem vardır. Paralel haberleşme ve seri haberleşme. Paralel haberleşmede alıcıya aktarılacak bilgideki her bir bit ayrı bir iletim yolundan aktarılır. İletim anında vericinin bitleri iletmeye başladığını belirten “Veri hazır” ve alıcının da gönderilen bitleri alabileceğini belirten “İstek” hatlarına gerek vardır.

Paralel haberleşmede genelde birbirine çok yakın birimler arasında kullanılır. Mesela bilgisayar ve yazıcı arasında paralel haberleşme metodu kullanılır.

Seri haberleşmede bilgi tek bir hat üzerinde n bit sıra ile aktarılır. İşaret aktarma hızı ”Baud” birimiyle ölçülür. Baud, birim zamanda aktarılan ayrık işaretlerin sayısıdır.

Bilgisayar ağları üzerinden bilgi alışverişi seri haberleşmeye dayanır. Seri haberleşme kendi içerisinde asenkron ve senkron olmak üzere ikiye ayrılır.

2.8.1.1 Asenkron Seri Haberleşme

Verici, göndereceği her bir bit için ayrı saat (clock) darbesine ihtiyaç duyar. Gönderilecek bilgi karakter adı verilen 7 veya 8 bitlik bloklara ayrılır. Karakterin başına özel bir bit “Başla biti (start bit)” eklenir. Karakterin sonuna ise hata bulmada kullanılan bir bit (eşlik biti) eklenebilir, En sona da “Dur biti (Stop bit)” gelir. Başla biti “0”, Dur biti “1”’ dir.

Gönderilecek son bitin Dur biti de yollandıktan sonra verici yeni bir karakter gönderene kadar yolu dur biti “1” düzeyinde tutar. Her karakter Başla biti “0” ile başladığından alıcı, karakterin başını kolayca yakalar. Saat (clock) darbesinin periyotlarını sayarak gelen karakterin bitlerini birbirinden ayırır. Eşlik denetimi de yapar. Verici ve alıcı saat darbelerinin frekansları arasında % 5 kayma bile olsa, her karakterin başında alıcı vericiye yeniden senkronize olduğundan kayma hatası fark edilmez.

2.8.1.2. Senkron Seri Haberleşme

Senkron haberleşmede karakterlerin başına Başla ve Dur bitleri koyulmaz. Verici alıcıya saat işaretini veri ile modüle ederek gönderir. Alıcı, vericinin gönderdiği bit dizisini bir "Faz Kilitleme Devresi"'nden geçirerek vericinin bir frekansına eşit frekanslı bir senkronizasyon işareti elde eder.

Senkronizasyon için modulasyon gerektirmeyen bir diğer yol; verici ve alıcı arasında ayrı bir hattan saat işareti gönderilmesidir.

Senkron haberleşmede bilgi bit katarının başına ve sonuna özel ön ve son ekler konularak alıcının, bilginin başını ve sonunu belirlemesi sağlanır. Ardı ardına bilgi katarlarının gönderilmesi durumunda aradaki son ekler kullanılmayabilir. Ön ve son ekler bilgi katarı içinde bulunması yasaklanan veya mümkün olmayan özel bit dizisi şeklinde olmalıdır.

2.8.2 Tek Yönlü, Yarı İki Yönlü, Tam İki Yönlü Haberleşme

Bir haberleşme sisteminde bilginin iletimi tek yönlü veya iki yönlü olabilir. Bilgiyi sadece bir yönde ileten sistemlere "Tek Yönlü Haberleşme Sistemi (Simplex)", her iki yönde ileten sistemlere "İki Yönlü Haberleşme Sistemi (Duplex)" denir. İki yönlü haberleşme sistemi, "Yarı İki Yönlü Haberleşme Sistemi (Half Duplex)" ve "Tam İki Yönlü Haberleşme Sistemi (Full Duplex)" olmak üzere ikiye ayrılır.

Tek yönlü haberleşmede işaret sadece bir yönde iletilir. Buna örnek olarak TV ve radyo yayını verilebilir.

Yarı iki yönlü haberleşmede farklı zamanlarda olmak şartıyla işaret iki yönde iletilebilir. Örnek olarak mobil radyo sistemleri verilebilir.

Tam iki yönlü haberleşmede ise aynı anda iki yönde de işaret iletilebilir. Buna örnek olarak telefon verilebilir.

3. ALÇAK GERİLİM HATLARINDA HABERLEŞME

Güç hatları üzerinden iletişim (power line communication), son zamanlarda büyük bir önem kazanmaktadır. Mevcut olan alt yapısı ve her bir meskene ulaşabiliyor olması diğer haberleşme sistemlerine göre daha avantajlı kılmaktadır.

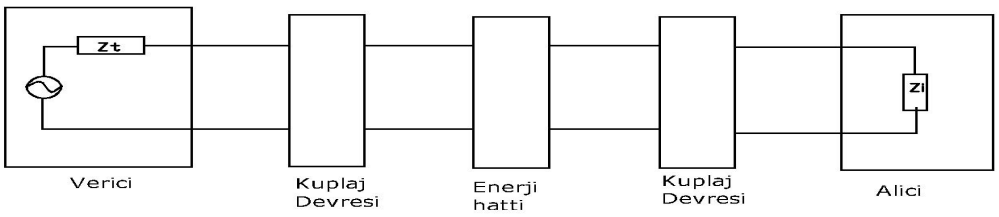
Elektrik enerjisi iletim ve dağıtım sistemleri taşımış oldukları gerilim değerlerine göre sırasıyla;

- Yüksek gerilim hatları
- Orta gerilim hatları
- Alçak gerilim hatları

olarak 3 ana kısma ayrılmaktadır. Elektrik hatlarını kullanarak haberleşme bu 3 kısma da uygulanmaktadır. Bu tezde alçak gerilim hatları üzerinde çalışılacaktır.

Güç hatları haberleşmesi, bilginin hat üzerinden yayılarak taşınmasıdır. Haberleşme kanalı iki iletişim birimi arasındaki fiziksel yol olarak tanımlanmaktadır [1],[2].

Aşağıda Şekil 3.1'de güç hatlarını iletişim kanalı olarak kullanan bir sayısal haberleşme sistemini göstermektedir.



Şekil 3.1 : Güç hatları için sayısal haberleşme sistemi

Kuplaj devresi haberleşme sistemini güç hattına bağlamak için kullanılır. İki kullanım amacı vardır.

- 50 Hz'lik şebeke sinyalinin haberleşme araçlarına zarar vermesini engelleme
- Haberleşme sistemini güç hattına bağlanmasını sağlar.

Güç hatları öncelikle enerjiyi verimli bir biçimde iletmek ve dağıtmak için tasarlanmıştır. Bundan dolayı haberleşmek için çok uyumlu değildir ve gelişmiş haberleşme tekniklerine ihtiyaç vardır.

Elektrik hatlarını kullanarak iletişimin birçok avantajına rağmen, şebeke empedansının yüklerle birlikte sürekli değişmesi (dolayısıyla iletişim işaretinin zayıflaması), güç sistemlerinde doğal olarak çok geniş bir frekans aralığında gürültü üretilmesi ve iletişim için dağıtım trafolarının köprü gerektirmesi bu hatlarının haberleşme ağı oluşturma için zor bir ortam olmalarına neden olmaktadır. Bu sebeple, alçak gerilim hatları üzerinden veri iletişiminde kullanılan haberleşme teknolojilerinin ileri teknolojiler olmalarını zorunlu kılmaktadır. Bu bağlamda göz önüne alınması gereken iletişim parametreler; frekans bölgesi, modülasyon teknikleri, haberleşme işaretinin gücü, protokoller, empedans karakteristikleri, filtreleme teknikleri ve ayrıca bozucu işaretlere karşı bağışıklıktır.

Elektrik hatları iletişim kanalı değişken bir yapıdadır, iletim karakteristiklerinin zaman, sinyal, gerilim ve frekansa bağlı olarak değiştiği bilinmektedir[3]. Alçak gerilim hatlarında doğru bir iletişim olması için bu hatların temel karakteristiklerini bilmek gerekir..

Haberleşmenin kalitesini gösteren parametreler alıcıdaki gürültü seviyesi ve elektrik sinyalindeki zayıflamadır.

Gürültü seviyesi ne kadar yüksekse, alınan sinyali bulmak da o kadar zordur.

Alçak gerilim hatlarında hatta bağlanan tüm yükler gürültü üretirler. Ayrıca radyo yayın ağları da haberleşmeye karışır, engeller.

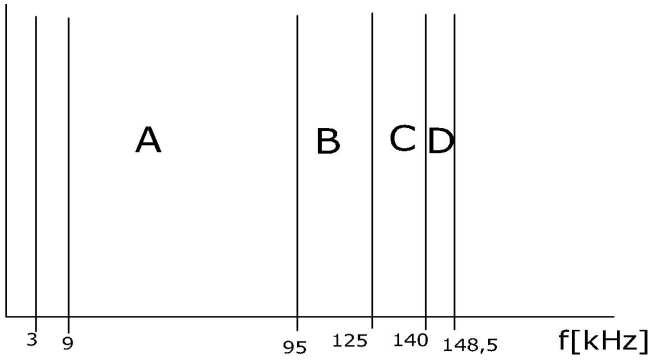
Hat üzerindeki gürültü gücü değişik bozuklukların toplamıdır. Hatta bağlanan yükler, örneğin TV, bilgisayar, elektrik süpürgesi gürültü üretirler. Diğer haberleşme sistemleri de haberleşmeyi bozar ve bu da alıcıda gürültü olarak çıkar.

Verici ve alıcıdaki empedans uyumsuzluğu, kanal zayıflaması, gürültü ve zaman varyasyonlu bozukluklar güç hatları üzerinden haberleşmenin performansını düşürür.

AGH üzerinden haberleşme frekans bant genişliklerine göre dar bant (narrow band) ve geniş bant (broad band) olarak sınıflandırılabilir. Geniş bant haberleşmesi yüksek hızda internet erişimi için kullanılmaktadır. Bu sınıf haberleşme yüksek frekans bandını kullanmakta ve 10 – 200 Mbps hızına ulaşmaktadır. Geniş bant haberleşmesinin birçok avantajlarına rağmen, aynı zamanda bu frekans aralıkları radyo yayını ve uçak navigasyonları için kullanılmakta olması gibi dezavantajları da vardır. Geniş bant haberleşmesi üzerinde henüz deneme aşamasındadır ve çalışmalar devam etmektedir.

Dar bant güç hatları üzerinden haberleşme, uzaktan sayaç okuma, yük kontrolü, enerji iletim hatlarının izlenmesi ve akıllı bina uygulamaları için kullanılmaktadır. Dar bant haberleşmesi düşük frekans aralıklarında kullanılmakta ve düşük hızdadır (≤100kbps).

Avrupa'da CENELEC tarafından izin verilen bant genişliği düzenlenmiştir [4]. Şekil 3.2 CENELEC standartları tarafından belirlenmiş bant genişliğini göstermektedir.



Şekil 3.2 : CENELEC standart frekans aralığı

Bu frekans bölgesinin 3 kHz-95 kHz arası elektrik şirketlerinin kullanımı için, 95kHz -148,5 kHz aralığı ise bina otomasyonu için ayrılmış durumdadır. Bu frekans aralıkları Japonya için 450 kHz altıdır.

3.1 Elektrik Hatları Üzerinden Veri İletimi

Veri iletişimi, sayısal bilgilerin bir kaynaktan bir varış noktasına iletimi olarak tanımlanır. İletilecek bilgilerde genelde mantık 1 ve mantık 0 değerlerinden oluşan sayısal bilgiler olmalarına rağmen ses, resim vb. analog sinyaller de sayısal bilgilere dönüştürülerek iletilebilir. Verici kısımda, analog-dijital çeviriciler kullanarak sayısal işaretlere çevrilen analog işaretler, sayısal iletim teknikleri kullanılarak bir iletim hattı üzerinden alıcıya gönderilir. Alıcı kısımda gelen sayısal işaretler dijital-analog çeviriciler kullanarak yeniden analog sinyallere dönüştürülür. Veri iletişim sistemlerinin en basit şekli genellikle iki bilgisayar arasındaki haberleşmedir.

Bilgisayarların birbirleri ile haberleşmelerini sağlayan iletim hatları, veri iletişim ağı olarak adlandırılır. Veri iletişim ağı telefon hattı üzerinden iki kişisel bilgisayarı haberleştirecek kadar basit olabilirken bir ya da daha fazla ana bilgisayarla yüzlerce terminali daha fazla ana bilgisayarla yüzlerce terminali haberleştirecek kadar karmaşık olabilir.

Basit olarak iki bilgisayarın birbiri ile haberleştirileceği düşünülürse yapılması gereken işlemler aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- Bilgisayarlar arasında, verinin taşınacağı iletim hattının kurulması gereklidir. Bilgi alışverişi yapacak bilgisayarlar aynı binada iseler belirli bir mesafeye kadar seri port veya paralel port üzerinden haberleşecek şekilde, direk olarak bağlanabilirler. Haberleşecek bilgisayarlar birbirlerinden uzak noktalarda iseler bant genişliği, zayıflama ve gürültünün getirmiş olduğu kısıtlamalardan dolayı direk olarak bağlanamazlar. Sayısal veriler uzun mesafelerde direk olarak iletilemeyeceğinden çeşitli modülasyon teknikleri kullanılarak uzak mesafe haberleşmesi gerçekleştirilir.

- Veri iletiminde iletimin ne zaman başlayacağını ve ne zaman sona ereceğini, kimin veri gönderip, kimin veri alacağını belirleyen kuralların hepsi protokol olarak adlandırılır. Her iki bilgisayar da haberleşme sırasında bu kurallara göre hareket etmelidir.
- Verici ve alıcının eş zamanlı (senkron) olarak çalışması sağlanmalıdır. Vericinin iletim hızıyla, alıcının gelen veriyi alma hızı birbirleriyle aynı

olmalıdır. Verici ile alıcı arasındaki zamanlama tam olarak sağlanmadığı durumlarda gönderilen verinin hatalı olarak algılanması söz konusudur.

- Bilgisayarlar arasındaki itlimin seri ya da paralel olacağına karar verilmelidir. Seri sistemde verinin iletildiği tek bir iletim hattı vardır ve iletilecek verinin bitleri birbiri ardına belili zaman aralıkları ile transfer edilir. Paralel sistemde ise verinin bütün bitleri, her biri ayrı hat üzerinden aynı anda transfer edilir. Paralel iletim, seri iletime oranla daha hızlıdır, ancak her bit için ayrı bir iletim hattına ihtiyaç duyulduğundan ve işaret zayıflaması görüldüğünden uzun mesafe haberleşmede tercih edilmez. Genellikle veri haberleşme sistemlerinde veriler seri haberleşme yöntemleri kullanılarak transfer edilir. Paralel şekildeki veri de seri şekle çevrilerek gönderilir.

3.2. Elektrik Hatları Haberleşmesinde Kullanılan Modülasyon Teknikleri

İletişim ortamlarında kullanılacak olan modülasyon ve kodlama tekniklerinin seçimi iletim kanalına uygun, bir başka deyimle iletişim performansını arttıracak yönde olmalıdır. Üzerinde iletişim yapılmak istenen elektrik hatları kanalında tam olarak ak gürültü (AWGN) özelliğine sahip olmayan bir arka plan gürültünün yanı sıra, darbe gürültüsü de mevcuttur ve kanal performansını belirleyici rol oynar. Bu nedenle hat üzerinde uygulanacak olan modülasyon ve kodlama tekniği, bu gürültü özellikleri ile en iyi sonucu verecek türden olmalıdır.

3.3. Sayısal Modülasyon Yöntemleri

Bir iletişim ortamında önemli olan faktörlerden birisi modülasyon tekniğidir. Kullanılan iletişim ortamında iyi performansı göstermeyecek bir modülasyon tekniğinin kullanılması elbette kötü bir seçim olacaktır. Burada sayısal modülasyon teknikleri ve sözü edilen kanallar için uygunluğu ele alınacaktır. Birçok modülasyon teknikleri vardır.

Spread Spectrum (SS)[2], Orthogonal Frequency Division Multiplex (OFDM) [5],Gaussian Minimum Shift Keying (GMSK) [6] , Frequency Shift Keying (FSK) [2], -Phase Shift Keying (PSK) [2], Quadrature Amplitude Modulation (QAM) [2].

FSK ve PSK gibi dar bant modülasyon teknikleri güç sistemleri üzerinden haberleşmede düşük bant oranlarında ve kısa mesafelerde düşük maliyet ve sistem basitliği nedeniyle büyük oranda kullanılan tekniklerdendir. Dönüştürücüler arası mesafenin kısa olduğu ev otomasyonu için dar bant sayısal modülasyonu kullanan güç sistemleri modemleri en uygun olanıdır. Bu teknikte data; ASK (Amplitude shift keying), FSK (Frequency shift keying), veya SSFSK (Spread spectrum frequency shift keying), dan herhangi biri tarafından modüle edildikten sonra güç hatları üzerinden iletilir.

Dönüştürücüler güç hatlarına kuplaj devresi ile bağlanır ve modüle edilmiş sinyal güç hatlarına sokulur. Bilgi ASK'de genlikle taşınır. Bu yüzden ASK, kanaldaki genlik nonlineerliklerine karşı çok duyarlıdır. Bu nonlineerliklere güç hatlarında düzensiz yükten dolayı sıkça rastlanır. Güç sistemlerindeki yüksek gürültü ASK'nın bir başka dezavantajıdır.

FSK'da bilgi frekansla taşınır. Sembolleri, frekans olarak farklı olan sinüsoidal dalgalarla gönderilen veriler birbirinden ayırt edilir. FSK, ASK'ya nazaran gürültüye, zayıflamaya ve elektromanyetik girişime daha bağışıklıdır.

Bundan başka data iletiminde her zaman bir taşıyıcı olduğundan; hata FSK'da kolaylıkla anlaşılabilir. SS-FSK kompleksliği az olan klasik FSK sisteminin avantajlarıyla klasik spread spektrum sisteminin avantajlarını birleştiren modülasyon ve demodülasyon tekniğidir. SS-FSK'nın FSK'dan farkı, bilgi sinyallerini taşıyan iki taşıyıcının birbirinden çok uzağa yerleştirilmesidir.

4.GÜRÜLTÜ VE ALÇAK GERİLİM HATLARINDA GÜRÜLTÜ ÇEŞİTLERİ

4.1 Gürültü

Gönderilen asıl sinyali bozan ve sisteme istem dışı dahil olan herhangi bir enerjidir. Güneş ışığı, florasan lamba, motor ateşleme sistemleri birer gürültü kaynağıdır. Gürültü (bozucu etkiler) çeşitleri şu şekilde sıralanabilir:

- **Interference (girişim-parazit):** İstenmeyen sinyaller sistemimize girerek sinyalimizde bozucu etki meydana getirebilirler. İstenmeyen sinyallerin sisteme girerek sinyali bozmasına girişim denir. Girişim etkisinden kurtulmak için istenmeyen sinyal kaynakları sistem den uzaklaştırılır.

- **Termal (ısıl) Gürültü:** Devreyi oluşturan; direnç, transistör vb. elemanlarda bulunan serbest elektronlar ortam sıcaklığı nedeniyle gürültü oluşturabilir. Bu çeşit gürültü; termal gürültü, beyaz gürültü ya da Johnson gürültüsü olarak isimlendirilir. Gürültü tarafından oluşturulan güç Johnson güç formülü ile ifade edilir.

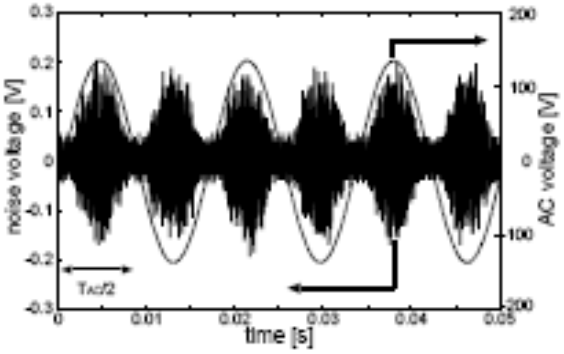
- **Intermodulations (arakipleme):** Sinyaller harmonik frekansların toplamından oluşur. 1 KHz'lik bir kare dalga, 1KHz, 3KHz, 5KHz, 7KHz.gibi sonsuz sayıda sinüsoidal tek harmonik frekansların toplamından oluşur. İki tane farklı kare dalga sinyal birlikte yükseltildiklerinde bu frekansların harmonikleri de beraber yükseltilirler. Yükseltilen bu harmonikler içinde yer alan 2 harmonik frekansın birbirine karışması, intermodülasyon gürültüsü meydana getirir.

- **Crosstalk (çapraz konuşma):** Aynı kılıf içerisinde yan yana bulunan kablolardaki sinyallerin birbirine etki etmeleridir. Crosstalk etkisinden kurtulmak için kablolar bükümlü yapılır.

- **Darbe Gürültüsü:** Çalışma şartlarına bağlı olarak ortaya çıkan etkilerdir. Elektrik motorlarının, ateşleme sistemlerinin, elektromekanik rölelerin ürettikleri gürültüler, iletilen veri üzerinde bozucu etki yapabilir.

4.2. Alçak Gerilim Hatları Haberleşmesinde Gürültü

Elektrik hatlarında iletişim kanalını sinyal zayıflaması ve gürültü etkenleri karakterize eder. Hatta bağlanan yükler hat üzerinde Gaussian beyaz gürültüden farklı yapıda bir gürültü oluştururlar[7]. Güç hatlarındaki gürültü karakteristiği sistemin AC geriliminin yarım periyodunda eş zamanlı olarak değiştiği bilinmektedir[8].

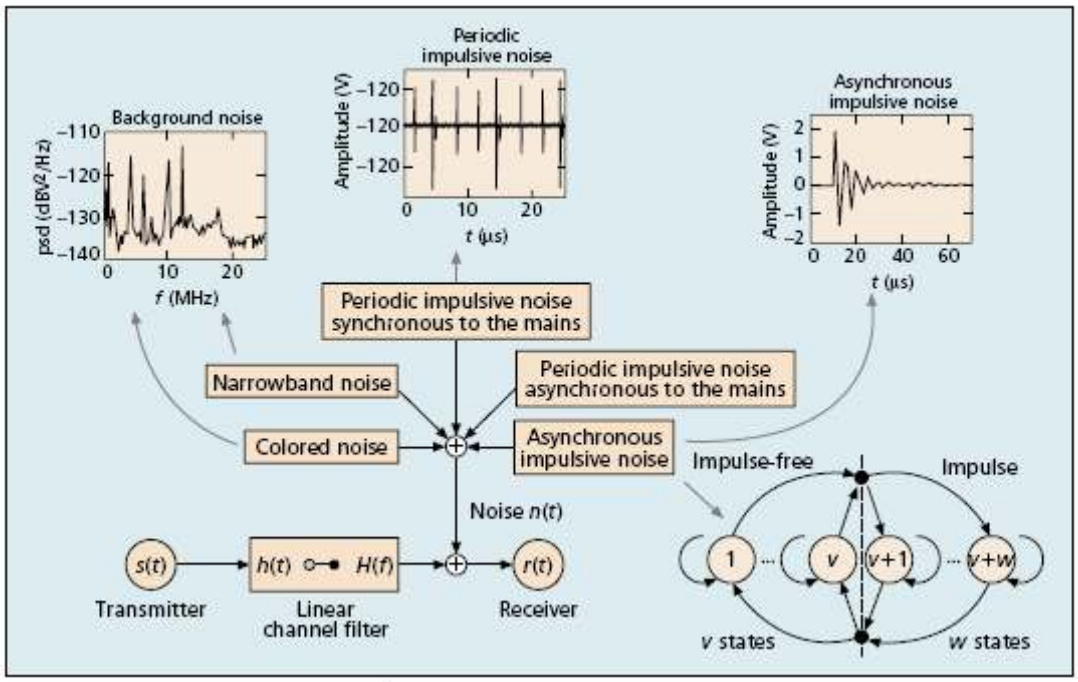


Şekil 4.1 : Örnek bir gürültü dalga formu [8]

Alçak gerilim hatlarında haberleşmesinde gürültü hakkında birçok çalışmalar yapılmıştır. Vines (1984), 5-100kHz frekans aralığında gürültü analizi yapmıştır[10]. Hoojen (1998), 9-95kHz frekans aralığında farklı tipteki yüklerle gürültü ölçümü yapmıştır[15].

Hat üzerindeki gürültüler, arka plan gürültüsü(background noise) dar bantlı gürültü(narrow band) sistem frekansı ile eş zamanlı olmayan darbe gürültüsü (periodic impulsive noise, asynchronous to the mains frequency), sistem frekansı ile eş zamanlı darbe gürültüsü (periodic impulsive noise, synchronous to the mains frequency) ve asenkron darbe gürültüsü (asynchronous impulsive noise) olarak adlandırılmaktadır[9].

Yukarıda belirttiğimiz ilk 3 gürültü tipleri saniyerlerce, dakikalarca hatta saatlerce durağan olduklarından arka plan gürültüsü olarak da adlandırılabilir[9]. Son iki gürültü tipleri ise mikrosaniye seviyesinde zamanla değişen yapıdadır.



Şekil 4.2 : Gürültü türleri ve grafikleri [14]

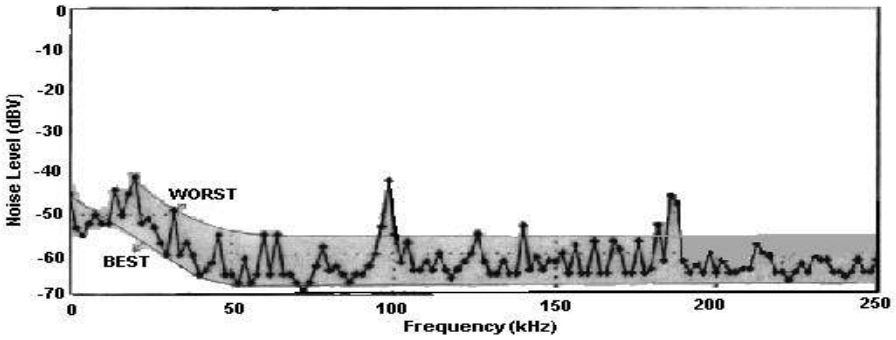
4.2.1. Arka plan gürültü

Hat üzerinde sürekli varolan gürültüdür. Bu gürültünün en belirgin özelliği ak olmaması ve frekans artması ile güç spektrumunda azalma olmasıdır. Bu gürültünün güç spektrum yoğunluğu ile ilgili olarak verilen yaklaşım şu şekildedir [3,10].

$$N(f) = 10^{(K-3.95*10^{-5}*f)} \qquad [W/Hz] \tag{4.1}$$

Bu ifade de N(f) güç spektrum yoğunluğu olup, K, ortalaması μ=-8,64 ve standart sapması σ=0,5 olarak verilen normal(Gaussian) rasgele bir değişkendir. K değeri arka plan gürültünün en kötü (en yüksek arkaplan gürültü seviyesi) durumu için μ+2σ ve arka plan gürültünün en iyi (en düşük arkaplan gürültü seviyesi) durumu için μ -2σ olarak alınır [3].

IEC 1334-4-1'de açık hava AGH için verilen Şekil 4.1 kullanılarak arka plan gürültüsünün RMS voltaj değeri şu şekilde modellenebilir [11]:



Şekil 4.3 : Arka plan gürültü düzeyinin değişimi [11]

4.2.2. Darbantlı Gürültü

Dar bantlı gürültü frekans bandının dar bir bölgesini işgal eder. Bu tür gürültü bazı yerleşim bölgelerinde 25, 30, 32, 46, 49, 55, 62, 75, 78, 94 kHz'de gözlenmiştir [3].

Dar bantlı gürültü genellikle ev cihazlarından, bilgisayar, TV ve elektrik süpürgesinden kaynaklanmaktadır. Genelde bu gürültü türünün temel kaynağı olarak televizyon alıcıları gösterilmektedir[11].

Frekans bandının küçük bir diliminde meydana gelen dar bantlı gürültünün incelenmesi amacıyla genellikle bir tayf çözümleyicisi kullanılır. Böylece hat üzerinde meydana gelen dar bantlı gürültüler kaydedilip frekans ve genlik değerlerine ulaşılır [12].

4.2.3. Sistem frekansı ile eş zamanlı olmayan periyodik darbe gürültüsü

Sistemdeki çeşitli anahtarlama devrelerinin sistem frekansına uyumsuz bir biçimde açılıp kapanması nedeniyle ortaya çıkan bu darbeler 50 kHz ile 200kHz arasında tekrarlama hızı vardır.

4.2.4. Sistem frekansına uyumlu periyodik darbe gürültüsü

Sistemdeki çeşitli anahtarlama devrelerinin sistem frekansına uyumlu bir biçimde açılıp kapanması(örneğin silikon denetimli doğrultucu) ve 50 Hz'lik sinyalin tam bir sinüs olmaması nedeniyle ortaya çıkar. Bu gürültü genellikle dağıtım trafolarının 1.cil ve 2. cil sargıları tarafından kaynaklanmaktadır [3,13].

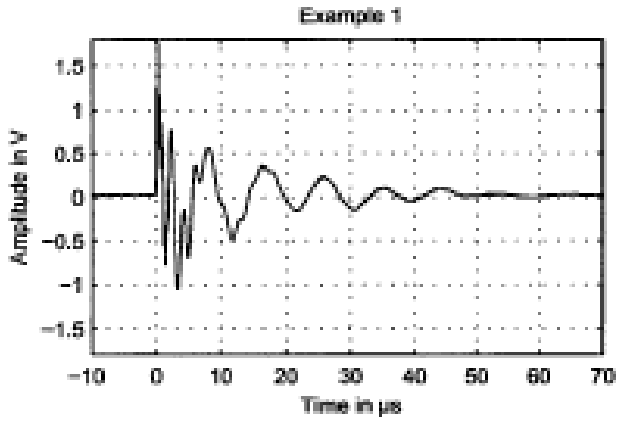
Hat üzerinden ölçülen sinyalin güç tayfına bakarak hat frekansı ile uyumlu olan harmonik gürültü olarak adlandırılan gürültü bileşenlerinin gözlendiği frekanslar belirlenebilir. Güç spektrumu elde edilmiş sinyal üzerinde, sistem frekansı ile uyumlu gürültülerin hangi genlik değerlerinde olduğu bulunur.

Mikrosaniye gibi çok kısa süreleri olan bu darbeler frekans arttıkça düşen bir güç spektrum yoğunluğuna sahiptir.

Sistem frekansı ile uyumlu gürültünün önemi, frekans bandının hangi bölgesini kapladığıdır. Yapılan ölçümlerde yaklaşık 25kHz'e kadar bu tip gürültünün etkisini sürdürdüğü, ancak daha yüksek frekanslarda etkisinin hemen hemen kalmadığı bulunmuştur [12].

4.2.5. Asenkron darbe gürültüsü

Alçak gerilim hat üzerinde kısa bir zaman parçasında,(switching transient}ani olarak ortaya çıkan gürültüdür. Hat üzerine bağlı yüklerin devreden çıkması, hatta yeni yüklerin eklenmesi ve yıldırım gibi olaylar bu gürültünün kaynaklarıdır. Mikro saniye gibi çok kısa süreleri olan bu darbeler frekans arttıkça düşen bir güç spektrum yoğunluğuna sahiptir.

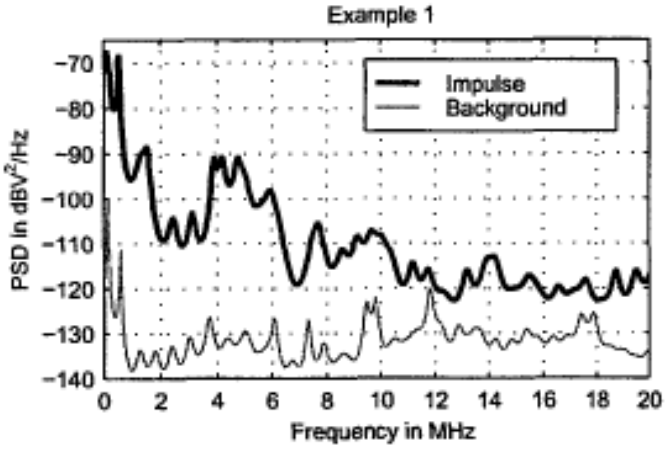


Şekil 4.4 : Örnek bir Asenkron darbe gürültüsü [9]

Bu tip gürültüyü karakterize etmek için 3 parametre kullanılmaktadır [12].Darbe gürültüsünün süresi, Darbe gürültüler arası süre ve darbe gürültünün genliği.

Hat üzerinde meydana gelen darbe gürültüsünün özelliklerini bulmak amacıyla 2 yöntem önerilmiştir. Birincisi, verilerin kaydedildikten sonra işlenmesi olup, kaydedilen verilerin alanının fazla olması ve sistemin de yavaş olması nedeniyle tercih edilmemektedir. Diğer yöntem ise verilerin hattan alındığı anda işlenmesi olup en iyi sonucu vermektedir.

Yapılan çalışmalarda asenkron darbe gürültüsünün güç spektrum yoğunluğunun arka plan gürültüsünden 50dB'den daha fazla değerlere ulaştığı gözlenmiştir[9].

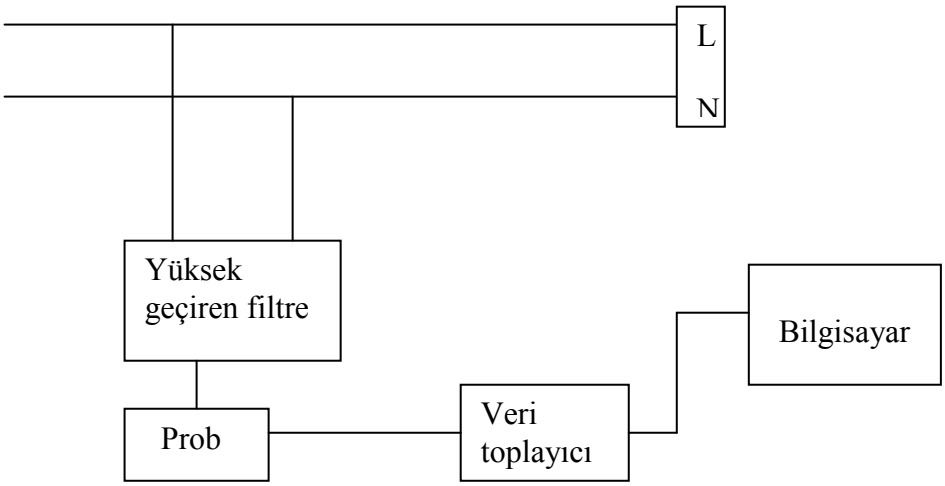


Şekil 4.5 : Arka plan gürültüsü ve darbe gürültüsü karşılaştırması [9]

5. SAHA ÇALIŞMASI VE ÖLÇÜMLER

Bu bölümde fabrika ortamında belirli noktalarda gürültü ölçümleri yapılmıştır. Ölçümler bir yüksek geçiren filtre ve veri toplama cihazı ile yapılmıştır. Ölçümlerde saniyede 5 milyon örnekleme yapabilen ve bunları 16 bit'le kodlayan sayısal bir veri toplama sistemi kullanılmaktadır.

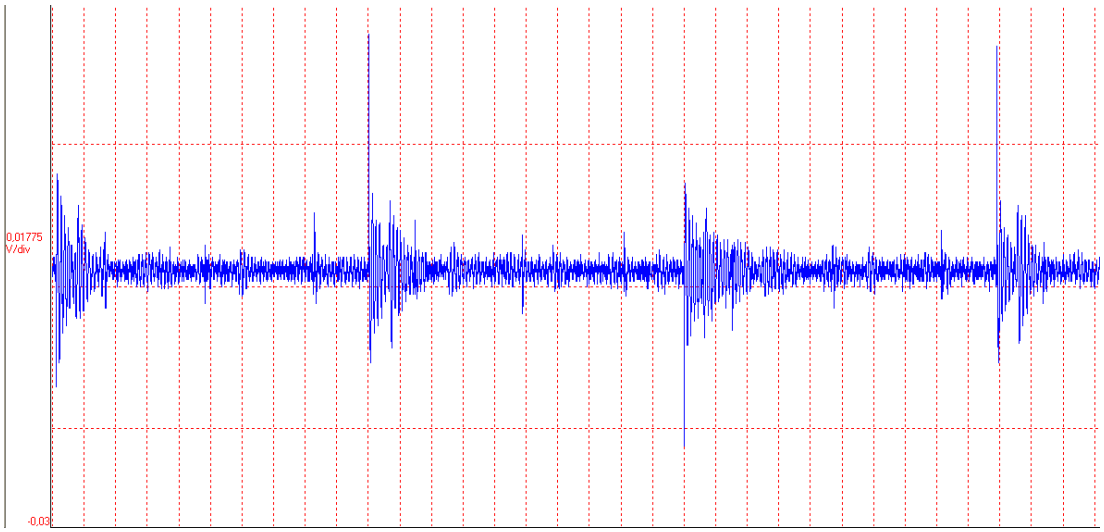
Ölçümlerde kuplaj devresi olarak yüksek geçiren filtre kullanılmıştır. Kuplaj devresi ölçüm cihazlarını hatta bağlamak ve hassas cihazları, güç dağıtımı için kullanılan 220V/50Hz'lik sinyalden korumak için kullanılır.



Şekil 5.1 : Ölçüm düzeneği

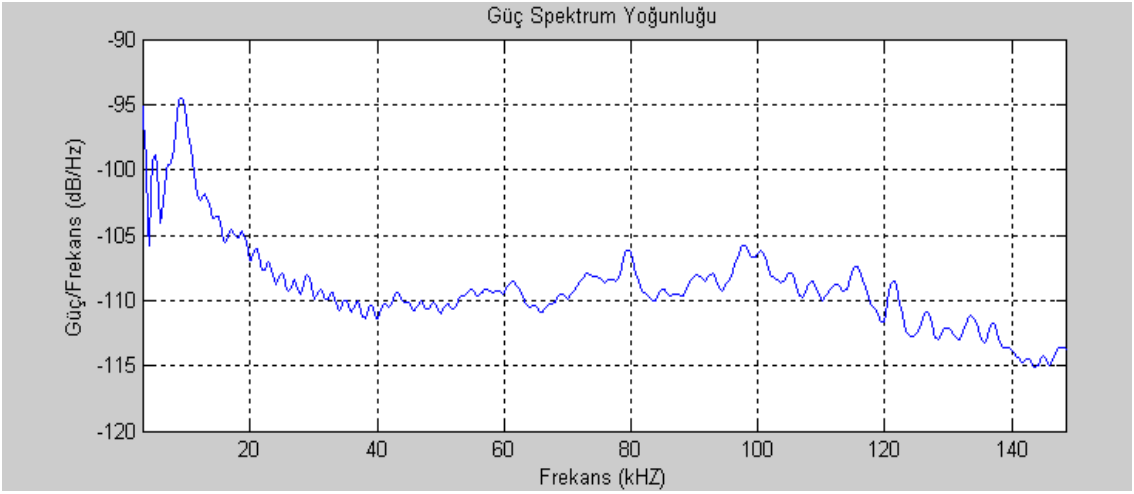
Gürültü analizi için güç spektrum yoğunluğu(GSY) elde etmeliyiz. Güç spektrum yoğunluğu frekans domeninde sinyal gücünün nasıl dağıtıldığını tanımlar. Bu çalışmada güç spektrum yoğunluğu Welch methodu kullanılarak elde edilmiştir.

300 körnek/sn örnekleme hızıyla kaydedilen örneklerin zamanla değişimi ve güç spektrum yoğunluğu aşağıda verilmiştir.



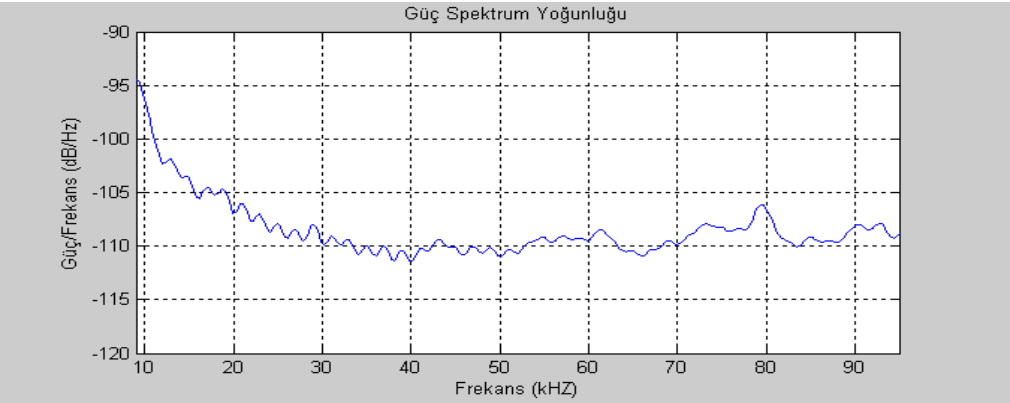
Şekil 5.2 : Fabrika ana panosundan ölçülen gürültünün zamanla değişimi

Şekil 5.2'de fabrika ana panosundan ölçülen gürültünün zamanla değişimi gösterilmektedir. Şekilden de görüldüğü gibi (yatay aralık 1 ms) gürültü karakteristiğinin sistemin AC geriliminin yarım periyodunda eş zamanlı olarak değiştiği görülmektedir.



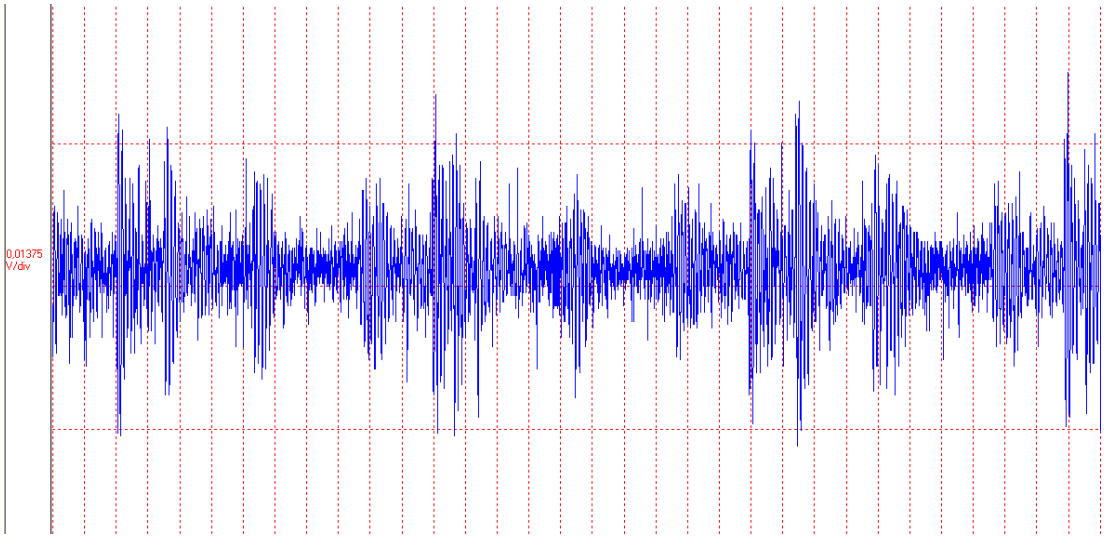
Şekil 5.3 : Fabrika ana panosundan ölçülen gürültünün güç spektrumu

Şekil 5.3, fabrika ana panosunun 3 – 148,5 kHz frekans aralığında güç spektrum yoğunluğudur. Şekilde de görüldüğü gibi 3 – 148,5 kHz frekans aralığında (–95dB) ile (–115dB) arasında değiştiği gözlemlenmiş olup, frekans arttıkça gürültü seviyesinde düşüş gözlenmektedir. Burada elde edilen sinyalin ortalama değerinin (–108 dB) olduğu görülmüştür. Ayrıca arka plan gürültüsünün yanı sıra dar bantlı gürültüler mevcuttur.



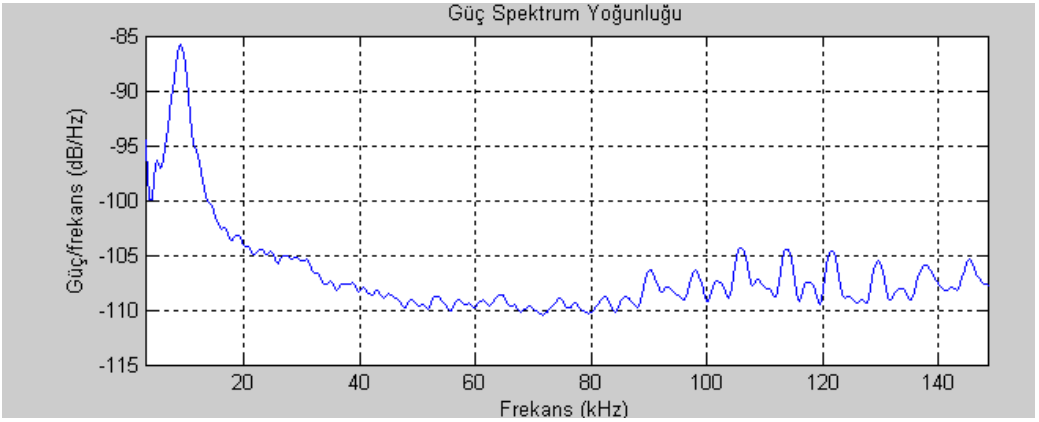
Şekil 5.4 : Fabrika ana panosundan ölçülen gürültünün güç spektrumu (9-95 kHz)

Şekil 5.4'de ise aynı gürültünün elektrik şirketlerinin kullanımı için ayrılan 9-95 kHz arasındaki (A bandı) güç spektrum yoğunluğu incelenmiştir. Şekilde de görüldüğü gibi frekans artmasıyla beraber gürültü seviyesinde azalma gözlenmektedir.



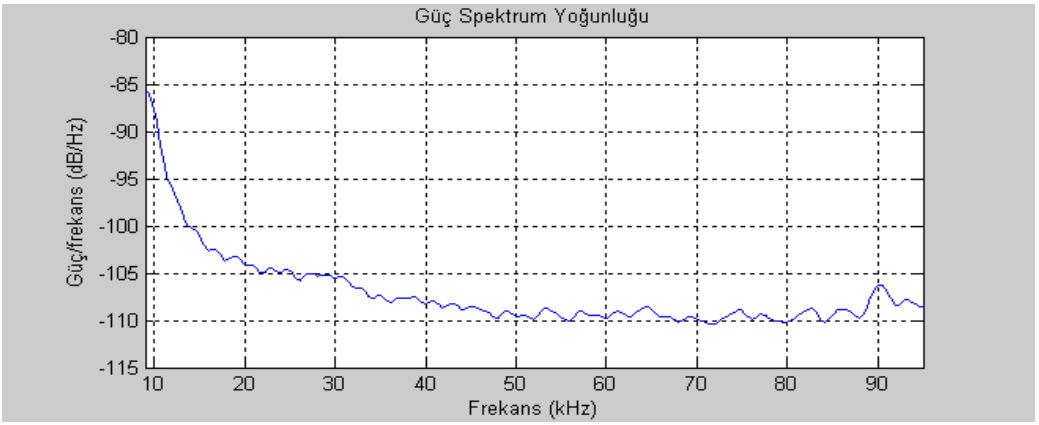
Şekil 5.5 : Fabrika üretim panosundan ölçülen gürültünün zamanla değişimi

Şekil 5.5'de fabrika üretim panosundan ölçülen gürültünün zamanla değişimi gösterilmektedir. Şekilde gürültü karakteristiğinin sistemin AC geriliminin yarım periyodunda eş zamanlı olarak değiştiği görülmektedir.



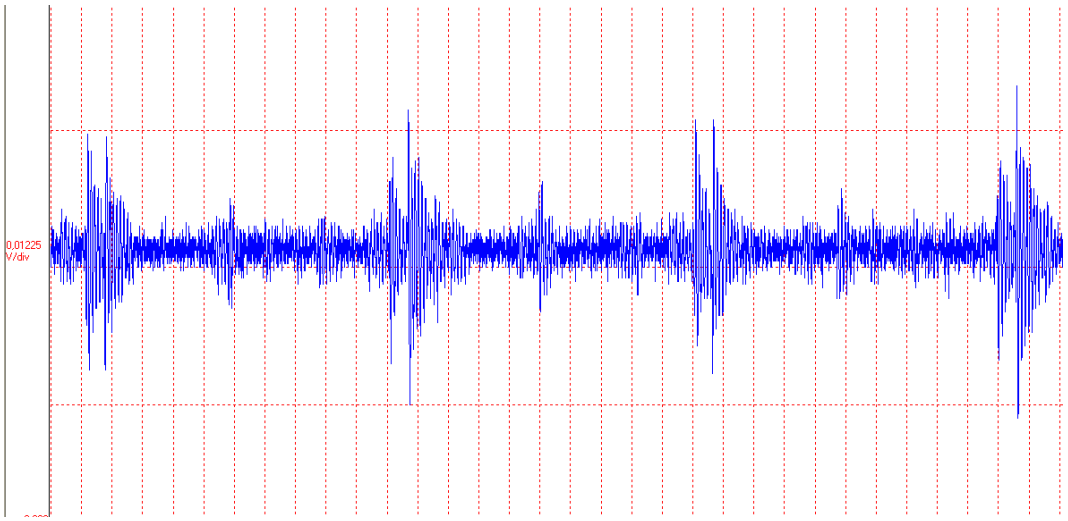
Şekil 5.6 : Fabrika üretim panosundan ölçülen gürültünün güç spektrumu

Şekil 5.6 fabrika üretim panosunun 3 – 148,5 kHz frekans aralığında güç spektrum yoğunluğudur. Şekilde de görüldüğü gibi 3 – 148,5 kHz frekans aralığında (–86dB) ile (–110dB) arasında değiştiği gözlemlenmiş olup, frekans arttıkça gürültü seviyesinde yaklaşık olarak 25 dB düşüş gözlenmektedir. Burada elde edilen sinyalin ortalama değerinin (–106 dB) olduğu görülmüştür. Ayrıca arka plan gürültüsünün yanı sıra dar bantlı gürültüler mevcuttur..



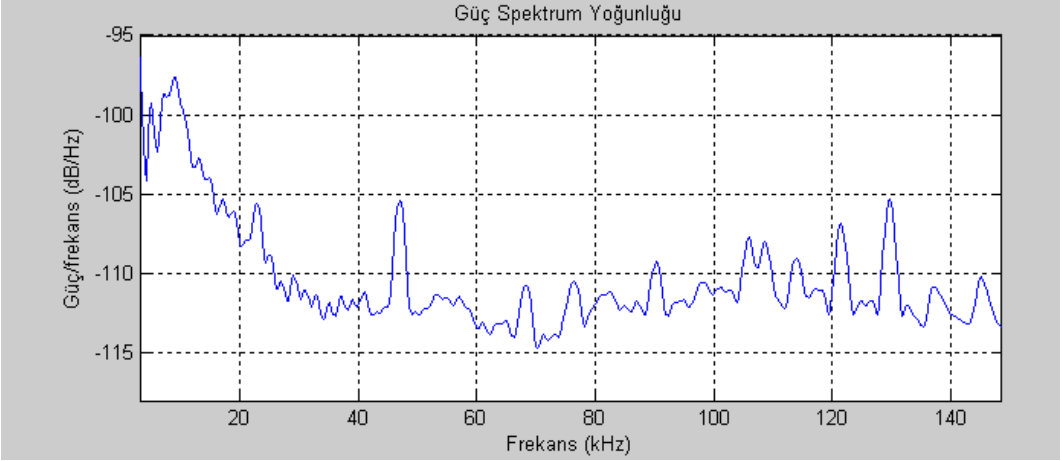
Şekil 5.7 : Fabrika üretim panosu gürültünün güç spektrumu (9-95 kHz)

Şekil 5.7'de ise aynı gürültünün elektrik şirketlerinin kullanımı için ayrılan 9-95 kHz arasındaki (A bandı) güç spektrum yoğunluğu incelenmiştir. Şekilde de görüldüğü gibi frekans artmasıyla beraber gürültü seviyesinde azalma gözlenmektedir.



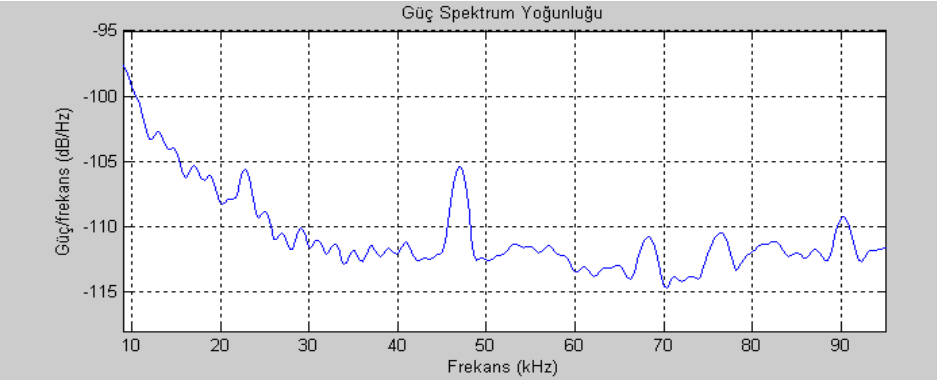
Şekil 5.8 : Fabrika laboratuvar panosundan ölçülen gürültünün zamanla değişimi

Şekil 5.8'de fabrika laboratuar panosundan ölçülen gürültünün zamanla değişimi gösterilmektedir. Şekilde gürültü karakteristiğinin sistemin AC geriliminin yarım periyodunda eş zamanlı olarak değiştiği görülmektedir.



Şekil 5.9 : Fabrika laboratuvar panosundan ölçülen gürültünün güç spektrumu

Şekil 5.9 fabrika laboratuvar panosunun 3 – 148,5 kHz frekans aralığında güç spektrum yoğunluğudur. Şekilde de görüldüğü gibi 3 – 148,5 kHz frekans aralığında (–96dB) ile (–115dB) arasında değiştiği gözlemlenmiş olup, frekans arttıkça gürültü seviyesinde düşüş gözlenmektedir. Bu elde edilen sinyalin ortalama değerinin (–110 dB) olduğu görülmüştür. Ayrıca arka plan gürültüsünün yanı sıra dar bantlı gürültüler mevcuttur.



Şekil 5.10 : Fabrika laboratuar panosu gürültünün güç spektrumu (9-95 kHz)

Şekil 5.10'da ise laboratuvar panosundan ölçülen gürültünün elektrik şirketlerinin kullanımı için ayrılan 9-95 kHz arasındaki (A bandı)güç spektrum yoğunluğu incelenmiştir. Şekilde de görüldüğü gibi 9 – 95 kHz frekans aralığında yaklaşık olarak 20 dB düşüş gözlenmektedir.

Yapılan ölçümleri ve güç spektrum yoğunluklarını incelediğimizde; güç hatlarındaki gürültü karakteristiği sistemin AC geriliminin yarım periyodunda eş zamanlı olarak değiştiği görülmüştür.

Arka plan gürültüsü beyaz gürültü olmadığı görülmüş ve frekans arttıkça gürültü seviyesinde azalma gözlemlenmiştir.

Arka plan gürültüsünün yanı sıra dar bantlı gürültüler gözlemlenmiştir.

Ayrıca ölçüm noktası, gürültü kaynağına yani yüklere yaklaştıkça gürültü seviyesinin daha yüksek olduğu görülmüştür.

6. SONUÇLAR

Bu tezde, alçak gerilim hatlarını kullanarak yapılan iletişim konusu üzerinde çalışılmış ve bu hatlar üzerinde etkisi olan hat karakteristiklerinden gürültü çeşitleri incelenmiştir.

Güç hatları öncelikle enerjiyi verimli bir biçimde iletmek ve dağıtmak için tasarlanmıştır. Bundan dolayı haberleşmek için çok uyumlu değildir ve gelişmiş haberleşme tekniklerine ihtiyaç vardır.

Alçak gerilim hatları üzerinden haberleşme sisteminde karşılaşılan en büyük problem sisteme girip çıkan yüklerin ürettiği gürültüdür. İşte bundan dolayı, alçak gerilim hatları üzerinden iletişim yapabilmek için kanalın gürültü özelliğinin bilinmesi gerekir.

Hat üzerindeki gürültüler, arka plan gürültüsü(background noise) dar bantlı gürültü(narrow band) sistem frekansı ile eş zamanlı olmayan darbe gürültüsü (periodic impulsive noise, asynchronous to the mains frequency), sistem frekansı ile eş zamanlı darbe gürültüsü (periodic impulsive noise, synchronous to the mains frequency) ve asenkron darbe gürültüsü (asynchronous impulsive noise) olarak adlandırılmaktadır.

Ayrıca bu çalışmada, fabrika içinde belirli noktalardan gürültü ölçümleri alınarak güç spektrum yoğunlukları incelenmiştir.

Genel bir sonuç olarak, hatta girip çıkan yükler gürültü üretirler. Ölçüm sonuçlarında da görüldüğü gibi hatta sürekli var olan arka plan gürültüsü beyaz gürültü değildir ve ilgilenilen frekans aralığında frekans arttıkça seviyesi düşmektedir.

Arka plan gürültüsünün yanı sıra dar bantlı gürültüler mevcuttur.

Gürültü kaynağına, yani yüklere yaklaşıldıkça gürültü seviyesinin daha yüksek olduğu görülmüştür.

KAYNAKLAR

[1] **J.B. Anderson**, "Digital Transmission Engineering", *IEEE Press*, 1998.

[2] **J.G. Proakis**, "Digital Communications", McGraw-Hill, 1995.

[3] **O.G. Hooijen** , 1998, On the Channel capacity of the Residential Power Circuit used as a Digital Communication Medium, *IEEE Communication Letters*, Vol 2,10.

[4] ***CENELEC*****,** "EN50065-1, Signalling on low-voltage electrical installations in the frequency range 3 kHz to 148.5 kHz".

[5] **O. Edfors, M. Sandell, J-J van de Beek, D. Landström, F. Sjöberg**, "An Introduction to Orthogonal Frequency-Division Multiplexing, 1999.

[6] **M. Mouly, M-B. Pautet**, "The GSM System for Mobile Communications", Cell & Sys 1992.

[7] **M. Zimmermann and K. Dostert**, "Analysis and modeling of impulsive noise in broad-band powerline communications," *IEEE Trans. Electromagn. Compat*., vol. EMC-44, no. 1, pp. 249–258, Feb. 2002.

[8] **Y. Hirayama, H. Okada, T. YAMAZATO, and M.KATAYAMA**, "Statistical Noise Characterization for Wide Band Power Line Communication System", *IEICE SST2002*- 13, Jul. 2002.

[9] **M. Zimmerman**, "An analysis of the broadband noise scenario in power-line network," in *ISPLC*, 2000.

[10] **R.M.Vines, H.J. Trussel, L.J Gale and J.B. O'Neal**, 1984, "Noise in Residental Power Distribution Circuits", *IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility*, Vol. EMC – 26, No.4, pp 161-168.

[11] **Report IEC 1334-1-4**, Distribution automation using distribution line carrier systems Part 1: General considerations – Section 4 : Identification of data transmission parameters concerning medium and low –voltage distribution mains (1st edition), Kasım 1995.

[12] **Kural F.** ,Alçak Gerilim Enerji Dağıtım Hatlarının Deneysel Olarak Karakterize Edilmesi, Yüksek lisans tezi, 2000 H.Ü. Fen Bil. Enst. Ankara.

[13] **Hans Akkermans**, Report On The Transmission of Data Over the Electricity Power Lines, AKMC, The Netherlands, David Healey, Spectrum, United Kingdom, Hans Ottosson, EnerSearch, Sweden.

[14] **M Gotz, M Rapp, K Dostert** - "Power line channel characteristics and their effect on communication system design" *IEEE Communications Magazine*, 2004

[15] **O. G. Hooijen,** - "A channel model for the residential power circuit used as a digital communications medium" *IEEE Trans.Electromagn.Compat*., vol.40, no. 4, pt. 1, pp. 331-336, Nov. 1998

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Bayram AY

Doğum Yeri ve Tarihi: Giresun – 20.04.1981

Lisans Üniversite: İstanbul Üniversitesi