

ENERJİ HATLARI ÜZERİNDEN İLETİŞİM VE UYGULAMALARI

Sevilay UYANIK

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**EYLÜL 2006
ANKARA**

Sevilay UYANIK tarafından hazırlanan ENERJİ HATLARI ÜZERİNDEN İLETİŞİM VE UYGULAMALARI adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. M. Sezai DİNÇER

Tez Yöneticisi

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek lisans/Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Yrd. Doc. Dr. Timur AYDEMİR

Üye : Prof. Dr. M. Sezai DİNÇER

Üye : Yrd. Doc. Dr. Hasan Ş. BİLGE

Tarih : 13 / 09 / 2006

Bu tez, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygundur.

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orijinal olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Sevilay UYANIK

ENERJİ HATLARI ÜZERİNDEN İLETİŞİM VE UYGULAMALARI

(Yüksek Lisans Tezi)

Sevilay UYANIK

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

Eylül 2006

ÖZET

20. yüzyılın sonlarında tek bir elektrik hattı üzerinden tüm enerji ve iletişim ihtiyaçlarını karşılamaya yönelik “Telli Toplum / Wired Society” hayali, “Her Eve Genişbant” adı altında yeniden canlanmış bulunmaktadır. Her eve, odalardaki her prize erişen elektrik dağıtım hatlarının oluşturduğu alternatif yerel ağın genişbant iletişimde kullanılabilme olanağı, yerel ağda yaşanan darboğazın aşılması fırsatı ile birlikte, iletişim teknolojilerinin yeniden gözden geçirilmesini gündeme getirmiştir. Şehir merkezlerinde ucuz genişbant internet, başka uygun erişim hizmetinin bulunmadığı kırsal alanlarda ise genişbant İnternet’e ilaveten telefon hizmetleri sunulması imkanı hem Avrupa Birliği ülkelerini ve hem de ABD’yi harekete geçirmiştir. Bu çalışmada, Elektrik Hatlarından İletişim (Powerline Communication / PLC) teknolojisinin olumlu ve olumsuz yönleri incelenmiş ve kullanılan hatların çevresinde oluşabilecek duyulabilir gürültü analizi yapılmıştır.

Bilim Kodu : 905.1.150

Anahtar Kelimeler : Enerji hatlarından genişbant, Enerji hatlarından iletişim, duyulabilir gürültü

Sayfa Adedi : 83

Tez Yöneticisi : Prof. Dr. M. Sezai DİNÇER

POWERLINE COMMUNICATION AND APPLICATIONS**(M.Sc. Thesis)****Sevilay UYANIK****GAZİ UNIVERSITY****INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY****September 2006****ABSTRACT**

At the end of the 20th century, “The wired society” idea to meet the energy and communication needs over a single powerline, have recently been come to life again with “Broadband to the all households” projects. The opportunity of the use of energy distribution lines that reach to all of the houses and power sockets in all of the rooms that will overcome the bottleneck of the local loop, has brought reviewing the communications technologies to the agenda again. By means of the Powerlines, the cheap and broadband internet at the city centers and in addition to the broadband internet, the capability of the telephony services at the rurals that have not other suitable access services have motivated both European Union Countries and the USA. In this study, positive and negative sides of the Powerline Communications technologies have been examined and audible noise analysis have been carried out in the vicinity of used lines.

Science Code : 905.1.150**Key Words : Broadband over powerlines, Communication over powerlines, Audible noise****Number of Pages : 83****Advisor : Prof. Dr. M. Sezai DİNÇER**

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın ortaya çıkmasında değerli yardım, katkı ve yönlendirmelerinden dolayı, değerli hocam Sayın Prof.Dr. M.Sezai DİNÇER başta olmak üzere, değerli arkadaşlarım TEDAŞ Genel Müdürlüğünde görev yapan M.Mustafa İZGEÇ, TEİAŞ Genel Müdürlüğünde görev yapan U.Can YOLDAŞ'a ve benden desteğini asla esirgemeyen sevgili eşim Zeki UYANIK'a teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR.....	vii
İÇİNDEKİLER	viii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	xi
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR	xv
1.GİRİŞ	1
2. ELEKTRİK HATLARINDAN İLETİŞİM TEKNOLOJİSİ	3
2.1. Elektrik Enerjisi İletim ve Dağıtım Sistemleri.....	3
2.1.1. Elektrik iletim ve dağıtım şebekeleri.....	3
2.1.2. Elektrik dağıtım hatlarında yerel ağ modeli.....	4
2.1.3. Elektrik iletim ve dağıtım şebekeleri farklılıkları	8
2.2. Enerji Nakil Hatları ve Veri İletimi	9
2.2.1. Enerji nakil hatlarından veri iletiminin tarihsel gelişimi	10
2.2.2. Elektrik Hatlarından İletişim teknolojisi ve donanımları	11
2.3. Elektrik Hatlarından İletişim Hizmetleri ve Şebeke Mimarileri	12
2.3.1. Elektrik Hatlarından İletişim hizmetleri.....	12
2.3.2. Taşıma ve erişim mimarileri	14
2.3.3. Erişim teknolojisi olarak EHI'nin değerlendirilmesi	23
2.4. Elektrik Hatlarından İletişim Sistemleri Teknik Sorunlar ve Çözümleri.....	27

Sayfa

2.4.1. Uyarlamalı teknoloji kullanımı.....	28
2.4.2 Yeraltı şebekeleri.....	30
2.4.3. YF filtreleri ve Sonlandırıcı Kullanımı	30
2.4.4. Gürültü	31
2.5. Elektrik Hatlarından İletişim Standartları ve Düzenlemeler	32
2.5.1. Mevcut EH düzenlemeleri ve standartlar	32
2.6. Detaylı EH Analizi	35
3. DEĞİŞİK FREKANSLARA GÖRE HATLARDA OLUŞABİLECEK DUYULABİLİR GÜRÜLTÜ ANALİZİ	37
3.1. Gürültünün Tanımı ve Gürültü Çeşitleri	38
3.1.1. Tanımı	38
3.1.2. Gürültü çeşitleri	39
3.2. Gürültünün İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkileri	40
3.3. Modelin Tanıtılması	41
3.4. Gerilim Seviyeleri ve Frekansa Göre Gürültü Analizi.....	42
3.4.1. AG gerilim seviyesi için gürültü analizi	42
3.4.2. OG gerilim seviyesi için gürültü analizi.....	43
3.4.3. YG gerilim seviyesi için gürültü analizi	45
4.SONUÇ VE ÖNERİLER.....	59
4.1. SONUÇ	59
4.2. ÖNERİLER.....	61
KAYNAKLAR	63
EKLER	66
EK-1 Modelleme yapılan 12I direği	67

Sayfa

EK-2 Modelleme yapılan 4ÇN3 direği	68
EK-3 Modelleme yapılan BS direği	69
EK-4 Modelleme yapılan 3A1 direği.....	70
EK-5 Çelik özlü alüminyum iletkenlerin mekanik ve elektriksel özellikleri	71
EK-6 İletim hattının duyulabilir gürültü analiz sonuçları (154 kV)	72
EK-7 İletim hattının duyulabilir gürültü analiz sonuçları(380 kV)	76
EK-8 İletim hattının duyulabilir gürültü analiz sonuçları (380 kV demet=4) ...	80
ÖZGEÇMİŞ.....	84

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Avrupa, ABD ve Japonya dağıtım hatları özellikleri.....	8
Çizelge 2.2. EHİ Yapı içi ağ özellikleri	23
Çizelge 2.3. En yaygın iki ayrı EHİ teknolojisinin karşılaştırması	24
Çizelge 2.4. PLC ile diğer ilgili teknolojilerin avantaj-dezavantajları.....	27
Çizelge 2.5. EHİ teknolojisi analiz çizelgesi	36
Çizelge 3.1. Hava hattı iletkenlerinin en büyük salınımlı durumda Yapılara olan en küçük yatay uzaklıkları	37

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Elektrik enerjisi şebekesi ana bileşenleri	3
Şekil 2.2. Elektrik dağıtım sistemi yerel ağ modeli	5
Şekil 2.3. Elektrik, Telefon ve KaTV Şebekeleri yerel ağlarının Karşılaştırmaları	8
Şekil 2.4. Enerji nakil hatlarından haberleşme	9
Şekil 2.5. Bir elektrik hattında örnek EHİ spektrum eşlemi.....	11
Şekil 2.6. Örnek bir EHİ sistemi	11
Şekil 2.7. EHİ erişim şebekesi.....	16
Şekil 2.8. EHİ'nin diğer teknolojiler arasındaki yeri	17
Şekil 2.9. OG şebekesi halka mimarisinde EHİ uygulaması	18
Şekil 2.10. OG hatları ve kablosuz şebeke mimarisi görünümü	19
Şekil 2.11. AG hattı şebeke mimarisi	21
Şekil 2.12. Tipik bir EHİ yapı içi ağı.....	22
Şekil 2.13. EHİ yol haritası	25
Şekil 2.14. EHİ sistemi frekans bantları	32
Şekil 2.15. Avrupa ve ABD'de uygulanan elektrik alan seviye limitleri	35
Şekil 3.1. Gürültünün etkileri	40
Şekil 3.2. Dağıtım hattının devre konfigürasyonu.....	42
Şekil 3.3. Enerji nakil hattının devre konfigürasyonu (36 kV)	44
Şekil 3.4. Modelleme yapılan direğin sağında ve solunda yer seviyesindeki duyulabilir gürültü.....	45
Şekil 3.5. Enerji nakil hattının devre konfigürasyonu (154 kV)	47

Şekil	Sayfa
Şekil 3.6. Modelleme yapılan direğin sağında ve solunda yer seviyesindeki duyulabilir gürültü (1-5-10 MHz).....	48
Şekil 3.7. Modelleme yapılan direğin sağında ve solunda yer seviyesindeki duyulabilir gürültü (150 m.)	49
Şekil 3.8. Modelleme yapılan direğin sağında ve solunda yer seviyesindeki duyulabilir gürültü (Demet Sayısı=2).....	50
Şekil 3.9. İletim hattının demet geometrisi	51
Şekil 3.10. İletim hattının devre konfigürasyonu (380 kV)	52
Şekil 3.11. Modelleme yapılan direğin sağında ve solunda yer seviyesindeki duyulabilir gürültü (1-5-10 MHz).....	53
Şekil 3.12. Modelleme yapılan direğin sağında ve solunda yer seviyesindeki duyulabilir gürültü (Plover)	54
Şekil 3.13. Modelleme yapılan direğin sağında ve solunda yer seviyesindeki duyulabilir gürültü (demet sayısı=4)	54
Şekil 3.14. Modelleme yapılan direğin sağında ve solunda yer seviyesindeki duyulabilir gürültü (y.sayısı=4 mesafe=9 m)	55
Şekil 3.15. Modelleme yapılan direğin sağında ve solunda yer seviyesindeki duyulabilir gürültü (300 m.)	56
Şekil 3.16. Duyulabilir gürültü analiz sonuçları.....	57

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Kısaltmalar	Açıklama
3DES	Üçlü Veri Şifreleme Standardı
AB	Avrupa Birliği
AG	Alçak gerilim
AK	Avrupa Komisyonu
ARRL	Amerikan Radyo Amatörleri Birliği
CENELEC	Avrupa Elektroteknik Standartlaştırma Komitesi
CISPR	Telsiz Girişimi Uluslararası Özel Komitesi
Eİİ	Elektrik hatlarından iletişim
EHT	Elektrik hatları taşıyıcısı
EM	Elektromanyetik
EMG	Elektromanyetik Girişim
EMU	Elektromanyetik Uyumluluk
ETSI	Avrupa Telekomünikasyon Standartları Enstitüsü
FCC	Federal Haberleşme Komisyonu
FO	Fiber optik
GİY	Güç izgesel yoğunluğu
GMSK	Gauss Minimum Kaydırmalı Anahtarlama
HomePlug	HomePlug Powerline Alliance
KaTV	KabloTV

Kısaltmalar	Açıklama
KYD	Kullanıcı yerleşik donanımı
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing Dikey Frekans Bölmeli Çoğullama
OG	Orta gerilim
OSO	Otomatik sayaç okuma
PSTN	Kamu anahtarlamalı telefon şebekesi
RegTP	Regulatory Authority for Telecommunications Posts Almanya UDO
RF	Radyo (Telsiz) frekans
SAH	Sayısal abone hattı
SCADA	Denetsel kontrol ve veri edinme
STE	Sabit telsiz erişim
TEDAŞ	Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi
TEİAŞ	Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi
Tc	Tekrarlayıcı
TETAŞ	Türkiye Elektrik Ticaret Taahhüt Anonim Şirketi
UDO	Ulusal Düzenleme Otoritesi
YAA	Yerel alan ağı
YF	Yüksek frekans
YG	Yüksek gerilim

1. GİRİŞ

1998 yılından itibaren serbestleşmeye başlayan elektrik sektörü için ellerinde bulunan altyapının sadece elektrik iletim ve dağıtımı için değil aynı zamanda telekomünikasyon amaçlı kullanılabilmesi fırsatını oluşturmuştur. Şirketler, dağıtım hatlarının telekomünikasyon alanında kullanılabilmesi ve Elektrik Hatlarından iletişim (EHİ) (Powerline Communication / PLC) teknolojisinin yaygınlaşması amacıyla çalışmalarına ağırlık vermişlerdir. Elektrik şirketleri bu teknoloji yardımıyla işletme ve kullanıcı ilişkileri tecrübelerini kullanarak hizmetlerinde farklılıklar meydana getirmek, bu sayede de kullanıcı sayısını ve çeşidini artırmayı planlamaktadırlar. Elektrik üretim ve dağıtım şirketleri mevcut altyapıları ile doğrudan yerleşik işletmeci ile rekabete girebilecek olması ve vermiş olduğu elektrik hizmetini, Otomatik Sayaç Okuma (OSO) (Automated Meter Reading / AMR) kayıp-kaçak takibi, alarm izleme ve gözetleme gibi maliyet düşürücü, telekomünikasyon şirketlerinde bulunmayan ilave bir takım hizmetler ile destekleme yoluyla bu rekabette kendilerine avantajlar sağlayacağını farkına varmışlardır. Bu sayede özellikle Avrupa ABD ve Uzak Doğu'da EHİ uygulamaları ve ticari denemeler 2003 yılından itibaren yaygınlaşmaya başlamıştır. Bununla birlikte EHİ teknolojilerinde yaşanan, hat üzerindeki gürültü ve zayıflamanın yüksek olması sebebiyle sinyallerin uzağa iletilmemesi ve meydana gelen girişimleri (enterferans) ortadan kaldırılabilmesi yönünde iyileştirme çalışmaları devam etmektedir.[1] Bu arada Ulusal ve Uluslararası Düzenleme Otoriteleri de bu yeni teknolojinin verimli kullanımı için gerekli düzenlemeleri yapmak üzere çalışmalarını sürdürmektedirler.

EHİ, telekomünikasyon tarihinde hakkında bu denli çelişkili fikirler beyan edilen nadir teknolojilerdendir. Örneğin Microsoft'un Yönetim Kurulu Başkanı Bill Gates yapı içi ağlarda elektrik hatları teknolojisini kendileri için şimdilik belirsiz bir teknoloji olduğunu ancak üç yıl sonra durumun netleşebileceğini bildirmiştir [2]. Amerikan Radyo Amatörleri Birliği (American Radio Relay

League / ARRL)'nce yapılan açıklamada ise EHİ için “Pandora’nın Kutusu¹” ifadesi kullanılmıştır. Oysa, ABD’nin Federal Haberleşme Komisyonu (Federal Communication Commission / FCC) üyesi Kathleen Abernathy, EHİ uygulamalarını inceledikten sonra bu teknolojilerin yaygınlaşması sayesinde oluşacak ortamı Broadband Nirvana²” olarak tanımlamıştır [3].

Avrupa Komisyonu (AK) (European Commission / EC), 23 — 24 Mart 2000 tarihlerinde Lisbon’da, Lisbon stratejisi olarak bilinen ve 10 yıllık dönemi kapsayan, Avrupa Birliği (AB) (European Union / EU)’ni bilgiye dayalı, rekabetçi ve devingen bir ekonomi haline getirmeyi hedefleyen çok önemli kararlar almıştır [4]. ABD ise 26 Mart 2004 tarihinde Başkan George W. Bush’un ifadesiyle, daha yakın bir tarih olan 2007 yılını tüm Amerikan vatandaşlarına evrensel ve makul maliyetlerde genişbant erişiminin sağlanacağı yıl olarak hedef seçmiştir. Hem AB ve hem de ABD bu hedef için mevcut ve yaygın genişbant erişim teknolojileri olan Sayısal Abone Hattı (SAH) (Digital Subscriber Line DSL) ve Kablo TV³ (KaTV) (Cable TV / CaTV)’nin yanına üçüncü bir alternatif olarak EHİ teknolojisini yerleştirmeyi planlamaktadır.

Dünyada yaşanan ve özellikle 2003 yılından itibaren hız kazanan bu gelişmelerden ülkemizin de etkilenmesi kaçınılmazdır. Yaygınlaşması devam eden EHİ uygulamalarının gerçekleşmesi teknik uygunlukların sağlanmasıyla birlikte yeni düzenlemelere gidilmesini de gerektirmektedir.

¹ Pandoranın Kutusu: İçinde kötülükleri ve kargaşayı barındıran, açıldığında bu kötülükleri ve kargaşayı tüm dünyaya yayacağına ve geri dönüş için de çok geç olacağına inanılan sandık.

² Nirvana: Budizmin “kurtuluş” için kullandığı terim

³ Burada “KaTV” ile KaTV şebekesi üzerinden verilen Kablo modem hizmeti kastedilmektedir. Kablo Modem, KaTV şebekeleri üzerinden, çok hızlı veri iletişimi için tasarlanmış bir modem türü olup, şebeke üzerinde iki yönlü veri transferi, veri tabanlı ses ve görüntü iletimine olanak sağlamaktadır. Yüksek hızlı kablo İnternet hizmeti için “kablo genişbant”, “kablo modem” ve şebekesini, KaTV altyapısını ifade etmektedir

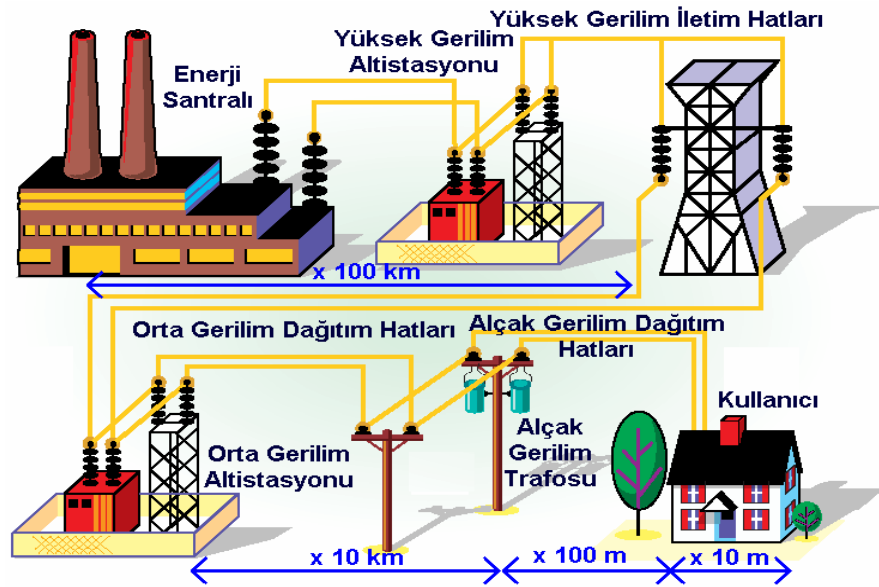
2. ELEKTRİK HATLARINDAN İLETİŞİM TEKNOLOJİSİ

Enerji⁴ nakil hatları üzerinden veri iletimi konusunun incelenebilmesi için öncelikle elektrik enerjisi taşıma (iletim ve dağıtım) sistemlerinin gözden geçirilmesi ve elektrik şebekesinin⁵ veri iletim amaçlı kullanım özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir.

2.1. Elektrik Enerjisi İletim ve Dağıtım Sistemleri

2.1.1. Elektrik iletim ve dağıtım şebekeleri

Elektrik iletim ve dağıtım şebekeleri, değişik bileşenlerin bir araya gelmesinden oluşmaktadır. Bunlar sırasıyla elektrik üretim santralleri, iletim hatları, trafo merkezleri, dağıtım hatları ve kullanıcılarıdır (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Elektrik enerjisi şebekesi ana bileşenleri [5]

⁴ Enerji ifadesi ile yalnızca “Elektrik Enerjisi” kastedilmektedir.

⁵ ‘Şebeke’ kavramı, elektrik sektöründe, birleşik (enterkonnekte) hatlardan oluşan ve elektriğin taşınmasına yarayan iletim ve dağıtım hatlarının genel adı olarak kullanılmaktadır.

Genel olarak elektrik enerjisi iletim ve dağıtım sistemleri taşımış oldukları elektriğin gerilim değerlerine göre sırasıyla;

- i) Yüksek gerilim (YG) hatları,
- ii) Orta gerilim (OG) hatları,
- iii) Alçak gerilim (AG) hatları

olarak 3 ana kısma ayrılmaktadır.

YG hatları⁶ iletim şebekesini, OG⁷ ve AG⁸ hatları da dağıtım şebekesini oluşturmaktadır. Elektrik hatları (EH) (Powerlines / PL), 50 Hz ya da 60 Hz elektrik frekansında en az kayıpla iletimi yapacak şekilde birbirlerine trafolar aracılığı ile bağlanmaktadır. Her bir gerilim seviyesi belirli mesafelerde taşımayı sağlamaktadır. OG hatları, bir YG/OG alt istasyonundan başlamakta, dağıtım trafoları yoluyla AG hatlarına bağlanmaktadır. AG hatları kullanıcılara ulaşmaktadır. AG şebekesi, AG dağıtım hatlarını, bağlantı hatlarını, elektrik sayaçlarını, sigorta ve prizleri içermektedir.

2.1.2. Elektrik dağıtım hatlarında yerel ağ modeli

Elektrik dağıtım hatlarının modellenmesinde kullanılan en uygun ve basit yöntem Ağaç-Dal modelidir. Ağaç-Dal modeli olarak incelendiğinde, alt istasyonlara YG seviyesinde gelen elektrik enerjisinin OG' ye düşürülmesi ağaç gövdesinin başlangıcını oluşturmaktadır. YG/OG trafosu sayısına göre;

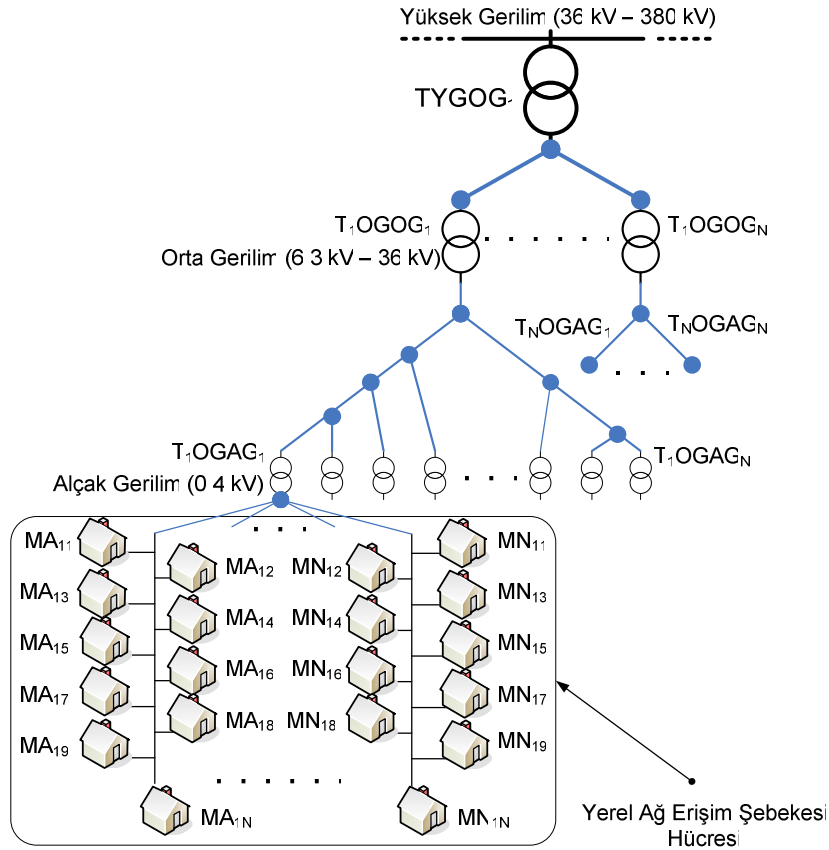
TYGOG₁ - TYGOG_N

⁶ Enerji Piyasası Düzenleme Kurumunun (EPDK) 27 Mart 2003 tarihli Elektrik Piyasasında İletim ve Dağıtım Sistemlerine Bağlantı ve Sistem Kullanımı Hakkında Tebliğinde 36 kilo Volt (kV) üzeri YG, 380 kV üzeri ise Çok YG olarak tanımlanmaktadır.

⁷ EPDK'nın aynı Tebliğinde 36 kV altı gerilimleri (6,3 kV – 36 kV arası) kapsamaktadır.

⁸ AG hatları, 0,4 kV gerilimi kapsamaktadır.

her bir ağaç gövdesinin başlangıç noktasını oluşturur. Örnek olarak Şekil 2.2'de 1 adet görülen YG/OG trafosu TYGOG₁ ile ağacın gövdesi başlamaktadır.



Şekil 2.2. Elektrik dağıtım sistemi yerel ağ modeli

TYGOG₁ YG/OG trafosundan elektrik alan ve bu elektriğin gerilimini OG dağıtım gerilimine düşüren trafolar ise modelde ana dalları oluşturmaktadır. Dolayısıyla her bir modelde

$$T_1OGOG_1 - T_1OGOG_N$$

arasında ana dal bulunmaktadır. Her bir ana dal taşımış olduğu gerilim değerine ve beslemiş olduğu bölgeye göre değişik sayıda yan dallara sahiptir. Bunlar da OG/AG (AG / indirme) trafolarıdır.

$$T_1OGAG_1 - T_1OGAG_N$$

arasında AG trafosu OG/OG trafosuna bağlanarak yan dalları oluşturmaktadır. Her bir AG trafosu yaklaşık 10 civarında AG seviyesinde ince dallara (Fider⁹) sahiptir. Her dal üzerinde kullanıcılar yapraklar gibi sırayla dizilmişlerdir. Yaprakların veya dalların birbirine teması döngüler oluşturarak sistemde arızalara sebebiyet vermektedir. T_1OGAG_1 AG trafosuna bağlı ince dalların üzerindeki kullanıcılar sırasıyla;

$$MA_{11} - MA_{1N} \dots MN_{11} - MN_{1N}$$

olarak numaralandırılabilir. Bu kullanıcılar T_1OGAG_1 AG trafosunun hücresini (cell) oluşturan kullanıcılardır. Aynı şekilde T_1OGAG_2 AG trafosunun hücresini oluşturan kullanıcılar:

$$MA_{21} - MA_{2N} \dots MN_{21} - MN_{2N}$$

T_1OGAG_N AG trafosunun hücresini oluşturan kullanıcılar da,

$$MA_{N1} - MA_{NN} \dots MN_{N1} - MN_{NN}$$

olmaktadır.

Diğer taraftan T_1OGAG_N ana dalının $T_NOGAG_1 - T_NOGAG_N$ yan dallarının hücrelerini oluşturan kullanıcılar da aynı şekilde sırasıyla,

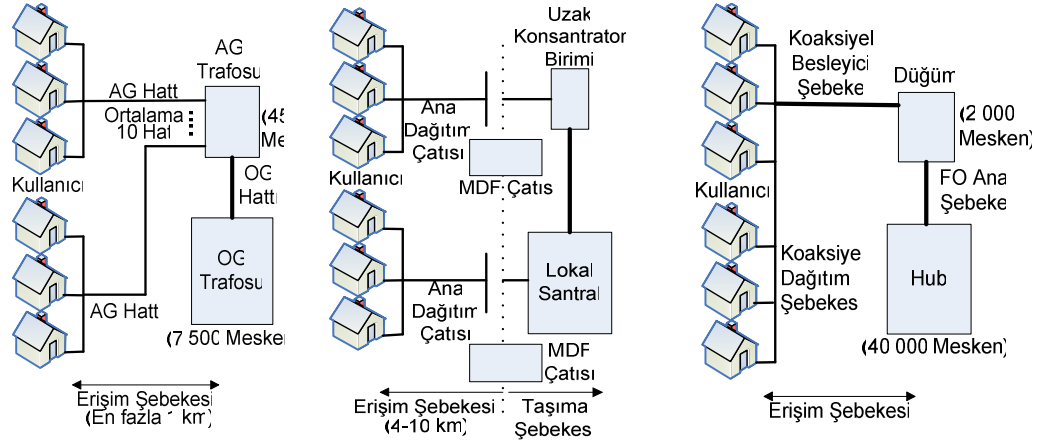
$$MA_{N1} - MA_{NN} \dots MN_{N1} - MN_{NN} \text{ ve } MA_{N+N,1} - MA_{N+N,N} \dots MN_{N+N,1} - MN_{N+N,N}$$

kullanıcılarından meydana gelmektedir.

⁹ Fider: AG trafosundan kullanıcı veya kullanıcılar grubuna elektrik enerjisi taşıyan hat veya kablo çıkışlarını ifade etmektedir.

Netice olarak her bir Ağaç-Dal yapı, yaprakları meydana getiren kullanıcıların oluşturduğu hücrelerin AG trafolarına bağlanması ile uçlanır. AG trafolarına bağlanma yoluyla ara dallar üzerinden OG/OG trafolarına, oradan da YG/OG trafosuna gövde olarak bağlanan yapı, paylaşımlı sistem üzerine kurulu, kendi yerel ağına (local loop) sahip bir modeli oluşturmaktadır [6].

Elektrik hatları, telefon hatları ve KaTV altyapı modelleri karşılaştırmaları Şekil 2.3'de görülmektedir.



Şekil 2.3. Elektrik, Telefon ve KaTV Şebekeleri yerel ağlarının karşılaştırmaları

AG elektrik hatlarının meydana getirdiği yerel ağ, kurulu AG trafosunun gücüne göre ortalama 400 – 450 kullanıcıdan oluşan bir paylaşımlı ortam sunmaktadır. KaTV yapısında olduğu gibi şebeke, yıldız şeklinde bir çok dallara bölünmüştür. Yerel ağı oluşturan AG hatlarının uzunluğu en fazla 1 km'ye kadar olabilmektedir ve “Son Kilometre / Last Mile”¹⁰ olarak adlandırılmaktadır. Bu mesafeden sonra malzeme ve kurulum giderleri ile

¹⁰ Son Kilometre (Last Mile): Elektrik dağıtım hatlarında AG trafosundan kullanıcının yapı girişine kadar olan kısımdır. Telekomünikasyonda ise “son kilometre” ifadesi, bireysel ya da kurumsal son kullanıcıya erişim sağlayan son şebeke ve bileşenlerini anlatmaktadır. Örnek olarak bir kablo şebekesinde, son kilometre, headend’ten kullanıcıya doğru olan kısımlardır. Bakır kabloda ise son kilometre, abone ile ana dağıtım çatısı arasındaki konsantrasyon noktası olan saha dolabından başlayarak bina girişinde sonlanan lokal şebekeye karşılık gelmektedir.

gerilim düşümleri ve topraklama koşullarının elverişsizliği uygulamada verimsizliğe yol açmaktadır. Telekomünikasyon şebekeleri altyapısını oluşturan bakır hatlar ise, AG hatlarına göre daha uzak mesafelere, daha az zayıflama ile gidebilmektedir¹¹.

2.1.3. Elektrik iletim ve dağıtım şebekeleri farklılıkları

Ülkelere göre YG şebekesi benzer özellikler gösterse de, OG ve AG'nin oluşturduğu dağıtım şebekesinde önemli farklılıklar bulunmaktadır. Dağıtım sistemleri, gerilim, bina yoğunluklarının ve coğrafi yapıların farklılığı ile trafoların beslediği mesken sayıları dikkate alındığında Avrupa ve ABD modeli şeklinde ikiye ayrılmıştır [7]. Çizelge 2.1'de görüldüğü gibi Japonya'nın dağıtım sistemi ABD modeline benzemesine rağmen kendine has özelliklere sahiptir.

Çizelge 2.1. Avrupa, ABD ve Japonya dağıtım hatları özellikleri

Özellik	Avrupa	ABD	Japonya
OG hatlarının durumu	Havaî hat + yeraltı kabloları	% 80'i havaî hat	% 90'ı kablo çekili havaî hat
AG hatları ortalama hizmet yarıçapı (metre)	400	100 - 300	50 – 200
AG trafosuna bağlı ortalama mesken sayısı	350	1 - 15	30
Fazlar arası/Faz-Nötr gerilimi (Volt)	400 / 230	220 / 110	200 / 100
Frekans (Hertz)	50	60	50 / 60

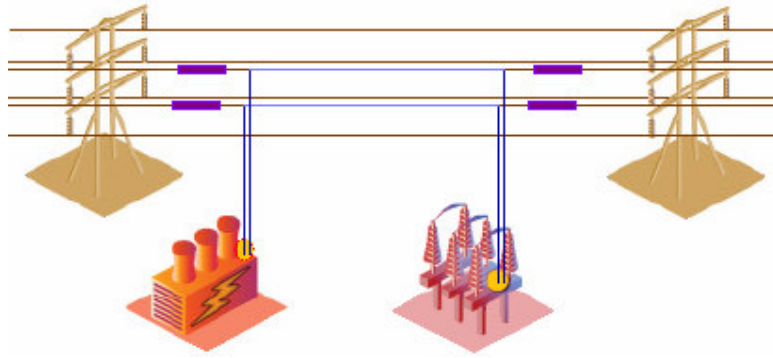
OG ve AG hatları altyapısı, EHİ uygulaması esnasında önem arz etmektedir. Ülkelerin elektrik dağıtım altyapılarındaki farklılıkların EHİ sistemlerinin yayılmalarını etkilediği görülmektedir. EHİ denemelerinin, genel olarak 220 V

¹¹ Telefon ve SAH hizmetlerinin verildiği yerel ağ, PVC kaplı bakır tellerden meydana gelmektedir ve kullanılan bakır kablounun çapına bağlı olarak ortalama 4 km – 10 km'ye kadar hizmet verebilmektedir.

ile 240 V elektrik kullanan ve AG trafosuna bağlı mesken sayısı yüksek olan ülkelerde daha başarılı olduğu bilinmektedir. Bunun ana sebebi de dağıtım şebekesinin yapısından ötürü kullanılan donanımların Japonya ve ABD modellerinde kullanıcı başına maliyeti Avrupa modeline nazaran daha da yükseltmesidir [7].

2.2. Enerji Nakil Hatları ve Veri İletimi

Elektrik üretimi ve dağıtımı yapan şirketler, elektrik hatlarını elektrik iletimi ve dağıtımı için kullanmanın yanında, özellikle şebekenin kendisinin izleme ve denetlenmesi amacıyla gerekli veri sinyallerinin iletim ortamı olarak da değerlendirmektedirler (Şekil 2.4). Denetim ve izlemenin yapılacağı her bir noktaya ulaşan ağ halihazırda mevcut olduğundan, şebekenin bizzat kendisi denetleme bilgilerinin aktarımında kullanılabilir.



Şekil 2.4. Enerji nakil hatlarından haberleşme

Enerji şirketleri bu iletimi, tabi oldukları düzenlemelere uygun olarak (148,5 kHz veya 525 kHz frekanslara kadar) 50 Hz veya 60 Hz şebeke frekansından daha yüksek frekanslı veri sinyallerini enerji iletim hatlarından uzun mesafeler boyunca ileterek gerçekleştirmektedirler. Genişbant¹² (Broadband) EHI düşüncesinin temeli bu uygulamalara dayanmaktadır.

¹² Genişbant: Uluslararası Telekomünikasyon Birliği Telekomünikasyon Standartlaştırma Birimi'nin (ITU-T) I.113 sayılı tavsiyesine göre 1,5 Mega bit per second (Mbps) ya da 2 Mbps'lik hızlar genişbant olarak kabul

2.1.1. Enerji nakil hatlarından veri iletiminin tarihsel gelişimi

Elektrik enerjisi şebekelerinin elektriğin nakli amacıyla kullanılmaya başlandıktan hemen sonra veri iletiminde de kullanılması için araştırmalara başlanılmıştır. AG elektrik hatlarını sinyalleşme amaçlı olarak kullanma fikri eskilere dayanmaktadır. 1838 yılında Londra-Liverpool telgraf sistemi bataryalarının gerilim seviyelerinin kontrolü, 1897’de ise İngiltere’de sayaçların elektrik hatlarından sinyalleşme ile okutulması sağlanmıştır. 1905 yılında ABD’de Chicago’da elektrik sayaçlarının aynı sistemle uzaktan okutulmasının patenti alınmıştır [8].

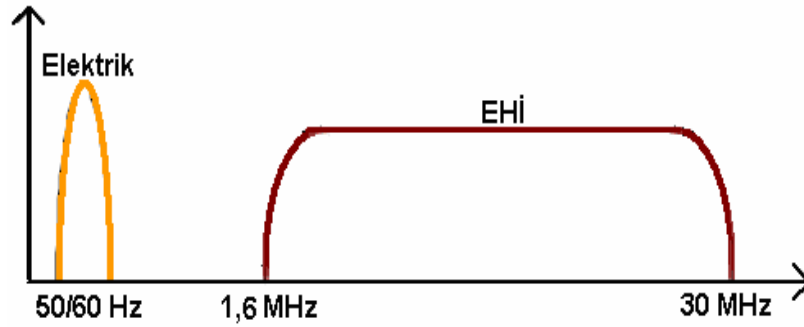
YG iletim hatlarından Elektrik Hatları Taşıyıcısı (EHT) (Powerline Carrier / PLc) ile ses iletimi de 1930’lu [9] yıllarda gerçekleştirilmiştir. YG iletim hatları üzerinden geleneksel EHT¹³ sistemi elektrik şebekelerinin işletim yönetiminde, enerji dağıtımının en yüksek verimle yapılabilmesi amacıyla Supervisory Control And Data Acquisition (SCADA) (Denetsel Kontrol ve Veri Edinme) bilgilerinin iletiminde ve ses haberleşmesinde kullanılmaktadır.

YG iletim hatları üzerinden ses ve SCADA bilgilerinin aktarıldığı ve darbant¹⁴ EHI olarak bilinen EHT ile genişbant EHI arasındaki temel fark ise, EHI teknolojinin OG ve AG dağıtım hatlarında daha yüksek veri hızlarına ulaşabilmek için Şekil 2.5’te görüldüğü gibi yüksek frekanslar (1,6 Mhz’den 30 Mhz’e kadar) kullanmasıdır.

edilmektedir. Oysa Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü (OECD) 256 Kilo bit per second (Kbps) indirme hızını ve 128 Kbps yükleme hızını geniş bant olarak kabul etmektedir. FCC ise 200 Kbps üzeri çift yönlü hızları geniş bant olarak tanımlamaktadır. Genel görüş, 250 Kbps ve daha yukarı hızlar genişbant olarak kabul edilmektedir.

¹³ EHT: Daha ziyade ses ve düşük veri aktarım hızlı temel işletme bilgilerinin iletiminde kullanılan sistemdir.

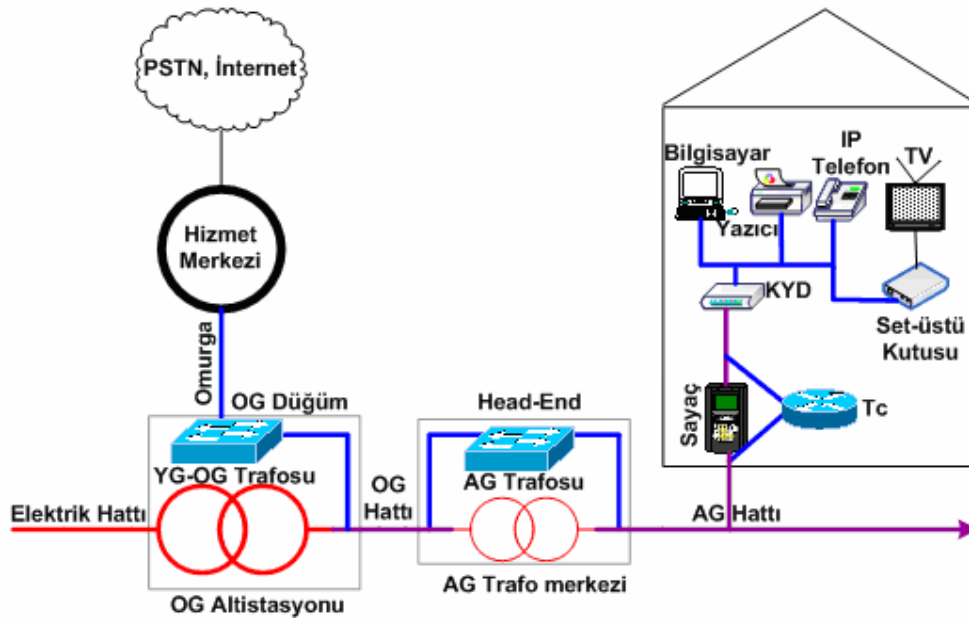
¹⁴ Darbant: Genel görüş, 250 Kbps ve daha aşağı veri indirme ve yükleme hızları darbant olarak kabul edilmektedir.



Şekil 2.5. Bir elektrik hattında örnek EHI spektrum eşlemi

2.1.2. Elektrik hatlarından iletişim teknolojisi ve donanımları

EHI¹⁵, haberleşme teknikleri yardımıyla Şekil 2.6'da görüldüğü gibi elektrik dağıtım şebekesi üzerinden verinin iletilmesi teknolojisidir.



Şekil 2.6. Örnek bir EHI sistemi [9]

¹⁵ Aynı kavram için Internet over Powerline (IPL), Powerline Transmission (PLT), Broadband over Powerline (BPL) gibi farklı isimler de kullanılmaktadır. EHI ismi, Nor.Web şirketinin, Open University (İngiltere) ile ortaklaşa yürüttükleri çalışmalar sonucu ortaya çıkmıştır.

Bu teknolojiye, OG altistasyonları İnternet ve telefon hizmetlerini sunmak amacıyla değişik erişim teknolojileri ile [SAH, KaTV, Fiber Optik (FO) (Fiber Optic), Sabit Telsiz Erişim (STE) (Fixed Wireless Access / FWA), OG EHİ] hizmet merkezine bağlanmaktadır. OG altistasyonundaki OG Düğüm¹⁶ (Node)'ü, AG trafo merkezi ile hizmet merkezini OG elektrik şebekesi üzerinden birbirine bağlamaktadır.

AG trafo merkezinde Head-End kullanılarak ses ve veri, AG trafosu atlatılarak doğrudan elektrik hattına enjekte edilmektedir. Elektrik sayaçlarının yanında bulunan Tekrarlayıcı¹⁷ (Repeater / Tc) ile alınan sinyal yinelenerek kuvvetlendirilmekte ve binadaki prizlere dağıtılmaktadır. Her kullanıcı, EHİ Kullanıcı Yerleşik Donanımı (KYD) (Customer Premise Equipment / CPE) vasıtasıyla ayırtmış olduğu ses ve veriyi kullanarak bilgisayarına, telefonuna ya da uyumlu diğer donanımlara bağlanabilmektedir.

2.2. Elektrik Hatlarından İletişim Hizmetleri ve Şebeke Mimarileri

OG ve AG dağıtım hatlarında EHİ teknolojisi sayesinde elektrik dağıtımı ve iletişim hizmetlerinin bütünleşmesi sonucu "Taşıma + Erişim + Yapı İçi" yapıları ortaya çıkmaktadır. Bu da verilebilecek hizmetlerin bütünlük arz etmesini sağlamaktadır.

2.2.1. Elektrik hatlarından iletişim hizmetleri

EHİ teknolojisi hizmetleri genel olarak şunlardır:

i) Taşıma ve erişim hizmetleri: EHİ sistemi, YG/OG altistasyonlarından OG/OG trafolarına ya da AG trafolarına, OG elektrik şebekesi üzerinden

¹⁶ OG Düğüm: Bir endüktif bağlaştırmacı (Inductive coupler) olup, haberleşme sinyallerini doğrudan bağlantı olmaksızın OG elektrik hattına aktarma işlevini gerçekleştirir.

¹⁷ Tekrarlayıcı (Tc): Uzak mesafelere iletilecek olan sinyali kuvvetlendiren ve aynı zamanda yönlendirici (Router) görevini gören donanımdır.

genişbant sinyal iletimi yoluyla taşıma hizmeti vermektedir. AG trafosundan itibaren de elektrik şebekesi üzerinden son kullanıcının bulunduğu prizlere kadar oluşan haberleşme hattından genişbant erişim hizmeti verilmektedir. Bu sayede; Genişbant taşıma ve erişim, Simetrik genişbant İnternet, IP telefon, Görüntülü toplantı (Video Conference) hizmetleri verilebilmektedir.

ii) Yapı içi hizmetleri: EHİ sistemi, yapı içinde mevcut elektrik tesisatını kullanarak yapı içi genişbant haberleşme ağı oluşturmaktadır. Altyapı değişikliğine gidilmeden şebeke üzerinde herhangi bir priz üzerinden basit bir kurulumla hizmet alımına başlamak veya konum değiştirmek mümkün olmaktadır. Bu da, altyapıda hareketliliği sağlamaktadır. Yapı içi ağı ile; Ev otomasyonu, Uzaktan izleme, Bilgisayar ağları, Gelişmiş yapı içi ses ve görüntü paylaşımı hizmetleri verilebilmektedir.

iii) Enerji Yönetim zmleri: EHİ sistemi, taşıma, erişim ve yapı içi hizmetleri yanında yine OG ve AG elektrik şebekesini kullanarak ilâve hizmetler sunumuna da imkân vermektedir. Bunlar:

a) Otomatik hizmet dışı kalma algılaması (Automated outage detection): Elektrik şirketleri dağıtım sistemindeki kesintilerden, kullanıcılardan gelen telefon ihbarları sayesinde haberdar olmaktadırlar. Otomatik hizmet dışı kalma algılaması, meydana gelebilecek kesintiler ve boyutları hakkında doğrudan bilgi sahibi olmayı ve istatistiklerin sağlıklı bir şekilde kayıt altına alınmasını sağlamaktadır.

b) Elektrik şebekesi donanım izleme ve denetimi: EHİ teknolojisi, SCADA sisteminin iletim hattından itibaren OG ve AG şebekesi de dahil olmak üzere son kullanıcıya kadar yaygınlaşmasını sağlamaktadır. Bu da enerji iletim ve dağıtım kalitesinin tespitine, hassas donanımlar kullanılmasına ve dolayısıyla da acil ve doğru önlemler alınmasına imkân tanımaktadır.

c) OSO ve elektronik denetim: Sayaç okuma ve gözlemleme işi tek bir merkezden yapılarak maliyetlerin düşmesi sağlanmaktadır. Elektronik denetim ise özellikle kaçakların takip ve tespitinde kullanılmaktadır.

d) Yük yönetimi: Dağıtım şebekesinde yük denetim / talep dengesini, kullanım oran verilerini, yüklenme profilini, elektrik kaçaklarının izlenmesini, uzaktan durdurma / başlatma gibi hizmetlerin verilmesini sağlayarak dağıtım şebekesinin izlenme ve kontrolü konusunda yardımcı olmaktadır.

e) Yedek iletişim şebekesi: EHİ teknolojisi, diğer erişim şebekelerinin hasar gördüğü ya da devre dışı kalarak acil haberleşme ihtiyacı ortaya çıktığında, olası yedek veri iletişim şebekesidir. Aynı zamanda, özellikle olağanüstü durumlarda elektrik kesintisinin istenilmediği askeri tesis veya endüstrilerde elektrik hizmetlerinin hassas takibinde kullanılmaktadır.

2.2.2. Taşıma ve erişim mimarileri

Hizmet sağlayıcıları için yerel erişim şebekeleri aşağıda sıralanan sebepler yüzünden önem taşımaktadır:

i) Kablolu sistemlerde erişim alanı için gereken yatırım, tüm sistem yatırımında önemli bir paya sahiptir.

ii) Serbestleşmeyi gerçekleştirmiş bir çok ülkede yerel ağın paylaşımına açılması çok başarılı olmamıştır. Şebekeyi elinde bulunduran işletmeciler erişim pazarında etkinliklerini devam ettirmektedirler. Bu yüzden yeni işletmeciler, kullanıcılara erişmek için kendi şebekelerini kurmak zorunda kalmaktadır¹⁸.

¹⁸ Örnek olarak AB ülkelerinin tamamı yerel ağlarını paylaşımına açmış olmalarına rağmen SAH üzerinden erişimde tüm bağlantıların % 81'i yerleşik işletmeciler tarafından sağlanmaktadır. Yerel ağın paylaşımına açılması sonucu oluşan erişim pazarında yeni işletmecilerin payı ise toplam pazarın ancak % 5'ini oluşturmaktadır.

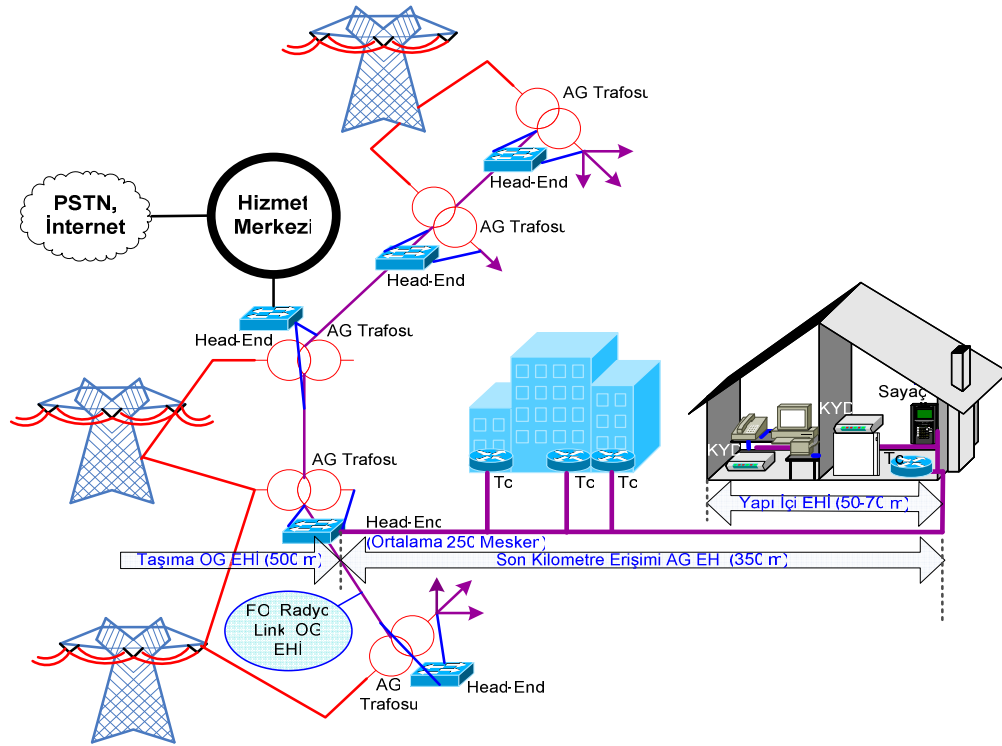
iii) Yeni telekomünikasyon hizmetlerinin artışıındaki hızlı gelişme erişim alanında olduğu kadar omurga ve geniş alan şebekelerindeki kapasite artışını zorunlu hale getirmektedir.

Bu durumda hizmet sağlayıcıları kendi şebekelerini işletebilmeleri için ya yeni bir yerel ağ erişim şebekesi inşa etmekte ya da mevcut bir altyapıyı kullanmaktadırlar. Kendi altyapısına sahip etkin erişim teknolojilerinden olan SAH, mesafe ve girişim¹⁹ (enterferans) problemleri yüzünden, KaTV ise gereken altyapı maliyetinin yüksekliği sebebiyle kullanımda sınırlı kalmaktadır. Diğerleri²⁰ ise maliyeti yüksek teknolojilerdir.

Netice olarak Şekil 2.7'de görülen Yerel Alan Ağ (YAA)'ı hazır EHI erişim şebekeleri uygun bir çözüm olarak görülmektedir [11].

¹⁹ Telekomünikasyon Kurumunun, 11 Mayıs 2003 tarihinde 25105 Sayıyla Resmi Gazetede yayımlanan Telsiz ve Telekomünikasyon Terminal Ekipmanları Yönetmeliğinde Bozucu Girişim: Çalışmaları bakımından, seyrüsefer veya diğer kamu güvenliği haberleşme hizmetlerini tehlikeye sokan veya bir telsiz haberleşme hizmetinin çalışmasını ciddi ölçüde bozan, engelleyen veya sürekli kesinti oluşturan etkiler olarak tanımlanmıştır.

²⁰ Diğer teknolojiler; Genişbant uydu haberleşmesi, Genişbant kablosuz erişim sistemleri, FO hatlardır.



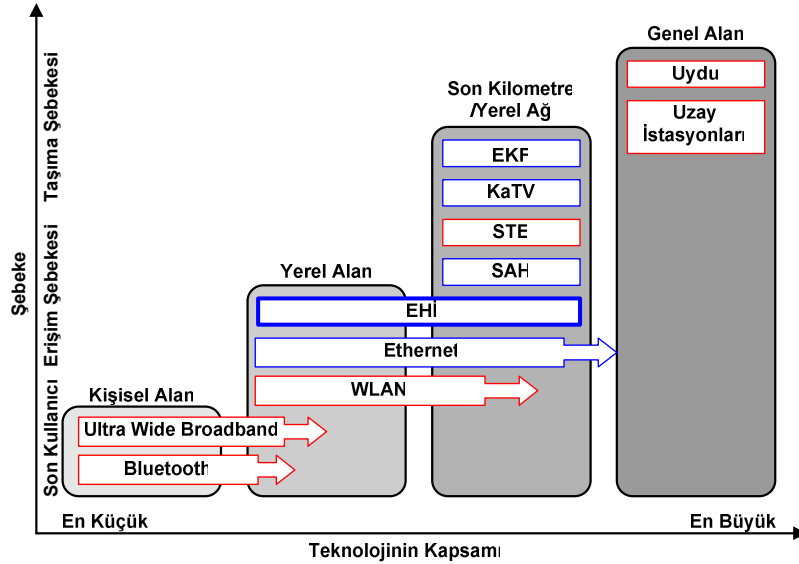
Şekil 2.7. EHİ erişim şebekesi

Head-End noktasında, verilecek olan genişbant İnternet ve telefon hizmetleri seçilen mimariye uygun olarak OG veya AG hattına enjekte edilerek taşıma/erişim şebekesine aktarılmaktadır. Taşıma/erişim şebekesi, seçilen hizmetlerin kullanıcıya eriştirildiği ortam, KYD ise, hizmetin kullanıcılara sunulmasını sağlayan donanımdır. Bu genel yapı ile temel hizmetlerin²¹ yanında, katma değerli hizmetler²² de kullanıcılara sunulabilmektedir. Altyapıyı oluşturan şebekenin kapsama alanının geniş olması kadar bakıma gereksinim duymaması ayrıca önem arz etmektedir.

EHİ sistemlerinin yapı içi, erişim ve taşıma şebekeleri içindeki yeri Şekil 2.8'de gösterilmiştir.

²¹ Temel hizmetler, bir iletim hattı üzerinden sadece taşıma kapasitesi sağlayan hizmetler olarak tanımlanmaktadır. Telefon, telgraf gibi hizmetler bu kapsamdadır.

²² Katma değerli hizmetler, temel hizmeti biçim, içerik, protokol veya diğer yönleriyle bir işleme tabi tutan bilgisayar uygulamaları ile birleştiren veya aboneye ilâve, farklı veya yeniden şekillendirilmiş bilgi sunan ya da abone ile stoklanmış bilgi kaynağı arasında karşılıklı ilişkiyi sağlayan bilgi yoğun hizmetlerdir.



Şekil 2.8. EHİ'nin diğer teknolojiler arasındaki yeri [12]

EHİ sistemlerinin seçilen mimariye uygun olarak çeşitli kullanım şekilleri mevcuttur.

OG şebeke mimarisi

OG şebeke mimarisi OG ve AG hatlarını kapsamaktadır. OG şebekesinde EHİ sistemi, her iki AG trafosu arasında bulunan OG hattının iki tarafına da OG düğümü kurularak yapılmaktadır. OG düğümleri, OG hatlarına AG trafosundan veya OG hatlarına erişerek EHİ hizmeti almak isteyen sanayi kuruluşları ve büyük binaların genişbant erişimlerini sağlamak amacıyla kurulmaktadır.

Şekil 2.9'da OG şebekesi halka mimarisinde uygulanan EHİ çözümü görülmektedir.

omurga altyapısı için gereken maliyet azalmakta ve yatırımdan kaynaklanacak zaman kaybı ortadan kalkmaktadır.

ii) Aynı anda daha fazla sayıda kullanıcıya hizmet verdiği için kullanıcı başına düşen yatırım maliyeti azalmaktadır.

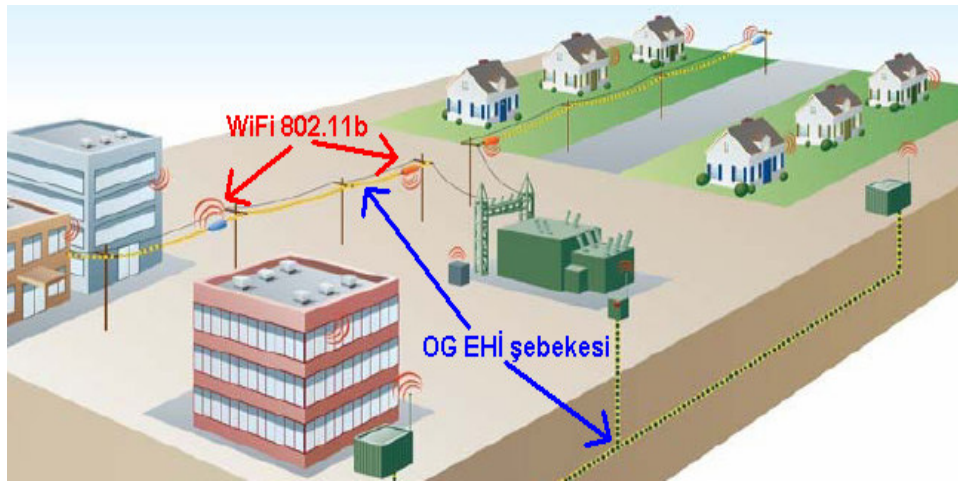
Dezavantajları:

iii) AG trafolarının atlatılmak zorunda olması sistemin maliyetini yükseltmektedir.

iv) OG ve AG şebekesini birlikte kullandığı için, girişim etkisi en fazla olan mimaridir.

OG ve kablosuz şebeke mimarisi

Bu mimariyi uygulamakta olan ABD kökenli Amperion şirketi, iletim için OG hatlarını, kullanıcılara erişmek için de Şekil 2.10'da görüldüğü gibi AG şebekeleri yerine telsiz iletişimini kullanmaktadır.



Şekil 2.10. OG hatları ve kablosuz şebeke mimarisi görünümü [13]

OG EHI şebekelerinde olduğu gibi YG/OG altistasyonundan gelen sinyaller

AG dağıtım trafosunda Head-End çıkışında bir Wi-Fi 802.11b²³ anteni ile doğrudan kablosuz erişim yoluyla kullanıcılara ulaşmaktadır. Kullanıcılar binalarında bir Wi-Fi anteni ile aldıkları sinyali Ethernet²⁴, Kablosuz veya EHİ yapı içi ağı ile kullanmaktadırlar.

Bu mimarinin avantajları:

- i) OG şebekeleri, AG şebekelerine göre girişimlerden daha az etkilenmektedir,
- ii) OG şebekeleri, AG şebekelerine göre daha az bağlantı noktasına sahip olduğu için veri iletimi bakımından daha uygundur.

Dezavantajları:

- i) Kullanılan antenler maliyeti yükseltmektedir,
- ii) OG şebekesinde kullanıcıların sayısının fazla olması ve kullanılan kablosuz erişim sisteminin bant genişliğinin sınırlı olması her kullanıcıya düşen bant genişliğini azaltmaktadır.

AG şebeke mimarisi

Şekil 2.11’de görülen bu mimari hibrit uygulama adıyla da bilinmektedir. EHİ sinyali, AG trafolarına kadar çekilen FO (SAH veya STE’de olabilmektedir) omurgası yardımıyla, AG Head-End üzerinden doğrudan AG trafosunun ikincil devresine aktarılmaktadır. Dolayısıyla, erişim hattından gelen veri sinyali, AG Head-End tarafından AG şebekesinden iletilebilecek bir yapıya dönüştürülmektedir.

EHİ kullanıcıları, EHİ şebekesine ev veya ofislerinde bulunan KYD

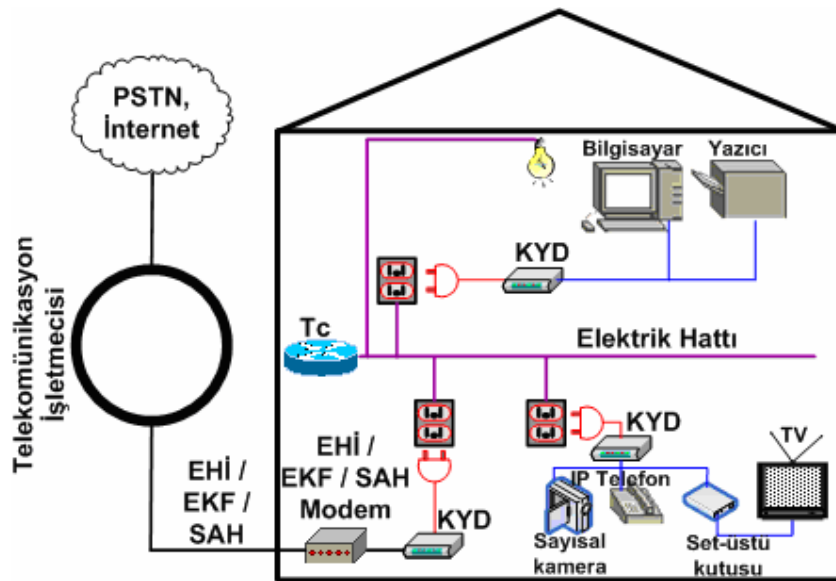
²³ Wi-Fi 802.11b: Wireless-Fidelity isminin kısaltılmışıdır. Genelde Elektrik ve Elektronik Mühendisleri Enstitüsü (Institute of Electrical and Electronic Engineers / IEEE) 802.11b protokolunda çalışan ve 2,4 GHz frekansında 11 Mbps veri hızında erişim sağlayan kablosuz sistemleri tanımlamaktadır.

²⁴ Ethernet: YAA için IEEE 802.3 standardıdır. 10/100 Mbps veri aktarım hızına sahiptir.

- ii) Paylaşımlı ortam sonucunda bağlı kullanıcı sayısı arttıkça kullanıcı başına düşen bant genişliği azalmaktadır.

Yapı içi ağ mimarisi

Bina içi mevcut elektrik şebekesi, ev ve ofislerde ses, görüntü ve yüksek hızlı veri dağıtımı için hazır altyapı demektir. EHİ yapı içi ağları, kullanıcıların veya tüketicilerin meskenlerde kullanmış oldukları akıllı elektrikli aygıtları birbirine ve İnternet'e, dahili elektrik tesisatı üzerinden bağlayabilen yeni teknolojilerdendir. Yapı içi ağı, aynı elektrik prizi hem elektrik akımı sağlamakta, hem de ağına bağlı donanım için bir erişim noktası gibi davranmaktadır (Şekil 2.12).



Şekil 2.12. Tipik bir EHİ yapı içi ağı

Elektrik prizlerinin yaygın olmasının getirdiği esneklik, kurulum kolaylığı ve hız sebebiyle EHİ yapı içi ağları dikkat çekmektedir. Kablosuz sistemlerde, özellikle büyük binaların bazı bölümlerinde yaşanan bağlantı kurulamama probleminin EHİ yapı içi ağlarında olmaması ve ayrıca istem dışı olarak ağ

etki alanının bina dışına taşmaması EHİ yapı içi ağının tercih sebeplerindendir.

Çizelge 2.2. EHİ Yapı içi ağ özellikleri

Yapı İçi Ağ Özellikleri	
Avantajları	Dezavantajları
Elektrik prizlerinin yaygınlığı	Gürültüden etkilenme
Veri iletim yeteneği	Güvenlik
Çoklu ortamın dağıtılması	Ağ aktif donanımların maliyeti
14 Mbps hız	Standartlaşma eksikliği

2.2.3. Erişim teknolojisi olarak EHİ'nin değerlendirilmesi

Hız ve kapasite

EHİ, genel olarak erişimde 1 MHz - 10 MHz frekans bandını, yapı içinde ise 15 MHz - 30 MHz frekans bandını kullanmaktadır [14]. ETSI'nin üzerinde çalıştığı bant aralığı, erişim olarak 1,6 MHz - 10 MHz, yapı içi sistemlerde ise 10 MHz - 30 MHz'dir. EHİ teknolojisinin belli başlı donanım geliştirici şirketlerinden olan ASCOM²⁵ ve yonga üreticisi DS2²⁶ nin teknolojik özellikleri Çizelge 2.3'te karşılaştırılmıştır.

²⁵ ASCOM, İsviçre kökenli, EHİ entegre devre ve komple sistem geliştiricisidir.

²⁶ DS2: İspanya'da EHİ teknolojisi üzerine uzmanlaşmış bir yarıiletken şirkettir. EHİ yonga üretimini gerçekleştirmektedir. EHİ ve sayısal sinyal işleme hususlarında geniş bir yapabilme bilgisine sahiptir.

Çizelge 2.3. En yaygın iki ayrı EHİ teknolojisinin karşılaştırması

Özellikler	DS2	ASCOM
Veri hızı (Mbps) (İndirme/Yükleme)	45 (27/18)	9 (4,5/4,5)
Frekans Aralığı (MHz)	1 – 34	1,6 - 12
Modülasyon Tekniği	1.280 taşıyıcılı OFDM ²⁷	3 taşıyıcı / bant, GMSK ²⁸
Standartlar	EN 55 022	EN 55 022 / NB 30
Avantajı	Programlanabilir spektrum güç maskesi	-

DS2 şirketince EHİ yongalarının yeni neslinin 200 Mbps hızında çalışacağı duyurulmuştur. Uygulamalarda erişim için 30 MHz'e kadar olan frekans aralığı kullanılarak 135 Mbps veri iletim hızlarına erişilmektedir. ABD'de 22 Eylül 2003 tarihinde Pacific Gas & Electric şirketinin OG hatları üzerinde Corridor Systems tarafından yapılan EHİ denemesinde 216 Mbps veri iletim hızına erişilmiştir .

EHİ sistemlerinin yapı içinde erişmiş olduğu tepe hızı ise, HomePlug Power Alliance²⁹'in, HomePlug 1.0³⁰ standardı ile 12 Mbps - 14 Mbps'a ulaşmaktadır. Örnek olarak, Panasonic markasıyla tanınan Matsushita Elektrik, yüksek yoğunluklu görüntü iletimi için yüksek hızlı yapı içi EHİ teknolojisini 100 Mbps HomePlug AV standardını kullanarak geliştirdiğini duyurmuştur. Donanım, 2004 Uluslararası Tüketici Elektroniği Fuarı'nda (Consumer Electronics Show) Las Vegas'ta sergilenmiştir.

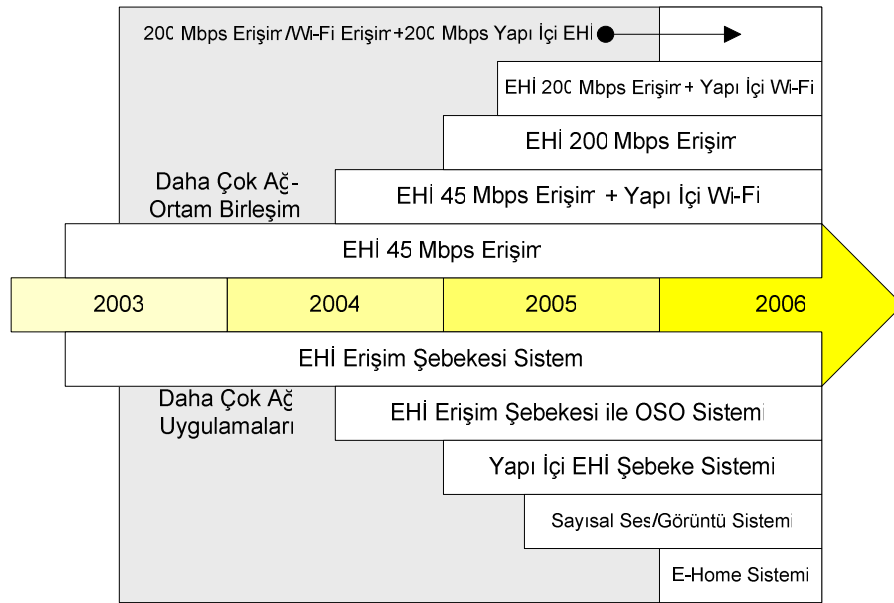
²⁷ Dikey Frekans Bölmeli Çoğullama (Orthogonal Frequency Division Multiplexing / OFDM), yüksek hızda veri iletimine olanak sağlayan ve girişime karşı dayanıklı bir modülasyon biçimidir.

²⁸ GMSK, (Gaussian Minimum Shifting Keying) sayısal iletişimde bant genişliğini optimize eden bir [binary \(ikili\) iletişim](#) metodudur.

²⁹ HomePlug Powerline Alliance: Bina içi EHİ standardı olan HomePlug 1.0'ı geliştiren endüstriyel standart organizasyonudur.

³⁰ HomePlug 1.0: HomePlug Powerline Alliance tarafından geliştirilen bir yapı içi YAA standardıdır. Mayıs 2002 tarihinde ABD'de pazara girmiştir. Kullanıcılara, elektronik donanımlarını ortaklaşa kullanımlarını sağlamaktadır. Bu sayede kullanıcılar İnternet erişimlerini paylaşabilmekte, çevrim içi oyun oynayabilmekte ve tüm evden müzik dinleyebilmektedirler. HomePlug sertifikalı donanımlar genellikle 12 Mbps – 14 Mbps'a kadar veri hızlarını sağlamaktadırlar. <http://www.homeplug.com>

EHİ sistemlerinde Şekil 2.13'te de görüldüğü gibi, OG ve AG hatları üzerinden erişim amaçlı olarak ulaşılan simetrik 45 Mbps hızından sonra 200 Mbps³¹ veri hızları yapı içi ağlarda da test edilme ve uygulanma aşamasına gelinmiştir. Bu arada Yapı içi ağlarda EHİ uygulamaları yaygınlaşmaya başlamıştır. Her iki sistemin Wi-Fi kablosuz sistemleri ile kombinasyonuna ilişkin donanımlar da pazarda görülmektedir. EHİ genişbant hizmetlerinin yanında elektrik şirketlerine avantaj sağlayacak OSO sistemlerinin yaygınlaşması beklenmektedir. Yapı içi ağlarda donanımların elektrik hattı üzerinden birbirini otomatik olarak algılayacağı ve ağ tarafından kabul edileceği, e-Home donanımlarının da birbirleri ile ve aynı zamanda da İnternet üzerinden haberleşebileceği öngörülmektedir.



Şekil 2.13. EHİ yol haritası

³¹ 45 Mbps veri hızında çalışan EHİ donanımları 1. Kuşak, 200 Mbps hızındakiler ise 2. Kuşak olarak kabul edilmektedir. 2. Kuşak EHİ donanımları genişbant IP ve VoIP hizmetlerini desteklemesinin yanında Yapı içi kullanımda da standart haline gelmesi beklenmektedir.

Güvenlik ve şebeke bütünlüğü

Tüm paylaşımlı ortamlarda olduğu gibi EH üzerinden verilere izinsiz erişmek ve izlemek mümkündür. Engellemek için öncelikle aynı EHİ şebekesi üzerinde bilgisayarlar arası yetkisiz erişimleri önlemek amacıyla sanal YAA'lar tanımlanmaktadır. Böylelikle paylaşılmış ortamı kullanan her bir kullanıcı kendi sanal YAA'nı oluşturarak diğer kullanıcıların ağ içine sızmasını önleyebilmektedir [14]. Güvenliğin artırılması amacıyla şifreleme kullanılabilir. En yaygın kullanılan HomePlug 1.0 standardı şifreleme tekniği ise de, kullanıcıların kişisel gizliliği için kullanılan başka teknikler de mevcuttur :

- i) HomePlug 1.0: Kablosuz sistemlerin benzeri bir standart olan 56 bit DES³² şifrelemesi yaygın şekilde kullanılmaktadır.
- ii) Rivest Cypher 4 (RC4): RSA (Ron Rivest, Adi Shamir ve Len Adleman) grubu tarafından geliştirilmiş anahtar uzunluğu değişken bir şifreleme yöntemidir. Anahtar uzunluğu 56, 64 veya 128 bit olabilmektedir.
- iii) Triple Data Encryption Standard (3DES): Donanım tabanlı şifreleme motoru kullanan şifreleme tekniğidir. 200 Mbps'den daha hızlı şifreleme / çözme işlemini gerçekleştirebilmektedir.

Erişim sınırları

Diğer genişbant teknolojilerinin aksine EHİ kullanımını fiziksel olarak kısıtlayan etkenler ilâve donanımlarla aşılabilmekte ve erişim sınırları artırılabilir. Örnek olarak SAH kullanımını sınırlandıran santrale uzaklık mesafesi EHİ için geçerli olmamaktadır. KaTV için gerekli olan altyapı EHİ' de hazır durumdadır. OG seviyesinde 500 m, AG seviyesinde 350 m ve yapı içinde de 70 m olan erişim mesafeleri Tc'lar kullanılarak artırılabilir. Ancak, bu mesafeler kullanıcıların büyük çoğunluğunu zaten kapsamaktadır.

³² Data Encryption Standard: 56 bitlik anahtar kullanan ve ABD'de güvenlik ortamları için tasarlanmış veri şifreleme standardıdır.

EHİ ile diğer teknolojilerin karşılaştırılması

Çizelge 2.4. PLC ile diğer ilgili teknolojilerin avantaj-dezavantajları [9]

Bakır / PSTN	+ Gelişimini tamamlamış ve güvenilir + Kurulum kolaylığı + Geniş ürün seçimi + Kolay kurulum ve kullanım - yavaş - yalnız talep olduğunda kullanılabiliniyor
ISDN	+ Gelişimini tamamlamış ve güvenilir + Geniş çaplı kullanım olanağı - Tüketici marketi için pahalı - yalnız talep olduğunda kullanılabiliniyor
KABLO MODEMLER	+ Mükemmel Performans + Sürekli online - sınırlı coğrafik kapsama ve içeriği tartışmalı
Bakır / ADSL	+ İyi performans + Sürekli online - gelişimini tamamlamamış - yerel döngünün uzunluğu performansı etkiler
PLC (EHİ)	+ İyi performans + Sürekli online + İyi coğrafik kapsama + Ucuz - Hala gelişme safhasında - Mesafe sınırlı

2.3. Elektrik Hatlarından İletişim Sistemleri Teknik Sorunlar ve Çözümleri

Elektromanyetik Uyumluluk³³ (EMU) (ElectroMagnetic Compatibility / EMC), EHİ teknolojisinin uygulanması esnasında gündeme gelen en önemli konulardan biridir. Yaygın bir EHİ sisteminde, kullanılan yüksek frekansın³⁴ havai hat EH üzerinden iletilmesi esnasında girişime maruz alanlar

³³ Elektromanyetik Uyumluluk (EMU): Elektronik sistemlerin öngörülen bir EM ortamda amaçlanan verimlilikle çalışabilmeleri ve işlevlerini yerine getirebilmeleri olarak tanımlanmaktadır. IEC'nin tanımı ise "Bir sistem veya donanımın içinde bulunduğu EM ortamda fonksiyonlarını bu ortamda telafi edilemez bir EM bozulma yapmaksızın yerine getirebilme yeteneği" şeklindedir. EMU, sistem veya donanımın, çevrede bulunan diğer sistem ve donanımlardan etkilenmeden ve bunları etkilemeden çalışmasını sağlamaktadır.

³⁴ Yüksek Frekans (YF): 3 MHz — 30 MHz arası kısa dalga radyo frekans (RF) bandını kapsamaktadır. Bu spektrum, amatör radyo, hava ve deniz haberleşmesi, sabit ve karasal mobil haberleşmesinin yapıldığı, yoğun kullanılan spektrumdur.

olabilmektedir. EHİ sinyallerinin, kablosuz hizmetlerin frekans aralıklarıyla örtüştüğü anda, şiddeti iletim gücüne ve yüklü elektrik teliyle aradaki mesafeye bağlı olarak girişim meydana gelebilmektedir.

Böylece iletim gücünün bir kısmı sırasıyla yer ve gökyüzü dalgası olarak yayılmaktadır. Bu durumda da YF bandında çalışan ve son derece duyarlı olan amatör radyo, kablosuz güvenlik hizmetleri, askeri gözlem istasyonları ve benzeri hizmetler etkilenebilmektedir. EHİ sistemlerinden kaynaklanan ışınımın sistemde var olan artalan gürültüsünü³⁵ artırıp artırmadığı ve limitlerin ne olması gerektiği tartışmaları halen sürmektedir.

EHİ sistemlerinde girişimi azaltmaya veya tamamen kaldırmaya yönelik önlemler bulunmaktadır. Bunlar:

2.3.1. Uyarlamalı teknoloji kullanımı

Günümüzde EHİ teknolojilerinin EMU yüzünden sebep olduğu girişimin önlenmesi için geliştirilen uyarlamalı teknolojiler :

i) Güç kontrolü (Dinamik veya uzaktan kontrol yoluyla): Güç kontrolüyle EHİ donanımlarının iletim gücünün düşürülerek EHİ sinyallerinin Güç İzgesel Yoğunluğu³⁶ (GİY) (Power Spectral Density)'nu azaltmak en basit ve kolay çözümdür. EHİ sinyal emisyonu³⁷ sınırlı bir bant genişliğinde ölçüldüğünden, EHİ sinyallerinin GİY' ini azaltmak, doğrudan daha düşük ışınım seviyelerine inmeyi sağlamaktadır. Bununla beraber elektrik hatlarının alçak geçiren

³⁵ Artalan Gürültüsü: Diğer gürültü tiplerinin aksine hatlar üzerinde sürekli bulunmaktadır. Bu gürültü türü rast gele yapıdadır ve Güç İzgesel Yoğunluğu (GİY) (Power Spectral Density)'yla tanımlanır. Düşük frekanslarda yüksek GİY'e karşılık çok yüksek frekanslara çıktığında çok düşük GİY'e karşılık gelen artalan gürültüsü "Beyaz Gürültü" adını almaktadır.

³⁶ GİY: Verilen bir bant genişliği içinde kapsanan güç miktarıdır. Geliştirilen programlanabilir GİY, yapı içi EHİ ağlarının birlikte işlerliklerini artırmakla ve EHİ sistemlerinin EMU şartlarını yerine getirebilmeleri için standardizasyonu sağlamaktadır.

³⁷ EHİ sistemlerinin kullanımında ana kaygılardan biri de kullanılan yüksek frekansın sebep olduğu FM emisyonudur. Şayet emisyon uygun şekilde kontrol edilmez ve denetlenmez ise, diğer hassas donanımların çalışmalarında aksaklıklara sebep olabilmektedir.

karakteri yüzünden güç kontrolünden elde edilecek verim sınırlı olmaktadır. Gücün düşürülmesiyle dağıtım şebekesindeki mevcut gürültü karşısında sinyal zayıflaması artacağından iletim mesafesi kısalmaktadır.

ii) Yerel olarak kullanılan frekanslardan kaçınılması: Elektrik hattının kullanıldığı alanda kurulu diğer donanımların çeşitli fiziksel ve elektriksel karakteristiklerine uygun olarak EHİ donanımlarında kullanılan 1,6 MHz - 30 MHz arası frekans bandında uygun taşıyıcı frekansları seçilmektedir. Böylelikle, yerel olarak kullanılan sinyallerin, çentikleme veya kaydırma (Frequency Notching / Shifting) yoluyla kullanımından kaçınmak, yerel girişimlerin önlenmesi veya bastırılmasında etkin bir yöntem olmaktadır. Bu sayede girişime sebep olabileceği düşünülen frekansların EHİ sisteminde kullanılmaması ile girişim ihtimali ortadan kaldırılmaktadır.

iii) Frekans ve alan başına tek bir aktif donanım uygulaması: Bu uygulamada sistem, aktif hücrelerin oluşumunda hücre başına aynı anda yalnızca bir EHİ donanımı kullanılacak şekilde modellenmektedir. Bu teknik, toplam zemin gürültüsünün artmasını ve muhtemel girişimlere sebebiyet vermesini önlemektedir. Bununla birlikte, EHİ şebeke kapasitesini artırmak veya belirlenen alan içinde şebeke gecikme süresinin azaltılabilmesi, önceden belirlenen yardımcı frekansları kullanan EHİ donanımlarının diğer fazlar üzerinde çalıştırılmasıyla mümkün olmaktadır.

iv) Kontrolün tek bir noktadan denetimi: Şüpheli girişim olaylarının araştırılmasında ve çözülmesinde, üçüncü parti uygulamaları devreye sokmadan, her bir EHİ hizmet alanındaki donanımların kontrolünün tek bir noktadan gerçekleşmesi hızlı tespit ve çözümleri sağlayabilmektedir.

v) Telsiz frekans bilgilerine internet tabanlı erişimin sağlanması: Yerel olarak telsiz sistemlerinin, çalıştıkları frekansları kapsayan bir veri tabanı, EHİ işletmecilerine girişimin azaltılabilmesi için frekans seçiminde, güç sınırlamasında ve diğer teknik parametrelerin seçiminde yardımcı olmaktadır.

Bunun içinde öncelikle ulusal frekans planı ve yerleşik dağılımın web tabanlı, İnternet üzerinden kolayca erişilebilir hale getirilmesi gerekmektedir.

vi) EHI kurulum ve donanımların kayıtlanması: Mevcut ve planlanan EHI yatırımlarının ayrıntılı bilgilerinin tek bir merkezde kayıtlandırılması ve herkesin erişimine açılması, hizmetin verileceği yerlerde bulunan telsiz kullanıcılarının ya da aynı frekansları kullanan işletmecilerin birbirleri ile etkileşimde bulunarak frekans paylaşımlarını, girişim ihtimalini ortadan kaldıracak şekilde yapabilmelerine imkan sağlamaktadır. Aynı bilgiler telsiz işletmecileri için şüpheli girişim olaylarında girişimin kaynağının teşhisinde faydalı olmaktadır.

vii) Zararlı girişimlere sebep olan sistemlerin durdurulması: EHI donanımlarından kaynaklanan, hiçbir şekilde çözilemeyen ve hayati uygulamalarda problemler yaşanmasına sebep olan girişimleri gidermenin son yöntemi de söz konusu donanım ve gerekirse sistemin devre dışı bırakılmasıdır.

2.3.2. Yeraltı şebekeleri

Enerji şirketlerince EHI hizmetinde Elektromanyetik (Electromagnetic / FM) ışıının önlenmesi için temel önlem elektrik şebekelerinin yeraltına alınmasıdır. Yeraltına alınan elektrik şebekesi doğal olarak ekranlanmış olacağından EM dalga yayılımı engellenecektir. Ancak, meskun mahallerde bu aşamadan sonra kazı yapıp yer altı şebekeleri oluşturarak havai hatlardan kurtulmak zor ve pahalı bir yöntemdir.

2.3.3. YF filtreleri ve sonlandırıcı kullanımı

EHI sinyallerinin istenilmeyen yayılımlarını önlemek için bir başka yöntem de elektrik hatlarında kullanılmayan kısımlarda YF sinyalinin gezmesini önleyecek sönümlendirici filtreler ve hat üzerinde son kullanıcıdan sonra

sinyal sonlandırıcılar kullanmaktır. Hatta, EHİ abonesi olmayan kullanıcıların bağlı bulunduğu AG hatlarının filtreler ile EHİ' ye tıkanması, hem güvenliği artırmakta ve hem de olası girişimlerin bastırılmasını sağlamaktadır. Bu sayede istenilmeyen RF emisyonları azaltılmaktadır. Bu tür bir filtreleme çok etkin olmasına rağmen maliyeti yüksektir.

2.3.4. Gürültü

EHİ, iletişim ortamı olarak sorunlu bir kanaldır. EH kanalları yüksek artalan ve dürtün gürültü³⁸ düzeyleri tarafından bozulmakta ve sinyal zayıflaması çok yüksek olmaktadır. AG hatlarının yüksek frekanslı sinyalleri zayıflatması menzile, zamana, frekansa ve hatların kurulmuş olduğu bölgenin kullanıcı özelliklerine göre değişmektedir.

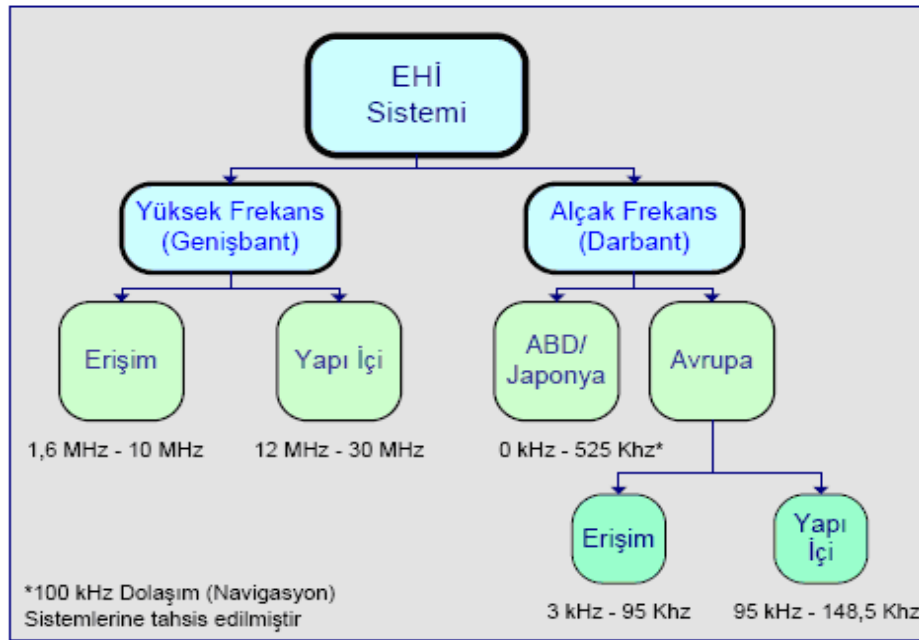
EHİ için Dikey Frekans Bölmeli Çoğullama³⁹ (Orthogonal Frequency Division Multiplexing / OFDM), günümüzde EH üzerinden veri iletişimi amaçlı en uygun yöntem olarak görülmektedir. OFDM kullanılması sonucunda hem gürültülerden etkilenme oranı düşmekte, hem de gürültülü ortamlarda yüksek derecede güvenilir veri transfer oranı sağlanmaktadır. OFDM, yalnızca EHİ sistemlerinde değil, aynı zamanda KaTV, SAH ve sayısal ses ve TV yayıncılığında da kullanılmaktadır.

³⁸ Dürtün (Vuru) Gürültü: Çok küçük bir zaman diliminde çeşitli anahtarlama devrelerinin açılıp kapanması, yıldırım boşalmaları elektrikli donanımlar ve çeşitli motor devrelerinin çalışması sonucu meydana gelmektedir. Alçak frekans bandındaki sinyalleri en fazla etkileyen gürültüdür. Süresi, oluşum frekansı ve gücü tarafından belirlenen dürtün gürültünün önlem alınmadığı takdirde, sistem başarımı olumsuz yönde etkilediği bilinmektedir.

³⁹ OFDM: Çok taşıyıcı bir modülasyon tekniği olan OFDM, frekans seçici iletişim kanalını birbiriyle örtüşebilen belli sayıda alt-kanallara ayırıp, bilgiyi birbirine dik olarak seçilmiş alt-taşıyıcı frekanslardan göndermektedir. Bu yöntemde bir tek yayılı spektrum taşıyıcısı ile geniş bir iletim bandında yüksek veri hızlarında iletişim gerçekleştirmek yerine, veri darbantılı paralel alt-kanallardan fazla sayıdaki taşıyıcı (yükleme yönünde 512 indirme yönünde 763 toplam 1230 taşıyıcı) ile iletilmektedir. Alt-kanallardan herhangi birinde gürültünün yada sinyal zayıflamasının yüksek olması durumunda, söz konusu olan alt-kanaldaki sinyal gücü artırılabilen, veri hızı düşürülebilmekte yada o alt kanalda iletişim durdurulabilmektedir.

2.4. Elektrik Hatlarından İletişim Standartları ve Düzenlemeler

Genişbant EHİ sistemleri sahip oldukları teknoloji ve kullandıkları frekans bantları bakımından geleneksel darbant EHİ sistemlerinden ayrılmaktadır. EHİ sistemlerinin genişbant ve darbant olarak ayrılmış şekli görülmektedir.



Şekil 2.14. EHİ sistemi frekans bantları

2.4.1. Mevcut EHİ düzenlemeleri ve standartlar

Geleneksel darbant EHİ standartları

Avrupa'da, gerek iletim ve gerekse de yapı içi amaçlı olarak AG hatları üzerinden 3 kHz - 148,5 kHz frekans aralığındaki sinyalleri veri iletiminde kullanan elektrikli aygıtların düzenlenmesi amacıyla, "Düşük gerilimli elektrikselsel donanımların frekans spektrumunda gösterilimi, 3 kHz – 148,5 kHz

Bölüm 1: Genel ihtiyaçlar, frekans bantları, EM etkileri” adıyla CENELEC⁴⁰ standardı EN 50 065-1: 1991 , 1991 yılında yürürlüğe girmiştir.

EN 50 065 Avrupa Standardında, frekans bandı 2 bölüme ayrılmaktadır. 95 kHz altı bant, elektrik şirketlerinin kullanımı için tahsis edilmektedir. 95 kHz - 148,5 kHz arası bant ise özel amaçlı kullanımlar için (özellikle bina içlerinde otomasyon amaçlı) ayrılmaktadır.

ABD’de FCC, 0 kHz - 525 kHz arası frekans bandını darbant EHI amaçlı düzenlemeye tabi tutmuştur. FCC bu standart ile, Avrupa’ya nazaran oldukça geniş bir bant aralığı sunmaktadır.

Japonya’da ise Ulusal Telsiz Kanunu Madde 46 ve ilâve hükümleri ile EHI’nin 10 kHz - 450 kHz aralığında kullanılmasına izin verilmiştir.

Genişbant EHI Standartları

Bazı ülkelerin UDO’ları kablolu ağlar (EHI, DSL, KaTV, Ethernet) ve telsiz hizmetleri arasında olası girişimleri önlemek amacıyla 30 MHz altı frekanslar için kendi standartlarını oluşturmuşlardır. Örneğin Almanya, bütün kablo sistemleri için emisyon değerlerini Nutzungbestimmung (NB) 30 ile, İngiltere, güncellenen MPT 1570 ile, ABD ise FCC Kısım 15 ile belirlemiştir.

i) NB 30: Kullanım Hükümleri 30 Ocak 1999 tarihinde Almanya’da Telekom ve Posta Düzenleme Otoritesi (Regulatory Authority for Telecommunications and Posts / RegTP) tarafından yayımlanmıştır. KaTV, DSL ve EHI için 9 kHz - 3 GHz frekans aralığında kablo boyunca uyulması gereken ışıyım değerlerinin sınırlarını belirlemektedir ve veri taşıyan kablolardan 3 m mesafede manyetik alanın ölçümü esasına dayanmaktadır. NB 30 değerleri,

⁴⁰ CENELEC (Comitee Europeen de Normalisation ELECtrotechnique): 1973 yılında Avrupa’da Belçika’da kurulmuş, kâr amacı gütmeyen bir organizasyondur. Yapı içi ve dışı için AG dağıtım şebekelerinde 3 kHz – 148,5 kHz frekans aralığında indirilen ve yüklenen sinyaller için iletişim ihtiyaçlarını kapsayan EN 50 065 standardını geliştirmiştir. <http://www.cenelec.org>

CISPR⁴¹ 22 gereksinimlerini karşılayan donanımlara dayalı testlerin emisyonlarından elde edilen etkin değerlerden biraz daha yüksektir ve ABD'de benzeri FCC limitlerinden yaklaşık 29 dB daha aşağı, ancak MPT 1570'ten 20 dB daha yüksek ışıınım sınır değerine sahiptir.

ii) MPT 1570 : İngiltere, 1,6 MHz'e kadar limitleri belirlemiş ve MPT 1570 adlı dokümanla düzenlemiştir. MPT 1570, özellikle hassas YF hizmetlerini EH ve diğer veri sistemlerinin sebep olacakları girişimlerden korumak amacıyla geliştirilmiştir. Limit değerleri, AB içinde görülen en korunumlu değerlerdir. MPT 1570, 10 metre mesafeden 0 dB μ V/m limit belirlemiştir. 1,6 MHz üstü frekans limitleri için çalışmalar sürmektedir. Manyetik alan ölçümleri için OG-AG aralığında limitler 1 m mesafeden ölçülmektedir ve ABD'de benzeri FCC limitlerinden yaklaşık 49 dB daha aşağı ışıınım sınır değerine sahiptir.

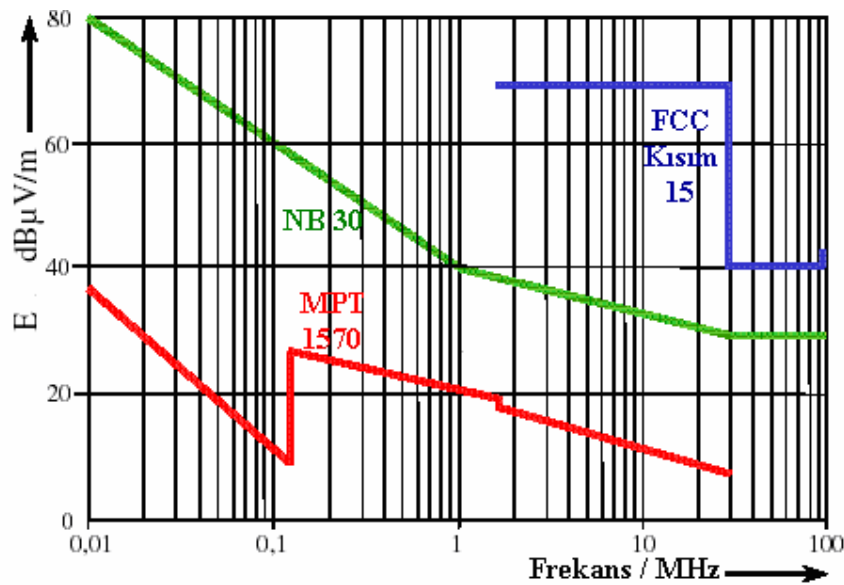
iii) FCC Kısım 15 (FCC Part 15) : ABD'de, EHİ'nin kullanımı, darbant uygulamalar ve sinyalleşme amaçlı kullanım ile yüksek hızlı veri iletimi ayırt edilerek, FCC Kurallar ve Yönetmelikler Kısım 15 (Code of Federal Regulations Title 47) ile düzenlenmektedir . EHİ sistemleri, Kısım 15'te radyokomünikasyon olmayan sayısal donanım sınıfına girmektedir. Bu sınıfta EHİ sistemleri, akım taşıyıcı sistemler ve özel düzenlenmiş aygıtlar olarak, 9 kHz ile 30 MHz frekans bandında çalıştırılan sistemler içinde yer almaktadır. FCC kural ve yönetmelikleri mevcut akım taşıyan sistemler için hem iletim (conducted) ve hem de yayılım (radiated) emisyonlarının⁴² sınırlarını belirlemektedir. EHİ donanımlarının da dahil olduğu lisans gerektirmeyen donanımlar ve diğer elektronik donanımların tamamı, Elektromanyetik

⁴¹ Comite International Special des Perturbations Radiölectriques (CISPR): 1936 yılında kurulmuştur. Ana amacı radyo ve TV yayınlarının haberleşme teknolojisi donanımlarının zararlı etkilerinden korunmasıdır. Çalışmaları 7 komiteye dağıtılmıştır. Bunlardan bir tanesi ölçme, diğer altısı ise farklı alanları kapsamaktadır. Çalışmaların sonuçları CISPR Yayınları olarak duyurulmaktadır. Işıınım ölçmeleri konusunda referansları oluşturmaktadır.

⁴² İletim emisyonu, bir donanımın içinde üretilen ve donanıma bağlı kablolar vasıtasıyla (örneğin Alternatif Akım elektrik kabloları) kablo boyunca iletilen EM enerjiyi, yayılım emisyonu ise doğrudan herhangi bir donanımın kendisinden yayılan EM enerjiyi ifade etmektedir.

Girişim⁴³ (EMG) (ElectroMagnetic Interference / EMI)'e engel olmak için FCC'nin Kısım 15 limitlerini karşılamakla yükümlüdür. Kısım 15 limitlerinde 1,6 MHz – 30 MHz arası 30 m'lik ölçüm mesafesinde alan şiddeti sınırı 29,5 dB μ V/m olarak belirlenmiştir.

Şekil 2.14'te Almanya (NB 30), İngiltere (MPT 1570) ve ABD (FCC Kısım 15) için EHİ sistemleri elektrik alan şiddeti limitleri görülmektedir.



Şekil 2.15. Avrupa ve ABD'de uygulanan elektrik alan seviye limitleri

Tüm bu değişik emisyon standartları içinde ABD standardı olan ve FCC'nin tanımladığı standart, tüm standartlar içinde en yüksek emisyon seviyelerine izin vermektedir.

2.5. Detaylı EHİ Analizi

EHİ teknolojilerinin güçlü yönleri, zayıf yönleri, fırsat ve tehditleri, çizelge 2.5'de listelenmiştir.

⁴³ EM Girişim: Elektrikle çalışan donanımların şebeke üzerinden bağlı bulundukları ve/veya içinde bulundukları ortamdaki diğer donanımları etkilemesidir.

Çizelge 2.5 EHİ teknolojisi analiz çizelgesi

EHİ Analizi			
Güçlü yönleri	Zayıf yönleri	Fırsatlar	Tehditler
Hazır altyapı ve yerel ağ rekabeti sağlaması	Düzenleme ve Standardizasyon çalışmalarının sürmesi	AB ve ABD tarafından desteklenmesi	Rekabette güçlü rakipler ve eğilimler
Rakip teknolojilerden daha geniş kapsama alanına sahip olması	Eski tecrübelerin olumsuz izlenimler meydana getirmesi	Gelişmekte olan bir teknoloji olması	Girişim problemleri
Yapı içi ve yapı dışında çok geniş yaygınlığa sahip olması	Yeni ve farklı bir teknoloji olması	Elektrik şirketlerine uzun dönemli yararlar sağlaması	Yabancı teknolojilere bağımlılık
Maliyetinin makul seviyede olması	Telefon hizmetlerinin yaygınlığı	Genişbant pazarına giriş fırsatı sunması	Bilgi ve tecrübe yetersizliği
Aynı IP teknoloji düzleminde çoklu hizmet sunumuna imkân vermesi	Paylaşımlı ortam sunması	Genişbant erişimde rekabeti arttırması	EDŞ'lerin istekli ve hazır olmamaları
Diğer teknolojiler ile birlikte kullanılabilmesi	Pazara girişte geç kalınması	Elektrik dağıtım altyapısı avantajları	Güvenlik ve gizlilik tereddütleri
Frekans tahsisine gerek olmaması	Hizmetin henüz her yerde verilemiyor olması	Mevcut kullanıcı potansiyeli	Düzenleme neticelerinin bilinmemesi
		Yedek veri iletişim şebekesi olması	Elektrik dağıtım altyapı farklılıkları
			GSMH'nın ve bilgisayar kullanım yaygınlığının düşük olması
			Genişbant pazarının oluşmaması

3. DEĞİŞİK FREKANSLARA GÖRE HATLARDA OLUŞABİLECEK DUYULABİLİR GÜRÜLTÜ ANALİZİ

Bu bölümde hatlarda oluşabilecek duyulabilir gürültü türleri EHİ sisteminde kullanılabilecek frekanslara göre incelenmiş ve insan sağlığı açısından tehlike oluşturup oluşturmadığı değerlendirilmiştir.

Pratikte ENH güzergahının seçiminde yerleşim bölgelerinden uzak olması kriteri göz önüne alınmakla birlikte, hat güzergahının yerleşime açık bölgelerden geçmesinin zorunluluk arz ettiği durumlarda, Elektrik Kuvvetli Akım Tesisleri Yönetmeliği'ndeki emniyet mesafeleri göz önünde bulundurularak projelendirme ve tesis çalışmaları yapılır. ENH ve EİH'nın geçmek zorunda olduğu yerleşim birimlerinde, insan sağlığı üzerinde olumsuz etkiler oluşabileceği düşünülerek, ENH ve EİH'nın meskenlere yaklaştığı bölgelerde gürültü analizi yapılmalıdır. Hattın özelliklerine bağlı olarak oluşan gürültü hat boyunca çok fazla değişiklik göstermez. Bu yüzden en kritik noktalarda yapılan analiz yeterli olur.

Çizelge 3.1 Hava hattı iletkenlerinin en büyük salınımlı durumda yapılara olan en küçük yatay uzaklıkları

Hattın izin verilen en yüksek sürekli işletme gerilimi	Yatay uzaklık
kV	m
0-1 (1 dahil)	1
1-36 (36 dahil)	2
36-72,5 (72,5 dahil)	3
72,5-170 (170 dahil)	4
170-420 (420 dahil)	5

3.1. Gürültünün Tanımı ve Gürültü Çeşitleri

3.1.1. Tanımı

İnsanların işitme sağlığını ve duyusunu olumsuz yönde etkileyen, fizyolojik ve psikolojik dengesini bozan iş performansını, verimini azaltan, çevrenin hoşluğunu ve sakinliğini azaltarak veya yok ederek niteliğini değiştiren, gelişigüzel bir spektruma sahip istenmeyen seslerden oluşan önemli bir çevre kirleticisidir gürültü.

Gürültü kontrolünde birim olarak desibel (dB) kullanılır. dB, insan kulağının en çok hassas olduğu ve yüksek frekansların özellikle vurgulandığı bir ses birimidir. Fiziksel basınç dalgalanmalarının, temel alınan eş ses yükseklik eğrisine göre değiştirilmesi ve yeniden biçimlendirilmesiyle elde edilen düzeylere, bu değişimi vurgulamak amacıyla ses düzey adı verilmiştir. Elde edilen düzeyler uluslararası standartlarla tanımlı ilgili eş ses yükseklik eğrisine özgü şekilde, A-ağırlıklı, B-ağırlıklı, C-ağırlıklı vb. ses düzeyi olarak tanımlanarak, ağırlıklama işleminin tipine bağlı olarak dBA, dBB, dBC vb. cinsinden ifade edilmektedir.

Gürültü denetimi çalışmalarında en yaygın olarak kullanılan A-ağırlıklı ses düzeyleri, duyma sisteminin düşük yeğinlikteki seslere karşı davranışını temel almaktadır. A-ağırlıklama işlemi, duyma sisteminin duyarlı olduğu frekans aralığındaki seslerin bileşenlerini vurgulamakla birlikte, bu aralık dışında kalan frekanslardaki seslerin toplam düzeye olan etkisini, duyma sisteminin özelliklerini de dikkate alarak azaltmaktadır.

Belki gürültüsüz bir ortamda yaşamak, gürültüyü yok etmek hemen hemen olanaksız olabilir, ancak gürültünün çevre ve insan sağlığı üzerindeki etkilerini kontrol altına alıp en aza indirmek mümkündür.

3.1.2. Gürültü çeşitleri

Frekans Spektrumuna Göre Gürültü Türleri

1- Sürekli Geniş Band Gürültüsü :Birçok gürültü sürekli bir spektruma sahiptir. Yani; gürültüyü meydana getiren sesin frekansı, tüm frekans boyunca yayılmıştır. Tabiatla mevcut bulunan bütün renklerin karışımı nasıl beyaz ışığı meydana getirirse, bütün frekans aralıklarına sahip sürekli spektrumlu sesler de “Beyaz Gürültü”yü meydana getirir. Beyaz gürültüye en iyi örnek makine gürültüsüdür.

2- Sürekli Dar Band Gürültüsü : Böyle seslerde birkaç frekans yoğun olarak bulunur. Örnek olarak daire testerenin çıkardığı ses özellikle yüksek frekansları ihtiva eder ve bu sınıf içinde yer alır.

Zamana Bağlı Olarak Gürültü Türleri

Kararsız Gürültü : Gözlem süresinde gürültü seviyesinde önemli değişiklikler olan gürültülere denir. Kararsız gürültüler kendi içinde 3’e ayrılır:

1- Dalgalı Gürültü : Gözlem süresince seviyesinde sürekli ve önemli ölçüde değişiklikler olan gürültülere denir.

2- Kesikli Gürültü : Gözlem süresince seviyesi aniden ortam gürültü seviyesine düşen ve ortam gürültü seviyesi üzerindeki değeri bir saniye veya daha fazla sürede sabit olarak devam eden gürültüdür. Trafik gürültüsü ve durup yeniden çalışan vantilatörler, bu gürültü türüne en güzel örnektir.

3- Vurma Gürültüsü (Anlık Gürültü) : Her biri bir saniyeden daha az süren bir veya birden fazla vuruşun çıkardığı gürültüdür. Bu gürültüye en iyi örnek; çekiç ve perçin makinesi gürültüsüdür.

3.2. Gürültünün İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkileri

Genç ve sağlıklı bir insan kulağı 1000 Hertzlik bir sesi 20 m Pa (mikropaskal) civarında duyar ve bu değere insan kulağının duyma eşiği denir. İnsan kulağının acı duyma eşiği 100 Pascal'lık ses basınç seviyesindedir. Acı duyma eşiği kişilere göre farklılık gösterebilmektedir. Acı duyma eşiği gürültü şiddeti olan 120-140 dB(A) kişilere göre değişmektedir.

Sağlıklı insan kulağı 20-20.000 Hz arasındaki sesleri duyar. Bu bölgeye “İşitilebilir Frekans Aralığı” denir. Bu sınırın altındaki seslere infrasonik, üstündeki seslere de ultrasonik sesler denir. Konuşma sesi aralığı da 500-2000 Hz arasında değişir. Uluslar arası standartlara göre, işitme sistemine zarar veren gürültü düzeyi 100-10.000 Mhz ve 85 ve üzeri dB düzeyidir.

Psikolojik Etkiler: Davranış bozuklukları, öfkelenme, genel rahatsızlık duygusu, sıkılma

Fiziksel Etkiler: Geçici veya kalıcı işitme hasarları

Fizyolojik Etkiler: Vücut aktivitesinde değişiklikler, kan basıncında artış, dolaşım bozuklukları, solunumda hızlanma, kalp atışlarında hızlanma, ani refleksler.

Performans Etkileri: İş veriminde azalma, konsantrasyon bozukluğu, hareketlerin engellenmesi. Meydana getirdiği olumsuz etkilere bağlı olarak gürültü seviyeleri bazı araştırmacılar tarafından tablodaki gibi derecelendirilmektedir.

Çizelge 3.2. Gürültünün etkileri [28]

1. Derece	30 dB (A) – 65 dB (B)	Konforsuzluk, rahatsızlık, öfke, kızgınlık, uyku düzensizliği ve konsantrasyon bozukluğu.
2. Derece	65 – 90 dB (B)	Fizyolojik reaksiyonlar, kan basıncı artışı, kalp atışlarında ve solunumda hızlanma, beyin sıvısındaki basıncın azalması, ani refleksler
3. Derece	90 – 120 dB (B)	Fizyolojik reaksiyonların artması, baş ağrıları
4. Derece	120 dB (B)	İç kulakta devamlı hasar dengenin bozulması
5. Derece	140 dB (B)	Ciddi beyin tahribatı

Araştırmalar, geçici işitme kayıplarında gürültünün kesilmesinden iki dakika kadar sonra 25 dB ya da daha az işitme kaybının ortaya çıktığını göstermektedir. Ayrıca günde 8 saat, haftada 5 gün bir bağırma sesinden daha yüksek şiddette olmayan durağan gürültüye yıllarca maruz kalan kişilerde ise kalıcı işitme kayıpları olabileceği şaşırtıcı gelebilir. Ancak araştırmalar bu tür kayıplarla, ani patlamalar tarzındaki gürültüye maruz kalma sonucu ortaya çıkan işitme kayıplarının benzer özellikler taşıdığını göstermektedir.

Bunlara ek olarak, gürültü kişilerde bitkinliğin kronikleşmesini ve vücudun direncini azaltarak hastalıklara yakalanma ihtimalini artırmaktadır. Son araştırma sonuçlarına göre fetus ve prematüre doğumlar üzerinde gürültünün olumsuz etkileri olduğu anlaşılmaktadır.

3.3. Modelin Tanıtılması

Analizde A.B.D ' nin "Electric Power Research Institute" (EPRI) kuruluşu için, "Power Computing Company" tarafından geliştirilen, EMF Workstation yazılımı kullanılmıştır. Bu yazılım aynı zamanda, tasarımcı ve planlamacıların alternatif akım, doğru akım ve alternatif/doğru akım karışımı hatların işletim karakterlerinin değerlendirilmesini sağlayan bir yazılım paketidir. Bu paket, iletken yüzey gerilim gradyanları, korona kayıpları, duyulabilir gürültü, radyo

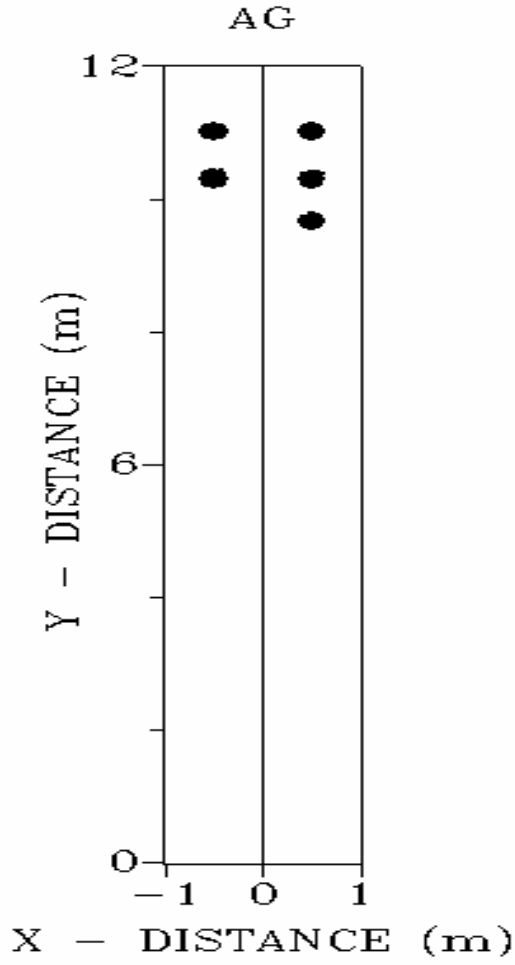
gürültüsü, ozon, elektrik alan, iyon yoğunluğu, iyon akımı, insanların elektrik alanı hissetme düzeyleri, nesneleri kaplama, nesneler tarafından perdelenme, manyetik alan, kule tipi direklerin performansları ve izolatörlerin yüzey kirliliği analizi gibi pek çok modellemeye imkan verir. Bu çalışma için, yazılım paketi içerisinde bulunan ENVIRO yazılım aracı kullanılmıştır.

3.4. Gerilim Seviyeleri ve Frekansa Göre Gürültü Analizi

3.4.1. AG gerilim seviyesi için gürültü analizi

Sistem tanımı Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi (TEDAŞ) Proje Tesis Daire Başkanlığı'ndan alınan bilgiler üzerinden yapılmıştır. Buna göre; Ankara şehir şebekesinde DM4 / TR-10 (Y.Hacılar – II) nolu trafo bölgesinde 160 kVA'lık trafo kullanılarak dağıtım yapılmıştır.

Hattın gerilimi 0.4 kV ve akımı 140 A'dir. Modelleme için ilk direğin geometrik özelliklerinden yararlanılmıştır. Kullanılan direğin geometrik yapısı EK-1 de hatta kullanılan iletken özellikleri ise EK-5'de verilmiştir.



Şekil 3. 2. Dağıtım hattının devre konfigürasyonu

Yapılan modellemede; değişik frekanslara göre hesaplanan direnç ve reaktans değerlerinde yer seviyesinde, yerden 5 metre ve 10 metre yükseklikte herhangi bir duyulabilir gürültü olmadığı görülmüştür.

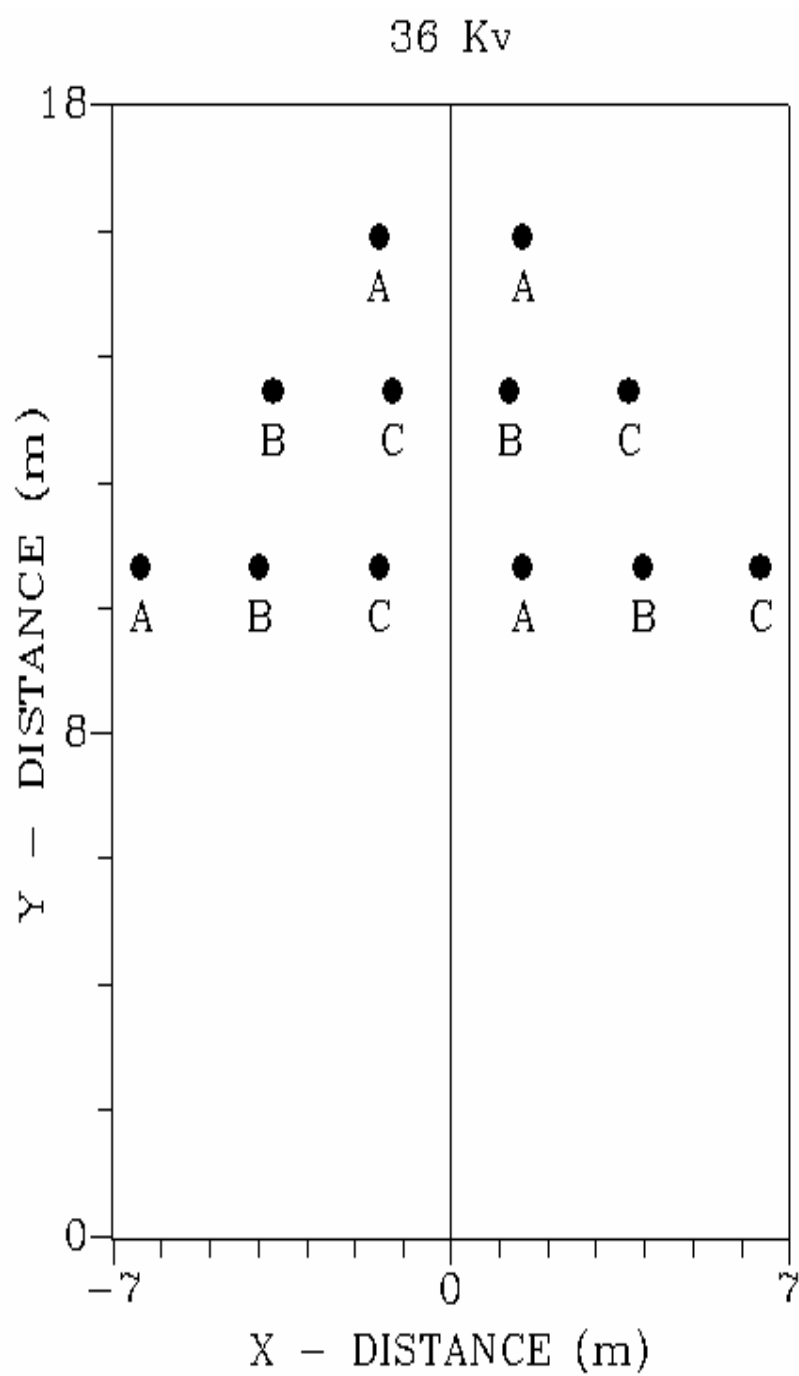
Aynı değerlerle hattın akımı ve iletkenlerin birbirlerine olan mesafeleri değiştirilerek modelleme yapıldığında da herhangi bir duyulabilir gürültü değeri elde edilmemektedir. Dolayısıyla bu gerilim seviyesinde insan sağlığı açısından herhangi bir tehlikenin olmadığı görülmektedir.

3.4.2. OG gerilim seviyesi için gürültü analizi

Sistem tanımı Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi (TEDAŞ) Proje Tesis Daire Başkanlığı'ndan alınan bilgiler ve hat profili üzerinden yapılmıştır. Buna göre; Refahiye TM - Çengerli KÖK, branşman Arapyazı ENH 36 Kv 4x3/0 AWG iletkenli, askı izalatörlü 4. bölge enerji nakil hattı 25.231 km uzunluğunda olup 71 adet demir direkli olarak tesis edilmiştir. ENH güzergahı Erzincan il sınırları içerisinde kalmaktadır.

ENH'nın geçtiği arazi, genelde tarım arazisi, mera ve orman vasfındadır.

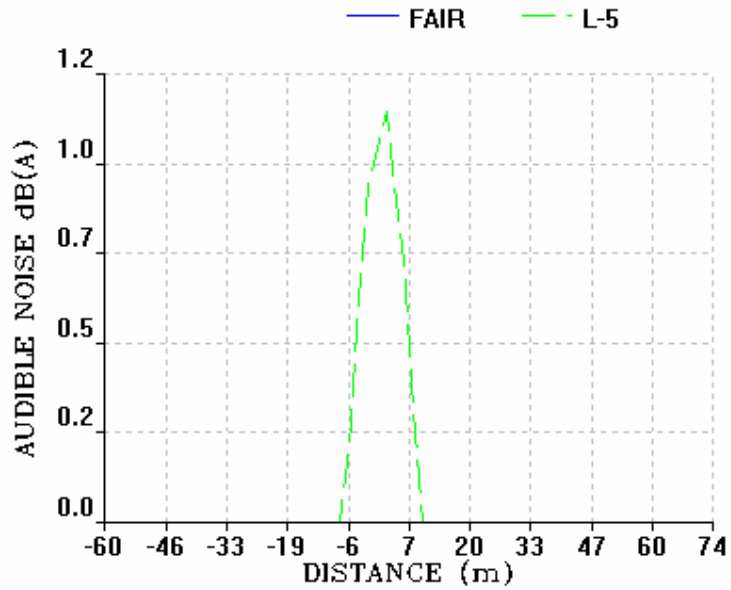
Hattın gerilimi 36 kV ve akımı 300 A'dır. Modelleme için ilk direğin geometrik özelliklerinden yararlanılmıştır. Kullanılan direğin geometrik yapısı EK-2'de hatta kullanılan iletken özellikleri ise EK-5'de verilmiştir.



Şekil 3.3. Enerji nakil hattının devre konfigürasyonu (36 kV)

Yapılan modellemede; değişik frekanslara göre hesaplanan direnç ve reaktans değerlerinde herhangi bir duyulabilir gürültü olmadığı görülmüştür. Dolayısıyla bu gerilim seviyesinde insan sağlığı açısından herhangi bir tehlikenin olmadığı görülmektedir.

Hattın diğer değerleri aynen kalırken geriliminin 36 kV yerine 45 kV olması halinde şekil 3.4'te görülen gürültü meydana gelmektedir. İyi hava koşullarında gürültü oluşmazken yağmurlu havalarda, minimum değer -100 metrede 0 dB(A) (iyi hava) olurken, maksimum değer -2 metrede 1.1 dB(A) (yağmurlu hava) olarak ölçülmüştür. Bu değerler insan sağlığına zarar vermemektedir.



Şekil 3.4. Modelleme yapılan direğin sağında ve solunda yer seviyesindeki duyulabilir gürültü

3.4.3. YG gerilim seviyesi için gürültü analizi

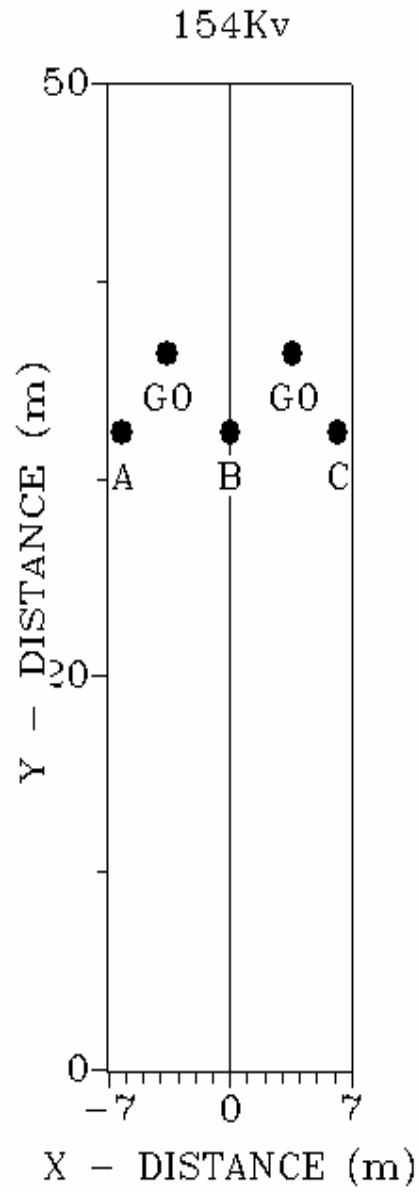
154 kV'luk iletim hattı için gürültü analizi

Sistem tanımı Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi (TEİAŞ) Enerji İletim Hatları Proje Tesis Daire Başkanlığı'ndan alınan bilgiler ve hat profili

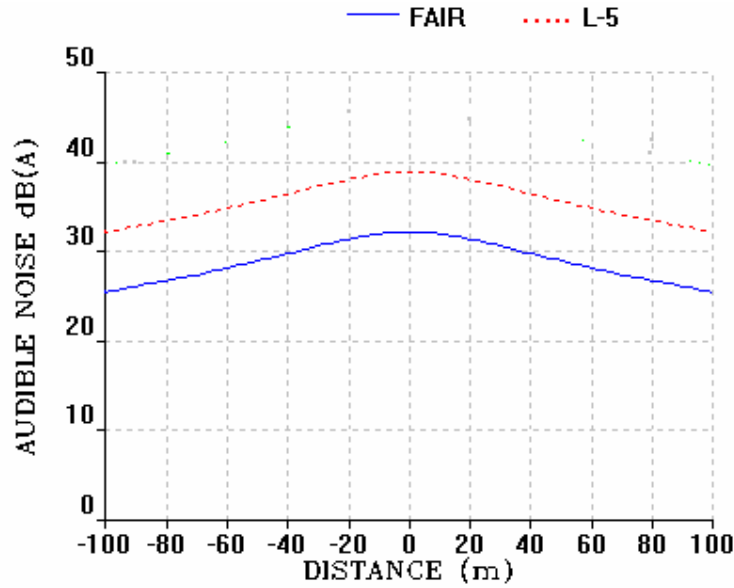
üzerinden yapılmıştır. Buna göre, 154 kV'luk Alpaslan HES – Hınıs EİH, Alpaslan Hidroelektrik Santralinden başlayacak ve Hınıs trafo merkezinin son direğinde bitecektir. EİH güzergahı Muş ve Erzurum il sınırları içerisinde kalmaktadır. EİH, 45 km uzunluğunda olup, 11 adet some noktası ile 124 adet direk ile tesis edilecek bir EİH'dır.

EİH'nın geçtiği arazi, genelde taşlık, mera ve dağlık arazidir. Hattın güzergahı inişli çıkışlı dağ, ova karışımı bu araziden oluşmaktadır.

İletim hattı tek devre, 795 MCM Drake (468 mm²) iletken tertibine sahip olacak şekilde planlanmıştır. Hattın gerilimi 154 kV ve akımı 1020 A'dir. Modelleme için BS tipi direğin geometrik özelliklerinden yararlanılmıştır. Kullanılan direğin geometrik yapısı EK-3, hatta kullanılan iletken özellikleri ise EK-5'de verilmiştir.



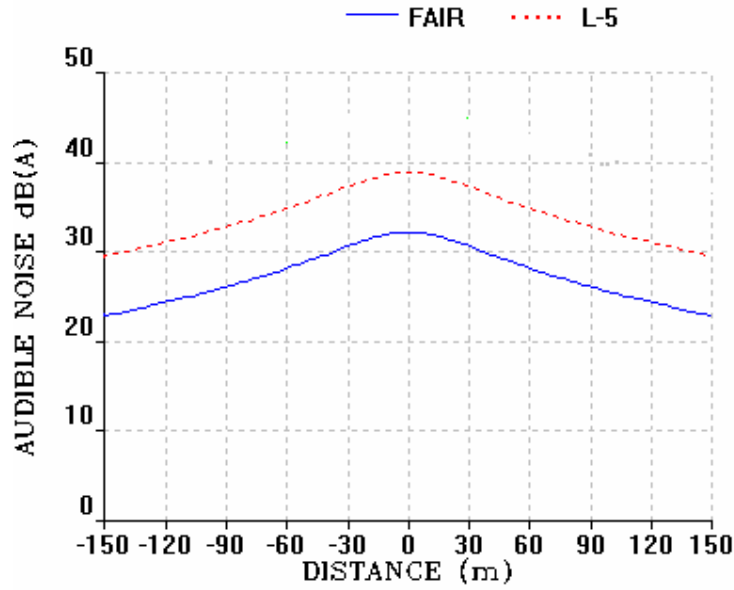
Şekil 3.5. Enerji nakil hattının devre konfigürasyonu (154 kV)



Şekil 3.6. Modelleme yapılan direğin sağında ve solunda yer seviyesindeki duyulabilir gürültü (1-5-10 MHz)

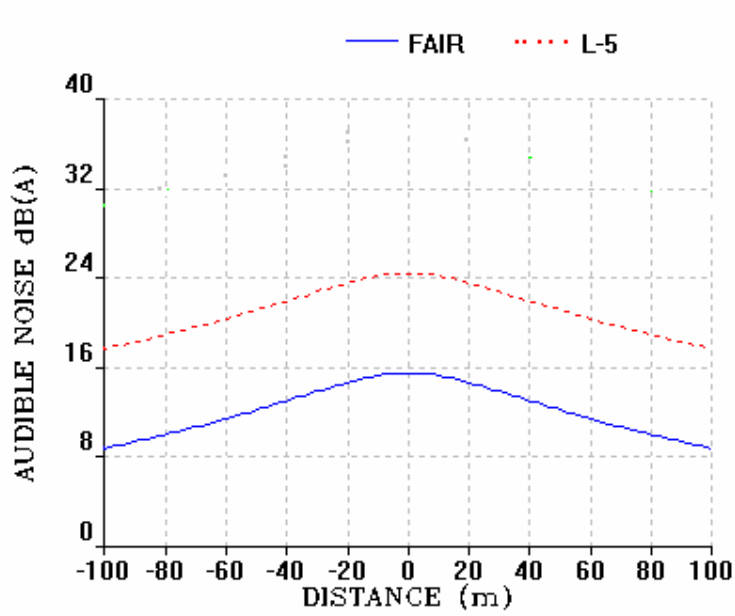
Yapılan modellemede; değişik frekanslara göre hesaplanan direnç ve reaktans değerlerinde aynı gürültü seviyelerinin çıktığı görülmüştür. Minimum değer -100 metrede 25.5 dB(A) (iyi hava) olurken, maksimum değer -2 metrede 38.4 dB(A) (yağmurlu hava) olarak ölçülmüştür. Bu değerler şekil 3.1'de verilen tabloyla karşılaştırıldığında insan üzerinde konforsuzluk, rahatsızlık, öfke, kızgınlık, uyku düzensizliği ve konsantrasyon bozukluğuna sebep olabileceği görülmektedir.

Bu değerleri insan üzerinde belirtilen etkileri yapmayacak değer (30 dB) altına çekebilmek için modellemeyi mesafe aralığını değiştirerek tekrar yaparsak Şekil 3.14 elde edilir. Görüldüğü gibi minimum değer ancak -150 metrede istenilen değer altına düşmeye başlamıştır.



Şekil 3.7. Modelleme yapılan direğin sağında ve solunda yer seviyesindeki duyulabilir gürültü (150 m.)

Bu değerleri insan üzerinde belirtilen etkileri yapmayacak değer (30 dB) altına çekebilmek için diğer bir yolda demet sayısını 2'ye çıkarmaktır. Şekil 3.8'de görüldüğü gibi minimum değer -100 metrede 8.8 dB(A) (iyi hava) olurken, maksimum değer -4 metrede 24.4 dB(A) (yağmurlu hava) olarak ölçülmüştür. Bu değerlerde insan sağlığı açısından tehlike oluşturmamaktadır.



Şekil 3.8. Modelleme yapılan direğin sağında ve solunda yer seviyesindeki duyulabilir gürültü (Demet Sayısı=2)

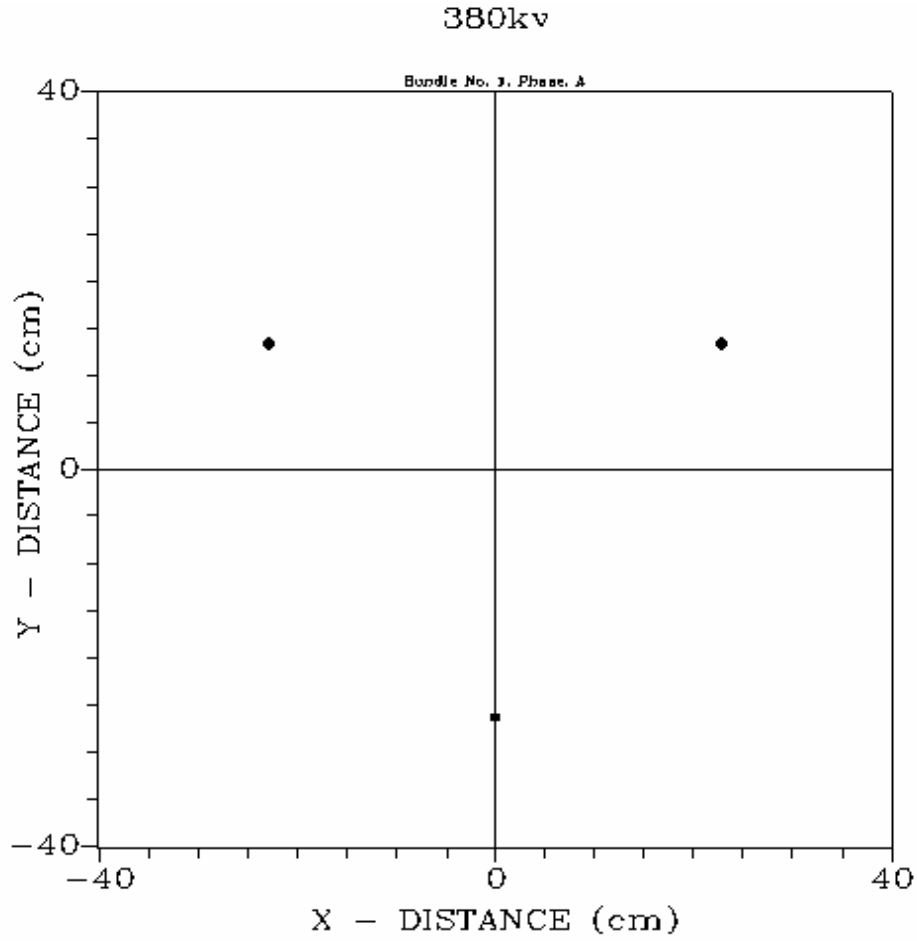
380 kV'luk iletim hattı için gürültü analizi

Sistem tanımı Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi (TEİAŞ) Enerji İletim Hatları Proje Tesis Daire Başkanlığı'ndan alınan bilgiler ve hat profili üzerinden yapılmıştır. Buna göre, 380 kV'luk Şanlıurfa-Kızıltepe EİH, Şanlıurfa trafo merkezinden başlamış ve Kızıltepe trafo merkezinin son direğinde bitmiştir. EİH güzergahı Şanlıurfa ve Mardin il sınırları içerisinde kalmaktadır. EİH, 161 km uzunluğunda olup, 18 adet some noktası ile 351 adet direk ile tesis edilmiş bir EİH'dır.

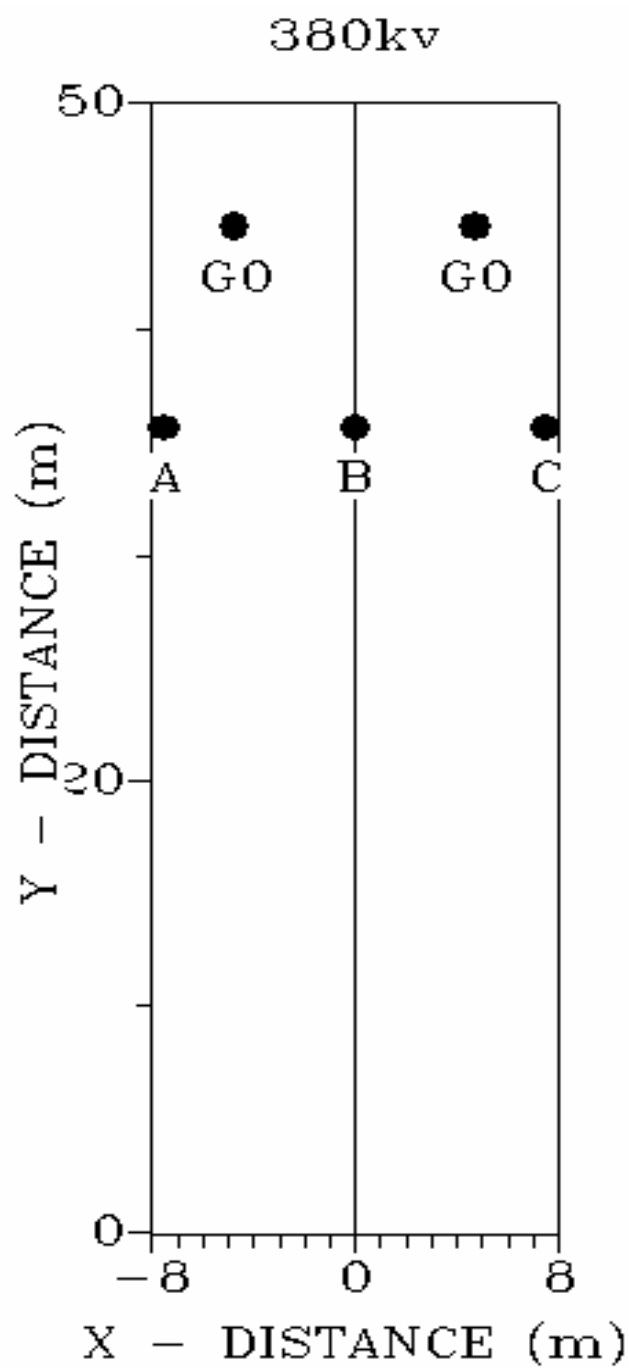
EİH'nın geçtiği arazi, genelde tarım arazisi ve mera vasfındadır. Hattın güzergahı genellikle düz arazi olup Şanlıurfa-Mardin anayoluna yakın geçmektedir.

İletim hattı tek devre, üçlü demet geometrisine sahip 954 MCM Cardinal (528 mm²) üçlü bundle, iletken tertibine sahip olacak şekilde planlanmıştır. Hattın gerilimi 380 kV ve akımı 1090 A'dır. Modelleme için ilk direğin

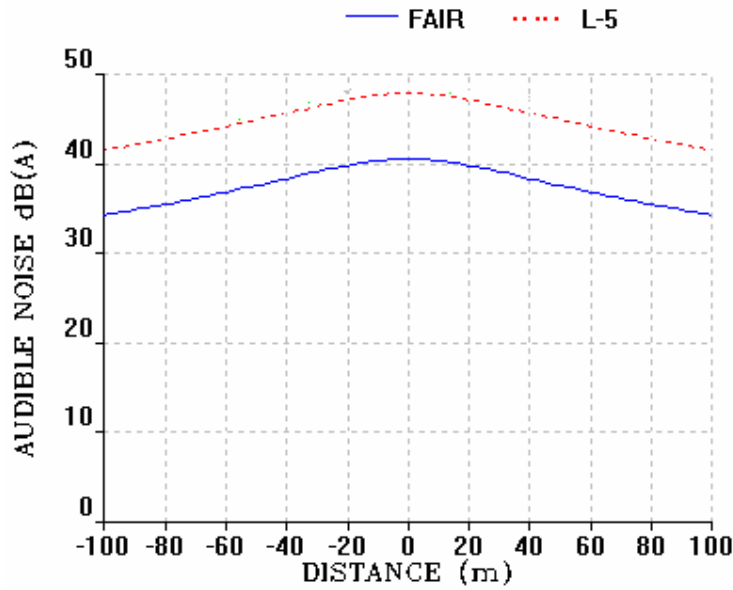
geometrik özelliklerinden yararlanılmıştır. Kullanılan direğin geometrik yapısı EK-4, hatta kullanılan iletken özellikleri ise EK-5'de verilmiştir. Bu direğin fazlar arası yatay mesafesi 7.5 m demet çapı ise 45.7 cm'dir.



Şekil 3.9. İletim hattının demet geometrisi



Şekil 3.10. İletim hattının devre konfigürasyonu (380 kV)

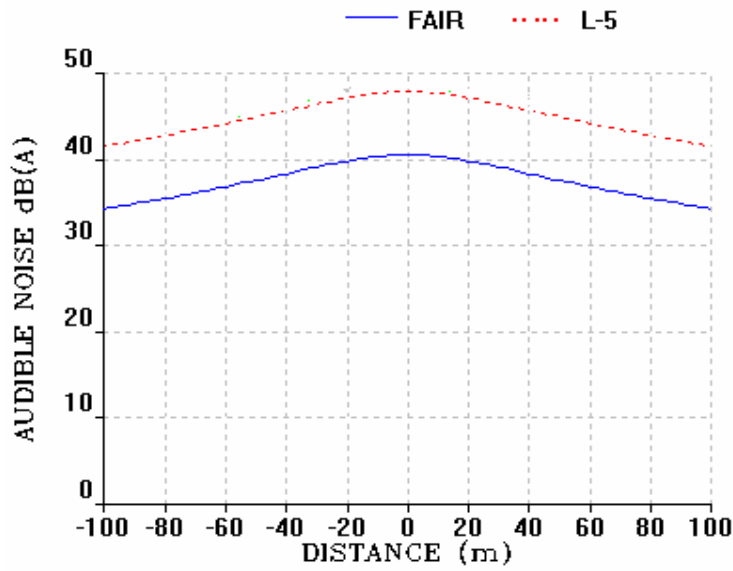


Şekil 3.11. Modelleme yapılan direğin sağında ve solunda yer seviyesindeki duyulabilir gürültü (1-5-10 MHz)

Yapılan modellemede; değişik frekanslara göre hesaplanan direnç ve reaktans değerlerinde aynı gürültü seviyelerinin çıktığı görülmüştür. Minimum değer -100 metrede 33.6 dB(A) (iyi hava) olurken, maksimum değer merkezde 47.4 dB(A) (yağmurlu hava) olarak ölçülmüştür. Bu değerler Şekil 3.1'de verilen tabloyla karşılaştırıldığında insan üzerinde konforsuzluk, rahatsızlık, öfke, kızgınlık, uyku düzensizliği ve konsantrasyon bozukluğuna sebep olabileceği görülmektedir.

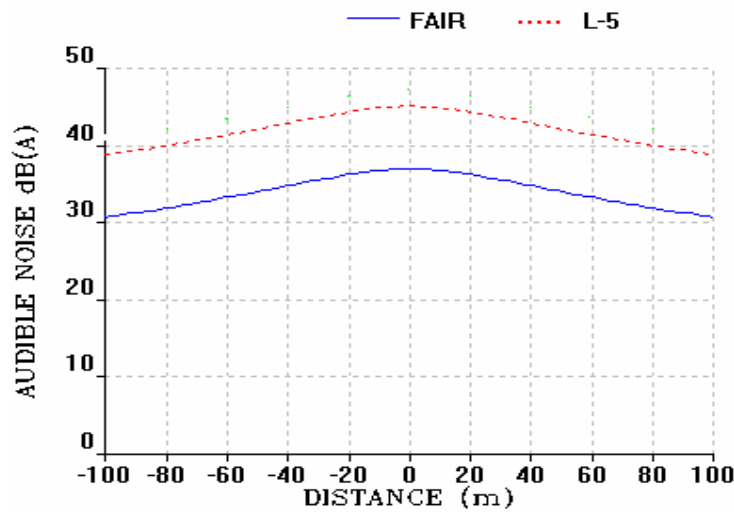
Aynı değerlerle hattın yerden 10 metre yukarısındaki gürültü değerleri ölçüldüğünde yer seviyesiyle aynı değerler çıktığı görülmüştür.

Aynı demet geometrisine bağlı kalarak, Cardinal iletken yerine, Plover (demet çapı 37,24 cm) iletken kullanarak modelleme yaparsak, Şekil 3.12'deki sonuçlara ulaşılır. Minimum değer -100 metrede 34.2 dB(A) (iyi hava) olurken, maksimum değer -6 metrede 47.8 dB(A) (yağmurlu hava) olarak ölçülmüştür. Sonuçlardan anlaşılabileceği üzere demet çapının azalması yani iletkenlerin birbirine yaklaşması gürültünün artmasına sebep olmuştur.



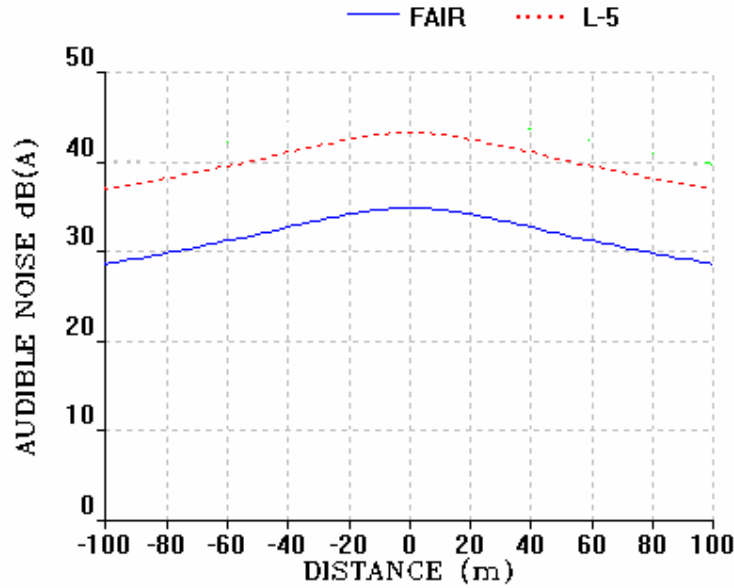
Şekil 3.12. Modelleme yapılan direğin sağında ve solunda yer seviyesindeki duyulabilir gürültü (Plover)

Bu değerleri düşürülebilmek için demet sayısını 3'ten 4'e çıkarırsak, Şekil 3.13'deki sonuçlara ulaşılır. Minimum değer -100 metrede 30.7 dB(A) (iyi hava) olurken, maksimum değer -6 metrede 44.1 dB(A) (yağmurlu hava) olarak ölçülmüştür.



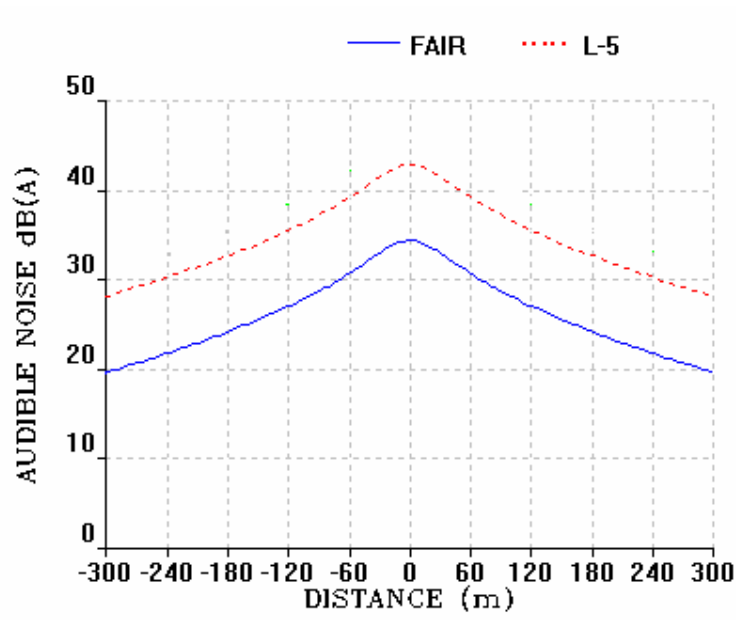
Şekil 3.13. Modelleme yapılan direğin sağında ve solunda yer seviyesindeki duyulabilir gürültü (demet sayısı=4)

Aynı değerlerle iletkenlerin askı izalatörlerle direk konsolunun ucuna asıldığını düşünürsek iletkenler arası mesafe 7.5 metreden 9 metreye çıkacaktır. Bu şekilde modelleme yaparsak şekil 3.14'deki sonuçlara ulaşılır. Minimum değer -100 metrede 28.6 dB(A) (iyi hava) olurken, maksimum değer -4 metrede 43.2 dB(A) (yağmurlu hava) olarak ölçülmüştür.



Şekil 3.14. Modelleme yapılan direğin sağında ve solunda yer seviyesindeki duyulabilir gürültü (y.sayısı=4 mesafe=9 m)

Modellemeyi mesafe aralığını değiştirerek tekrar yaparsak şekil 3.15 elde edilir. Görüldüğü gibi minimum değer -300 metrede 19.6 dB(A) (iyi hava) olurken, maksimum değer değişmeyerek -4 metrede 43.2 dB(A) (yağmurlu hava) olarak ölçülmüştür. Şekilden görüldüğü üzere, 252. metreden itibaren sınır değer olan 30 dB(A)'nın altına düşmektedir.



Şekil 3.15. Modelleme yapılan direğin sağında ve solunda yer seviyesindeki duyulabilir gürültü (300 m.)

Çizelge 3.3. Duyulabilir gürültü analiz sonuçları

Sıra No	Gerilim (kV)	Yığın Sayısı	Yığın çapı (cm)	iletkenler arası mesafe (m)	Gürültü (dB)			
					Fair (iyi hava)		L5 (Yağmurlu hava)	
					Min	Max	Min	Max
1	0,4	1	0	0,5	0	0	0	0
2	36	1	0	2,45	0	0	0	0
3	45	1	0	2,45	0	0	0	1,1
4	154	1	0	6,2	25,5	31,8	32	38,4
5	154	1	0	6,2	22,9(150 m)	31,8	29,5(150 m)	38,4
6	154	2	40	6,2	8,8	15,5	17,7	24,4
7	380	3	45,7	7,5	33,6	39,9	41,2	47,4
8	380	3	37,24	7,5	34,2	40,5	41,6	47,8
9	380	4	45,7	7,5	30,7	37	38,8	45,1
10	380	4	45,7	9	28,6	34,8	36,9	43,2
11	380	4	45,7	9	19,6(300 m)	34,8	28,1(300 m)	43,2

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

4.1. Sonuç

EHİ teknolojisinin en büyük üstünlüğünün, sahip olduğu yaygın altyapı olduğu bilinmektedir. Bu teknoloji, elektrik hatlarından oluşan altyapının kapsama alanının genişliği sayesinde diğer platformların sunamadığı oranda son kullanıcılara erişme imkanına sahiptir. Yeniden oluşturulması zor ve yüksek maliyetler gerektiren bu altyapının, bakır kablolardan oluşan mevcut yerel ağa alternatif olabileceği ve bu sayede altyapıya dayalı rekabetin sağlanabileceği görülmektedir.

EHİ teknolojisinin ortaya çıkışında en büyük etken, özelleşen elektrik üretim ve dağıtım şirketlerinin hizmet çeşitliliklerini artırmak istemeleri ve internet erişiminde yaşanan talep patlamasıdır. Güçlü elektrik şirketleri, serbestleşen elektrik dağıtım hizmetleriyle, sahip oldukları tecrübelerini telekomünikasyon pazarında değerlendirmek istemektedirler.

EHİ ortamının paylaşımlı bir ortam sağladığı, başarısının, elektrik şebekesinin kalitesi ve mesafenin yanında, kullanıcı sayısına ve meskenlerdeki uygulamalara bağlı olduğu görülmektedir.

Ülkemizde telefon hizmetlerinin ve dolayısı ile çevirmeli bağlantı sayesinde İnternet'in köylere kadar ulaşıyor olmasının, EHİ'nin hedef kesimi içinde bulunan kırsal alandaki kullanıcılara erişim ihtiyacını geciktireceği düşünülmektedir. Genişbant ihtiyacı ortaya çıkıp, bir "meta" olarak kırsal kesimde de talep edilir hale geldiği, yani çevirmeli bağlantının yetersiz kaldığı aşamada EHİ'ye duyulan ihtiyaç artacaktır. Ancak, mevcut durumda da yoğun yerleşim alanları ve kırsal kesimde bulunan ve genişbant erişim imkanı olmayan okul, hastane, otel gibi kurumsal kullanıcılar açısından hem erişimde ve hem de yapı içi ağda bir fırsat olarak görülmektedir.

EHI'nin, uygun koşullar sağlandığında, ülkemizde, bu aşamada SAH ya da KaTV'nin yanında ilave bir seçenek olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca, EHI sistemlerinin erişmiş oldukları kanal kapasitesi ve devam eden gelişmeler dikkate alındığında, gelecekte iletişim sistemlerinin önemli bir tamamlayıcısı olması beklenmektedir. Özellikle yapı içi ağlarda geleceği olan bir teknoloji olduğu ve kablolu sistemlerle tümleşik olarak kullanılacağı öngörülmektedir.

Bölüm 3'te yapılan analizin sonuçlarından da anlaşılacağı üzere; hatlarda oluşabilecek duyulabilir gürültü frekanstan ziyade gerilim seviyesine, iletkenlerin birbirine olan mesafesine ve hava koşullarına bağlıdır. Dolayısıyla spektrum dağılımı yapıldıktan sonra boşta kalan frekanslar duyulabilir gürültüden bağımsız olarak kullanılabilir. Duyulabilir gürültü seviyesinin 45 kV seviyesinden başladığı ve gerilim seviyesi arttıkça gürültü seviyesinin de arttığı görülmektedir.

Yapılan analizden; gürültüyü azaltmanın yollarından birinin gerek demet içindeki gerekse de hat iletkenleri arasındaki mesafenin artırılması diğerlerinin ise gerilim seviyesinin çok yüksek tutulmaması ve demet sayısının artırılması olduğu görülmektedir. Ancak bunların hem ekonomik hem de teknik açıdan bazı sınırlamaları bulunmaktadır. Direk boyutlarının çok büyümesi, mekanik dayanımlarının azalması ve hat kayıplarının artması bu sınırlamalardan bazılarıdır.

154 kV'un altındaki gerilimlerde tehlike oluşturabilecek herhangi bir gürültü oluşmazken, 154 kV'luk hatta meydana gelen gürültü demet sayısı 2'ye çıkarılarak yada yerleşim merkezlerine 150 metreden daha yakın olmayacak şekilde güzergah tespiti yapılarak sınır değer olan 30 dB'in altına indirilebilmektedir. 380 kV'luk enerji iletim hattında, yapılabilecek ihtimaller değerlendirilmiş ve iyi hava koşullarında sınır değerler civarında gürültü elde edilirken yağmurlu hava koşullarında sınır değerlerin biraz üzerinde gürültü seviyeleri elde edilmiştir. Bu durumu ancak 380 kV'luk hatların yerleşim

merkezlerine 252 metreden daha yakın olmayacak şekilde güzergah tespiti yapılarak sınır değeri olan 30 dB'in altına indirerek çözmek mümkün olacaktır.

4.2. Öneriler

Ülkemiz şartları dikkate alındığında EHİ teknolojisi olarak en uygun modelin, dünyada yeni uygulanmaya başlanan ve OG dağıtım hattını kullanan yapı olduğu düşünülmektedir. Bu modelde, OG ve AG dağıtım hatlarının bir kısmının yeraltında olması, girişim problemlerini oldukça azaltacaktır ayrıca bu gerilim seviyelerinde duyulabilir gürültünün olmaması da önemli bir tercih sebebidir. Diğer taraftan şehir dışında toplu konut halinde inşa edilen sitelerin doğrudan AG trafolarına erişerek, site içindeki binalara genişbant hizmetin sunulduğu AG trafosu ikincil kısımdan erişim de uygulanabilir diğer bir modeldir. FO veya SAH ile erişilen genişbantın bina içinde EHİ yapı içi donanımları ile dağılımı da yayılımı beklenen teknolojilerdendir. Bu uygulamaların başarılı olabilmesi elektrik altyapısının dikkate alınmasına bağlıdır.

Ülkemizde elektrik dağıtımındaki kayıp kaçak oranı % 20,9 gibi yüksek değerlerdedir. Aynı zamanda elektrik kesintileri tespitinde sıkıntılar yaşanmaktadır. Elektrik sayaçlarının okunmasında da otomasyon mevcut değildir. EHİ, darbant erişimle dahi elektrik dağıtımında verimliliği artırıcı ve maliyeti düşürücü kayıp-kaçak, kesinti tespiti, OSO, alarm izleme ve diğer hizmetleri verebilme yeteneğine sahiptir. Söz konusu hizmetlerin verilebilmesi dahi EHİ teknolojisinin kullanılması üzerinde araştırma yapılmasını gerektiren bir konudur.

Ayrıca EHİ teknolojisinin yaygınlaşması amacıyla yapılması gereken en önemli çalışmalardan biri de, spektrum planlamasının yapılabilmesini teminen spektrum dağılımının yeniden gözden geçirilerek bir spektrum haritası düzenlenmesidir. Spektrum haritasında frekansların nihai durumları

belirlenmeli, boşaltılabilecek ya da kaydırılabilecek frekanslar ile ilgili işlemler tamamlanmalıdır.

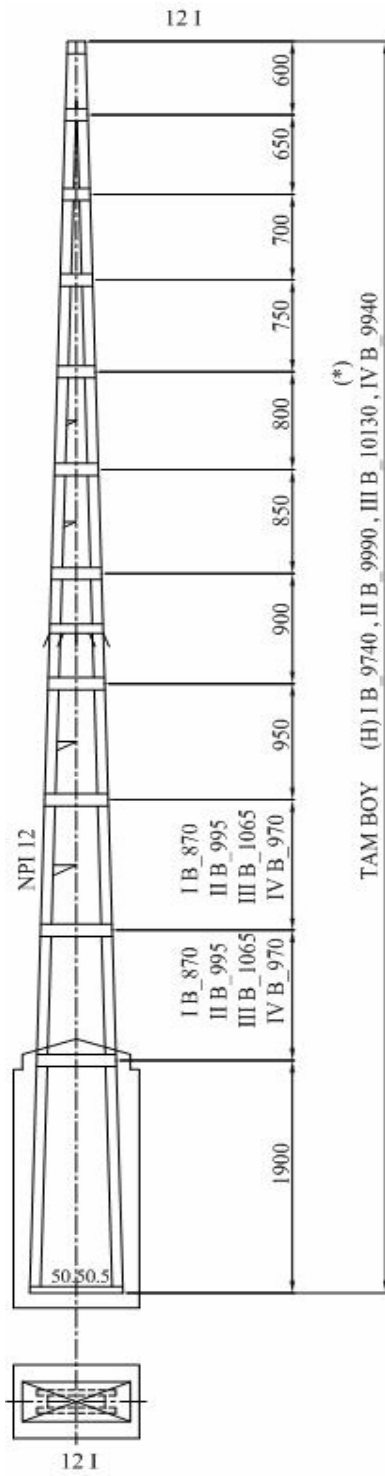
KAYNAKLAR

1. "international Telecommunication Union (ITU), Birth of Broadband", **ITU Internet Reports**, Geneva, 46, (2003).
2. Olsen, S, "The Lisbon Strategy Making Change Happen" , Communication From The Commission to the Spring European Council, **Commission Of The European Communities**, Brussels, 22, 23 (2002).
3. Gebhardt, M., Weinmann, F., Dosteil, K., "Physical And Regulatory Constraints For Communication Over The Power Supply Grid," **IEEE Communications Magazine**, 84, 85 (2003).
4. Abad, J., Badenes, A., Blasco, J., Carreras, J., Dornínguez, V., Gornez, C., Iranzo, S., Riveiro, J.C., Ruiz, D., Torres, M., Comabella, J., Extending The PowerLine Lan Up To The Neighborhood Transformer", **IEEE Communications Magazine**, 64 (2003)
5. Hrasnica, H., Lehnert, R., "Powerline Communications in telecommunication access area, Chair for Telecommunications", **Dresden University of Technology**, Dresden, Germany, 2 (2003).
6. Liu, W., Widmer, H., Raffin, P., "Broadband PLC Access Systems and Field Deployment in European PowerLine Networks", **IEEE Communications Magazine**, 115 (2003).
7. Gaw, D., "Corridor Systems announces breakthrough technology for Broadband Over Powerlines (BPL)", **Corridor Systems**, 72 (2003).
8. Elektrik prizleri ile evinizde network, Haziran, **CHIP**, 56 (2003).
9. Özdemir, E. , "Enerji iletim hatları üzerinden haberleşme ve veri iletimi", Yüksek lisans, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 25 (2003).
10. Şafak, M., Arıkan, E., Kural, E., Yavuz, E., Pay, G., "Enerji Hatları Üzerinden Veri İletişimi", **Hacettepe Üniversitesi, TÜBİTAK**, Ankara, (2003).
11. Lanoz, M., "Electromagnetic effects due to PLC and work progress in different Standardization Bodies", Final Report, 4, (2002).
12. EN 50 065-1, "Signalling on 10w voltage electrical installations in the frequency range 3 kHz to 148.5 kHz: Part 1: General requirements, frequency bands and electromagnetic disturbances", **CENELEC**, Brussels, 85, (1991).

13. Scharf, R., Haidine, A., Hrasnica, H., "Internet and telephony – case study: Broad Band trial in Germany", **Regicom GmbH**, Dresden, Germany, 10, (2002).
14. MPT 1570 Radiation Limits and Measurement Specification, **Radiocommunications Agency**, London, England, 28,35, (2003).

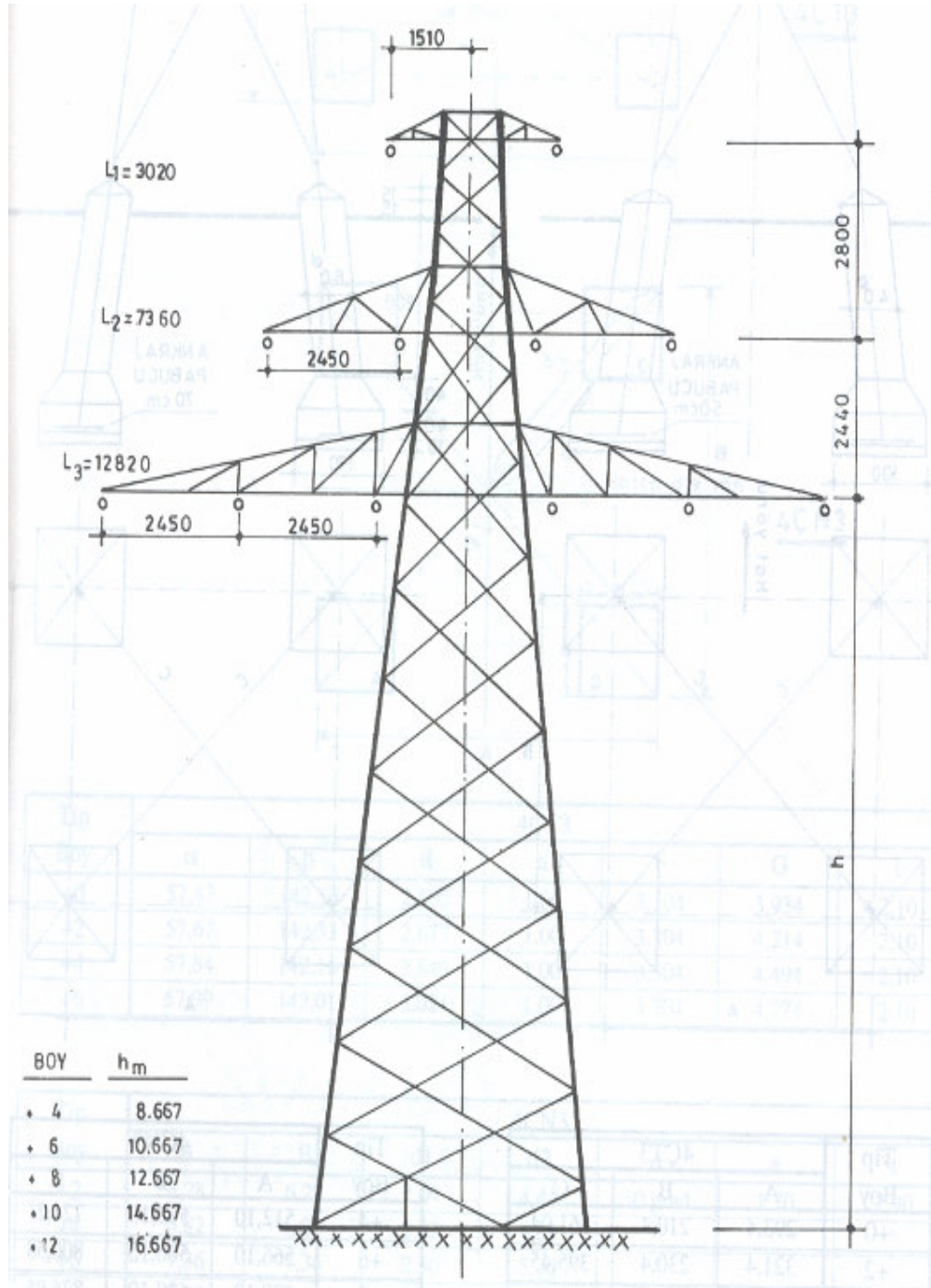
EKLER

EK-1 Modelleme yapılan 12l direği *



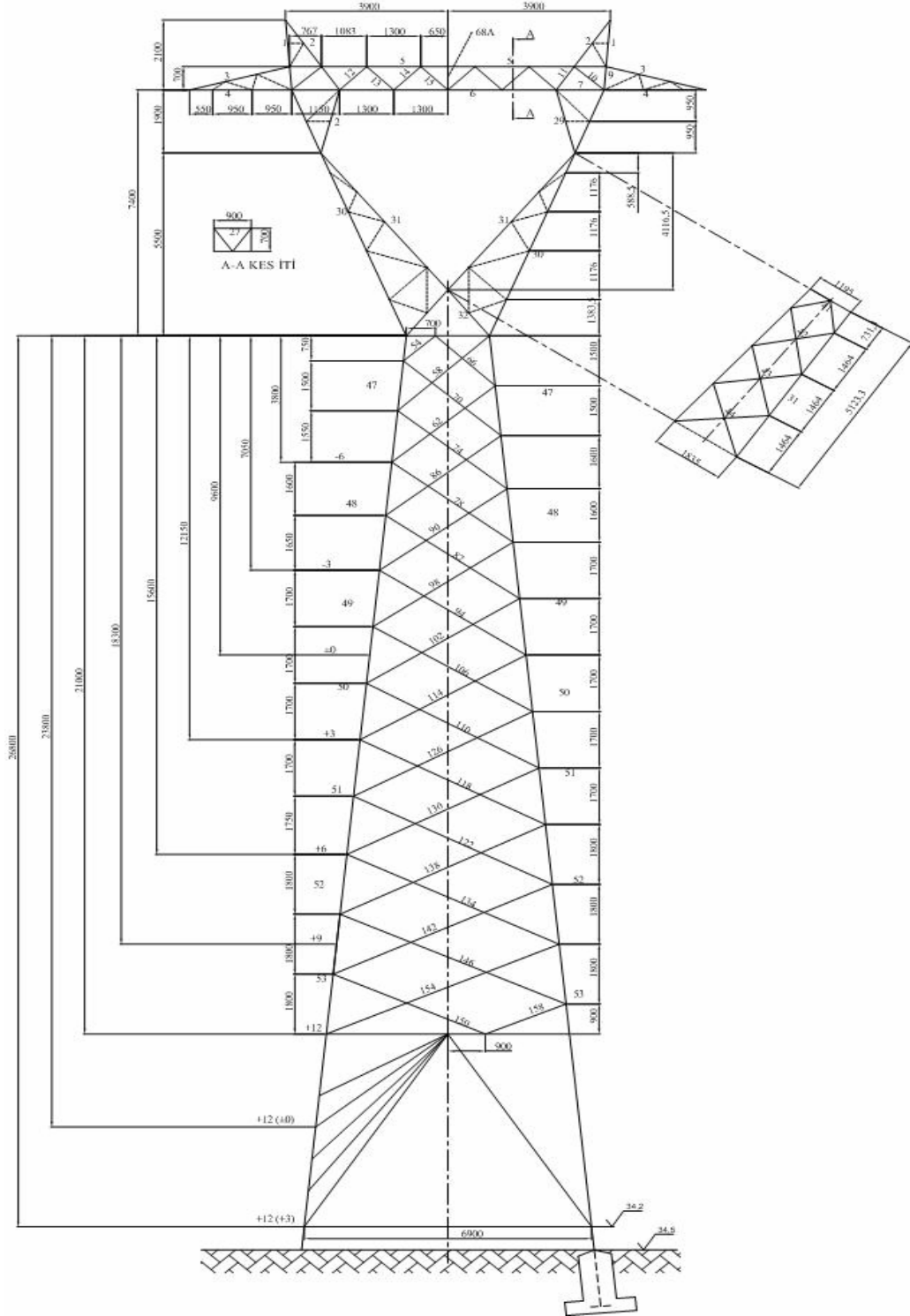
*TEDAŞ Proje Tesis Daire Başkanlığı'ndan alınmıştır.

EK-2 Modelleme yapılan 4ÇN3 direği *



*TEDAŞ Proje Tesis Daire Başkanlığı'ndan alınmıştır.

EK-3 Modelleme yapılan BS direği *



*TEİAŞ Enerji İletim Proje Tesis Daire Başkanlığı'ndan alınmıştır.

EK-4 Modelleme yapılan 3A1 direği *

EK-5 Çelik özlü alüminyum iletkenlerin mekanik ve elektriksel özellikleri*

ANMA DEĞERİ AL/Ç mm ²	KANADA STD. DINDAKİ		K E S İ T		Tel. Soy ve Çapları			Anma Çapı		20 °C de Doğru akım direnç ohm/km	Anma birim ölçüleri				Makara std. embaloj							
	Kesiti AWG veya Çiç. mill.	AL mm ²	Çelik mm ²	Toplam mm ²	Bakır eş değeri mm ²	Alüminyum		Çelik öz iletken yüğü mm.	Çelik mm.		Al. kg/km	Çelik kg/km	AL %	Çelik %	Makara tipi	Bir Makarada iletken boyu m	Net ağırlık kg					
						Soyl Çap mm.	Soyl Çap mm.															
402/62	CONDOR	795000	40233	5215	45448	2530	54	308	7	308	924	2772	12947	00718	1112.6	407.1	15187	73.2	26.8	R-180	1600	2431
447/23	-	874500	44729	2288	46717	2784	42	367	7	204	612	2814	10378	00650	12276	178.7	14063	87.3	12.7	R-180	1600	2250
442/57	CRANE	874500	44247	5736	49883	2783	54	323	7	423	969	2907	14233	00653	12236	447.6	16712	73.2	26.8	R-180	1600	2674
456/24	-	900000	45648	2356	48004	2871	42	372	7	207	621	2853	10663	00633	12611	183.6	14447	87.3	12.7	R-180	1600	2312
456/59	CANARY	900000	45628	5915	51543	2869	54	328	7	328	984	2952	14685	00633	12817	461.8	17235	73.2	26.8	R-180	1600	2758
484/25	PHOENIX	951000	48388	2494	50882	3043	42	383	7	213	639	2937	11300	00596	13866	194.5	15311	87.3	12.7	R-200	2200	3370
485/63	CARDINAL	951000	48153	6281	54734	3047	54	338	7	338	1044	3042	15589	00597	13996	490.2	18298	73.2	26.8	R-200	2100	3843
525/27	SNOWBIRD	1033500	52535	2685	55200	3302	42	399	7	221	663	3057	12085	00550	14508	209.8	16606	87.3	12.7	R-200	2200	3654
523/68	CURLEW	1033500	52251	6773	59024	3246	54	351	7	351	1053	3159	16823	00553	14446	529.0	19736	73.2	26.8	R-200	2000	3950
505/29	BEAUMONT	1113000	50538	2908	59446	3556	42	414	7	230	690	3174	17924	00511	15616	226.8	17884	87.3	12.7	R-200	2100	3756
585/72	FINCH	1113000	58503	7157	63460	3553	54	365	19	219	1095	3285	18275	00511	15822	560.9	21231	73.6	26.4	R-200	1800	3822
604/31	-	1192500	60426	3114	63540	3800	42	428	7	238	714	3282	13827	00477	16893	243.2	19725	87.3	12.7	R-200	1800	3443
603/77	GRACKLE	1192500	60279	7689	67968	3781	54	377	19	227	1130	3392	19561	00479	16666	602.6	22692	73.6	26.4	R-200	1700	3860
644/33	SCISSORTAIL	1272000	64444	3327	67771	4053	42	442	7	246	738	3390	14785	00448	17786	2596	20392	87.3	12.7	R-200	1700	3467
645/82	PHEASANT	1272000	64508	8171	72679	4057	54	390	19	234	1170	3500	20383	00449	17838	639.7	24235	73.6	26.4	R-200	1500	3636
686/35	-	1351500	68631	3519	72100	4313	42	456	7	259	759	3495	15675	00421	18947	274.9	21886	87.3	12.7	R-200	1600	3472
685/87	MARTIN	1351500	68638	8667	77206	4310	54	402	19	241	1205	3617	21631	00422	18853	678.4	25737	73.6	26.4	R-200	1400	3604
741/37	-	1430000	74133	3745	77658	4661	42	474	7	261	783	3627	16872	00388	20425	287.4	23389	87.5	12.5	R-200	1600	3510
727/52	PIVOTER	1430000	72692	9178	81820	4571	54	414	19	248	1240	3724	22599	00398	20937	718.6	27283	73.6	26.4	R-200	1300	3547
766/39	-	1510500	76636	3919	80555	4819	42	482	7	267	801	3693	17501	00377	21170	306.0	24230	87.3	12.7	R-200	1400	3393
766/97	PARROT	1510500	76606	9703	86309	4817	54	425	19	255	1225	3825	24212	00377	21180	760.3	28783	73.6	26.4	R-200	1200	3454
805/71	-	1590000	80466	7125	87591	5060	48	462	7	360	1080	3852	21612	00360	22227	556.3	27790	80.0	20.0	R-200	1200	3335
806/02	FALCON	1590000	80622	10165	90787	5070	54	436	19	261	1305	3921	25416	00358	22896	796.0	30756	73.2	26.3	R-200	1100	3329

*TEİAŞ APK Daire Başkanlığı'ndan alınmıştır.

BNDL #	Type	Summer	Fair	RAIN
1	AC	-91.49	-67.95	-81.98

EK-6 (Devam) İletim hattının duyulabilir gürültü analiz sonuçları

2	AC	-84.79	-64.18	-76.16
3	AC	-91.49	-67.95	-81.98
4	Ground Wire	*****	*****	*****
5	Ground Wire	*****	*****	*****

LATERAL DISTANCE		FAIR (dB(A))	L5 RAIN		Ldn (dB(A))
(feet)	(meters)		(dB(A))	Leq(24) (dB(A))	
-----	-----	-----	-----	-----	-----
-328.1	-100.00	8.8	17.7	16.6	24.2
-321.5	-98.00	8.9	17.8	16.7	24.3
-315.0	-96.00	9.0	17.9	16.8	24.4
-308.4	-94.00	9.1	18.0	16.9	24.6
-301.8	-92.00	9.3	18.2	17.1	24.7
-295.3	-90.00	9.4	18.3	17.2	24.8
-288.7	-88.00	9.5	18.4	17.3	24.9
-282.2	-86.00	9.6	18.5	17.4	25.1
-275.6	-84.00	9.8	18.7	17.6	25.2
-269.0	-82.00	9.9	18.8	17.7	25.3
-262.5	-80.00	10.0	18.9	17.8	25.5
-255.9	-78.00	10.1	19.1	18.0	25.6
-249.3	-76.00	10.3	19.2	18.1	25.7
-242.8	-74.00	10.4	19.3	18.2	25.9
-236.2	-72.00	10.6	19.5	18.4	26.0
-229.7	-70.00	10.7	19.6	18.5	26.1
-223.1	-68.00	10.8	19.8	18.7	26.3
-216.5	-66.00	11.0	19.9	18.8	26.4
-210.0	-64.00	11.1	20.0	18.9	26.6
-203.4	-62.00	11.3	20.2	19.1	26.7
-196.9	-60.00	11.4	20.3	19.2	26.9
-190.3	-58.00	11.6	20.5	19.4	27.0
-183.7	-56.00	11.7	20.6	19.5	27.2
-177.2	-54.00	11.9	20.8	19.7	27.3
-170.6	-52.00	12.0	21.0	19.9	27.5
-164.0	-50.00	12.2	21.1	20.0	27.6
-157.5	-48.00	12.4	21.3	20.2	27.8
-150.9	-46.00	12.5	21.4	20.3	28.0
-144.4	-44.00	12.7	21.6	20.5	28.1
-137.8	-42.00	12.9	21.8	20.7	28.3
-131.2	-40.00	13.0	21.9	20.8	28.5
-124.7	-38.00	13.2	22.1	21.0	28.6
-118.1	-36.00	13.4	22.3	21.2	28.8
-111.5	-34.00	13.5	22.4	21.3	29.0
-105.0	-32.00	13.7	22.6	21.5	29.1

EK-6 (Devam) İletim hattının duyulabilir gürültü analiz sonuçları

-98.4	-30.00	13.9	22.8	21.7	29.3
-91.9	-28.00	14.0	22.9	21.9	29.5
-85.3	-26.00	14.2	23.1	22.0	29.6
-78.7	-24.00	14.4	23.3	22.2	29.8
-72.2	-22.00	14.5	23.4	22.3	30.0
-65.6	-20.00	14.7	23.6	22.5	30.1
-59.1	-18.00	14.8	23.7	22.6	30.2
-52.5	-16.00	14.9	23.9	22.8	30.4
-45.9	-14.00	15.1	24.0	22.9	30.5
-39.4	-12.00	15.2	24.1	23.0	30.6
-32.8	-10.00	15.3	24.2	23.1	30.7
-26.2	-8.00	15.4	24.3	23.2	30.8
-19.7	-6.00	15.4	24.3	23.2	30.9
-13.1	-4.00	15.5	24.4	23.3	30.9
-6.6	-2.00	15.5	24.4	23.3	30.9
.0	.00	15.5	24.4	23.3	31.0
6.6	2.00	15.5	24.4	23.3	30.9
13.1	4.00	15.5	24.4	23.3	30.9
19.7	6.00	15.4	24.3	23.2	30.9
26.2	8.00	15.4	24.3	23.2	30.8
32.8	10.00	15.3	24.2	23.1	30.7
39.4	12.00	15.2	24.1	23.0	30.6
45.9	14.00	15.1	24.0	22.9	30.5
52.5	16.00	14.9	23.9	22.8	30.4
59.1	18.00	14.8	23.7	22.6	30.2
65.6	20.00	14.7	23.6	22.5	30.1
72.2	22.00	14.5	23.4	22.3	30.0
78.7	24.00	14.4	23.3	22.2	29.8
85.3	26.00	14.2	23.1	22.0	29.6
91.9	28.00	14.0	22.9	21.9	29.5
98.4	30.00	13.9	22.8	21.7	29.3
105.0	32.00	13.7	22.6	21.5	29.1
111.5	34.00	13.5	22.4	21.3	29.0
118.1	36.00	13.4	22.3	21.2	28.8
124.7	38.00	13.2	22.1	21.0	28.6
131.2	40.00	13.0	21.9	20.8	28.5
137.8	42.00	12.9	21.8	20.7	28.3
144.4	44.00	12.7	21.6	20.5	28.1
150.9	46.00	12.5	21.4	20.3	28.0
157.5	48.00	12.4	21.3	20.2	27.8
164.0	50.00	12.2	21.1	20.0	27.6
170.6	52.00	12.0	21.0	19.9	27.5
177.2	54.00	11.9	20.8	19.7	27.3
183.7	56.00	11.7	20.6	19.5	27.2
190.3	58.00	11.6	20.5	19.4	27.0

EK-6 (Devam) İletim hattının duyulabilir gürültü analiz sonuçları

196.9	60.00	11.4	20.3	19.2	26.9
203.4	62.00	11.3	20.2	19.1	26.7
210.0	64.00	11.1	20.0	18.9	26.6
216.5	66.00	11.0	19.9	18.8	26.4
223.1	68.00	10.8	19.8	18.7	26.3
229.7	70.00	10.7	19.6	18.5	26.1
236.2	72.00	10.6	19.5	18.4	26.0
242.8	74.00	10.4	19.3	18.2	25.9
249.3	76.00	10.3	19.2	18.1	25.7
255.9	78.00	10.1	19.1	18.0	25.6
262.5	80.00	10.0	18.9	17.8	25.5
269.0	82.00	9.9	18.8	17.7	25.3
275.6	84.00	9.8	18.7	17.6	25.2
282.2	86.00	9.6	18.5	17.4	25.1
288.7	88.00	9.5	18.4	17.3	24.9
295.3	90.00	9.4	18.3	17.2	24.8
301.8	92.00	9.3	18.2	17.1	24.7
308.4	94.00	9.1	18.0	16.9	24.6
315.0	96.00	9.0	17.9	16.8	24.4
321.5	98.00	8.9	17.8	16.7	24.3

EK-7 İletim hattının duyulabilir gürültü analiz sonuçları

380 kV demet sayısı=3 (37.2)

```
*****
*                                     *
*                               BUNDLE INFORMATION                               *
*                                     *
*****
| | | |VOLTAGE| |CURRENT| # | COORDINATES | | |
|BNDL|CIRC| VOLTAGE| ANGLE | LOAD | ANGLE | OF | X | Y |
PHASE |
| # | # | (kV) | (DEG) | (AMPS) | (DEG) | COND| (M) | (M) | |
*****
| 1 | 1 | 380.0 | .0 | 1090.0 | .0 | 3 | -7.5 | 35.6 | A |
| 2 | 1 | 380.0 | 240.0 | 1090.0 | 240.0 | 3 | .0 | 35.6 | B |
| 3 | 1 | 380.0 | 120.0 | 1090.0 | 120.0 | 3 | 7.5 | 35.6 | C |
| 4 | 1 | .0 | .0 | .0 | .0 | 1 | -4.7 | 44.5 | GND |
| 5 | 1 | .0 | .0 | .0 | .0 | 1 | 4.7 | 44.5 | GND |
*****
*                               MINIMUM GROUND CLEARANCE = 35.600 M.                               *
*****
```

```
*****
*                               SUBCONDUCTOR INFORMATION - REGULAR BUNDLES                               *
*                               *
*****
|BNDL| DIAMETER | SPACING | DC RESIST. | AC RESIST. | AC
REACT. |
| # | (CM) | (CM) | (OHMS/KM) | (OHMS/KM) | (OHMS/KM) |
*****
| 1 | 1.193 | 37.200 | .05990 | 5.59000 | 1.550000 |
| 2 | 1.193 | 37.200 | .05990 | 5.59000 | 1.550000 |
| 3 | 1.193 | 37.200 | .05990 | 5.59000 | 1.550000 |
| 4 | .914 | .000 | 4.04513 | 4.19426 | .932060 |
| 5 | .914 | .000 | 4.04513 | 4.19426 | .932060 |
*****
```

BNDL #	Type	ACrms	PEAK(+)	PEAK(-)
1	AC	27.60	39.03	-39.03
2	AC	30.63	43.32	-43.32
3	AC	27.60	39.03	-39.03
4	Ground Wire	5.16	7.29	-7.29
5	Ground Wire	5.16	7.29	-7.29

```
-----
1   AC   27.60  39.03 -39.03
2   AC   30.63  43.32 -43.32
3   AC   27.60  39.03 -39.03
4 Ground Wire  5.16  7.29 -7.29
5 Ground Wire  5.16  7.29 -7.29
```

EK-7 (Devam) İletim hattının duyulabilir gürültü analiz sonuçları

```

*****
*
*
*   AUDIBLE NOISE   *
*  GENERATED ACOUSTIC POWER  *
*   (dB above 1uW/m)   *
*
*
*****

```

BNDL #	Type	L5		L50	RAIN
		Summer	Fair	RAIN	
1	AC	-64.89	-55.91	-57.10	
2	AC	-60.84	-53.56	-53.56	
3	AC	-64.89	-55.91	-57.10	
4	Ground Wire	*****	*****	*****	
5	Ground Wire	*****	*****	*****	

LATERAL		FAIR	L5		Ldn
DISTANCE			RAIN	Leq(24)	
(feet)	(meters)	(dB(A))	(dB(A))	(dB(A))	(dB(A))
-328.1	-100.00	33.6	41.2	39.9	47.4
-321.5	-98.00	33.8	41.3	40.1	47.5
-315.0	-96.00	33.9	41.4	40.2	47.6
-308.4	-94.00	34.0	41.5	40.3	47.7
-301.8	-92.00	34.1	41.6	40.4	47.9
-295.3	-90.00	34.2	41.7	40.5	48.0
-288.7	-88.00	34.4	41.9	40.7	48.1
-282.2	-86.00	34.5	42.0	40.8	48.2
-275.6	-84.00	34.6	42.1	40.9	48.3
-269.0	-82.00	34.7	42.2	41.0	48.5
-262.5	-80.00	34.9	42.4	41.2	48.6
-255.9	-78.00	35.0	42.5	41.3	48.7
-249.3	-76.00	35.1	42.6	41.4	48.9
-242.8	-74.00	35.3	42.8	41.6	49.0
-236.2	-72.00	35.4	42.9	41.7	49.1
-229.7	-70.00	35.5	43.0	41.8	49.3
-223.1	-68.00	35.7	43.2	42.0	49.4
-216.5	-66.00	35.8	43.3	42.1	49.5
-210.0	-64.00	35.9	43.5	42.3	49.7
-203.4	-62.00	36.1	43.6	42.4	49.8
-196.9	-60.00	36.2	43.7	42.5	50.0
-190.3	-58.00	36.4	43.9	42.7	50.1
-183.7	-56.00	36.5	44.0	42.8	50.3
-177.2	-54.00	36.7	44.2	43.0	50.4

EK-7 (Devam) İletim hattının duyulabilir gürültü analiz sonuçları

-170.6	-52.00	36.8	44.3	43.1	50.6
-164.0	-50.00	37.0	44.5	43.3	50.7
-157.5	-48.00	37.1	44.6	43.4	50.9
-150.9	-46.00	37.3	44.8	43.6	51.0
-144.4	-44.00	37.4	44.9	43.7	51.2
-137.8	-42.00	37.6	45.1	43.9	51.3
-131.2	-40.00	37.7	45.3	44.0	51.5
-124.7	-38.00	37.9	45.4	44.2	51.6
-118.1	-36.00	38.1	45.6	44.4	51.8
-111.5	-34.00	38.2	45.7	44.5	51.9
-105.0	-32.00	38.4	45.9	44.7	52.1
-98.4	-30.00	38.5	46.0	44.8	52.3
-91.9	-28.00	38.7	46.2	45.0	52.4
-85.3	-26.00	38.8	46.3	45.1	52.5
-78.7	-24.00	38.9	46.5	45.3	52.7
-72.2	-22.00	39.1	46.6	45.4	52.8
-65.6	-20.00	39.2	46.7	45.5	53.0
-59.1	-18.00	39.3	46.8	45.6	53.1
-52.5	-16.00	39.4	47.0	45.8	53.2
-45.9	-14.00	39.6	47.1	45.9	53.3
-39.4	-12.00	39.6	47.2	46.0	53.4
-32.8	-10.00	39.7	47.2	46.0	53.5
-26.2	-8.00	39.8	47.3	46.1	53.5
-19.7	-6.00	39.9	47.4	46.2	53.6
-13.1	-4.00	39.9	47.4	46.2	53.6
-6.6	-2.00	39.9	47.4	46.2	53.7
.0	.00	39.9	47.4	46.2	53.7
6.6	2.00	39.9	47.4	46.2	53.7
13.1	4.00	39.9	47.4	46.2	53.6
19.7	6.00	39.9	47.4	46.2	53.6
26.2	8.00	39.8	47.3	46.1	53.5
32.8	10.00	39.7	47.2	46.0	53.5
39.4	12.00	39.6	47.2	46.0	53.4
45.9	14.00	39.6	47.1	45.9	53.3
52.5	16.00	39.4	47.0	45.8	53.2
59.1	18.00	39.3	46.8	45.6	53.1
65.6	20.00	39.2	46.7	45.5	53.0
72.2	22.00	39.1	46.6	45.4	52.8
78.7	24.00	38.9	46.5	45.3	52.7
85.3	26.00	38.8	46.3	45.1	52.5
91.9	28.00	38.7	46.2	45.0	52.4
98.4	30.00	38.5	46.0	44.8	52.3
105.0	32.00	38.4	45.9	44.7	52.1
111.5	34.00	38.2	45.7	44.5	51.9
118.1	36.00	38.1	45.6	44.4	51.8

EK-7 (Devam) İletim hattının duyulabilir gürültü analiz sonuçları

124.7	38.00	37.9	45.4	44.2	51.6
131.2	40.00	37.7	45.3	44.0	51.5
137.8	42.00	37.6	45.1	43.9	51.3
144.4	44.00	37.4	44.9	43.7	51.2
150.9	46.00	37.3	44.8	43.6	51.0
157.5	48.00	37.1	44.6	43.4	50.9
164.0	50.00	37.0	44.5	43.3	50.7
170.6	52.00	36.8	44.3	43.1	50.6
177.2	54.00	36.7	44.2	43.0	50.4
183.7	56.00	36.5	44.0	42.8	50.3
190.3	58.00	36.4	43.9	42.7	50.1
196.9	60.00	36.2	43.7	42.5	50.0
203.4	62.00	36.1	43.6	42.4	49.8
210.0	64.00	35.9	43.5	42.3	49.7
216.5	66.00	35.8	43.3	42.1	49.5
223.1	68.00	35.7	43.2	42.0	49.4
229.7	70.00	35.5	43.0	41.8	49.3
236.2	72.00	35.4	42.9	41.7	49.1
242.8	74.00	35.3	42.8	41.6	49.0
249.3	76.00	35.1	42.6	41.4	48.9
255.9	78.00	35.0	42.5	41.3	48.7
262.5	80.00	34.9	42.4	41.2	48.6
269.0	82.00	34.7	42.2	41.0	48.5
275.6	84.00	34.6	42.1	40.9	48.3
282.2	86.00	34.5	42.0	40.8	48.2
288.7	88.00	34.4	41.9	40.7	48.1
295.3	90.00	34.2	41.7	40.5	48.0
301.8	92.00	34.1	41.6	40.4	47.9
308.4	94.00	34.0	41.5	40.3	47.7
315.0	96.00	33.9	41.4	40.2	47.6
321.5	98.00	33.8	41.3	40.1	47.5
328.1	100.00	33.6	41.2	39.9	47.4

1	AC	22.94	32.45	-32.45
2	AC	25.83	36.52	-36.52
3	AC	22.94	32.45	-32.45
4	Ground Wire	6.04	8.55	-8.55
5	Ground Wire	6.04	8.55	-8.55

EK-8 (Devam) İletim hattının duyulabilir gürültü analiz sonuçları

 *
 *
 * AUDIBLE NOISE *
 * GENERATED ACOUSTIC POWER *
 * (dB above 1uW/m) *
 *

BNDL #	Type	L5		L50	
		Summer	Fair	RAIN	RAIN
1	AC	-70.82	-58.36	-62.02	
2	AC	-65.33	-55.17	-57.23	
3	AC	-70.82	-58.36	-62.02	
4	Ground Wire	*****	*****	*****	
5	Ground Wire	*****	*****	*****	

LATERAL		FAIR	L5		Ldn
DISTANCE			RAIN	Leq(24)	
(feet) (meters)		(dB(A))	(dB(A))	(dB(A))	(dB(A))
-328.1	-100.00	28.6	36.9	35.6	43.0
-321.5	-98.00	28.7	37.1	35.7	43.2
-315.0	-96.00	28.8	37.2	35.8	43.3
-308.4	-94.00	28.9	37.3	35.9	43.4
-301.8	-92.00	29.1	37.4	36.0	43.5
-295.3	-90.00	29.2	37.5	36.2	43.6
-288.7	-88.00	29.3	37.7	36.3	43.8
-282.2	-86.00	29.4	37.8	36.4	43.9
-275.6	-84.00	29.5	37.9	36.5	44.0
-269.0	-82.00	29.7	38.0	36.7	44.1
-262.5	-80.00	29.8	38.2	36.8	44.3
-255.9	-78.00	29.9	38.3	36.9	44.4
-249.3	-76.00	30.1	38.4	37.0	44.5
-242.8	-74.00	30.2	38.6	37.2	44.7
-236.2	-72.00	30.3	38.7	37.3	44.8
-229.7	-70.00	30.5	38.8	37.5	44.9
-223.1	-68.00	30.6	39.0	37.6	45.1
-216.5	-66.00	30.7	39.1	37.7	45.2
-210.0	-64.00	30.9	39.3	37.9	45.4
-203.4	-62.00	31.0	39.4	38.0	45.5
-196.9	-60.00	31.2	39.5	38.2	45.6
-190.3	-58.00	31.3	39.7	38.3	45.8
-183.7	-56.00	31.5	39.8	38.4	45.9
-177.2	-54.00	31.6	40.0	38.6	46.1

EK-8 (Devam) İletim hattının duyulabilir gürültü analiz sonuçları

-170.6	-52.00	31.8	40.1	38.7	46.2
-164.0	-50.00	31.9	40.3	38.9	46.4
-157.5	-48.00	32.1	40.4	39.0	46.5
-150.9	-46.00	32.2	40.6	39.2	46.7
-144.4	-44.00	32.4	40.7	39.4	46.8
-137.8	-42.00	32.5	40.9	39.5	47.0
-131.2	-40.00	32.7	41.0	39.7	47.2
-124.7	-38.00	32.8	41.2	39.8	47.3
-118.1	-36.00	33.0	41.4	40.0	47.5
-111.5	-34.00	33.1	41.5	40.1	47.6
-105.0	-32.00	33.3	41.7	40.3	47.8
-98.4	-30.00	33.4	41.8	40.4	47.9
-91.9	-28.00	33.6	42.0	40.6	48.1
-85.3	-26.00	33.7	42.1	40.7	48.2
-78.7	-24.00	33.9	42.2	40.9	48.3
-72.2	-22.00	34.0	42.4	41.0	48.5
-65.6	-20.00	34.1	42.5	41.1	48.6
-59.1	-18.00	34.3	42.6	41.2	48.7
-52.5	-16.00	34.4	42.7	41.4	48.8
-45.9	-14.00	34.5	42.8	41.5	48.9
-39.4	-12.00	34.6	42.9	41.6	49.0
-32.8	-10.00	34.7	43.0	41.6	49.1
-26.2	-8.00	34.7	43.1	41.7	49.2
-19.7	-6.00	34.8	43.1	41.8	49.2
-13.1	-4.00	34.8	43.2	41.8	49.3
-6.6	-2.00	34.8	43.2	41.8	49.3
.0	.00	34.8	43.2	41.8	49.3
6.6	2.00	34.8	43.2	41.8	49.3
13.1	4.00	34.8	43.2	41.8	49.3
19.7	6.00	34.8	43.1	41.8	49.2
26.2	8.00	34.7	43.1	41.7	49.2
32.8	10.00	34.7	43.0	41.6	49.1
39.4	12.00	34.6	42.9	41.6	49.0
45.9	14.00	34.5	42.8	41.5	48.9
52.5	16.00	34.4	42.7	41.4	48.8
59.1	18.00	34.3	42.6	41.2	48.7
65.6	20.00	34.1	42.5	41.1	48.6
72.2	22.00	34.0	42.4	41.0	48.5
78.7	24.00	33.9	42.2	40.9	48.3
85.3	26.00	33.7	42.1	40.7	48.2
91.9	28.00	33.6	42.0	40.6	48.1
98.4	30.00	33.4	41.8	40.4	47.9
105.0	32.00	33.3	41.7	40.3	47.8
111.5	34.00	33.1	41.5	40.1	47.6
118.1	36.00	33.0	41.4	40.0	47.5

EK-8 (Devam) İletim hattının duyulabilir gürültü analiz sonuçları

124.7	38.00	32.8	41.2	39.8	47.3
131.2	40.00	32.7	41.0	39.7	47.2
137.8	42.00	32.5	40.9	39.5	47.0
144.4	44.00	32.4	40.7	39.4	46.8
150.9	46.00	32.2	40.6	39.2	46.7
157.5	48.00	32.1	40.4	39.0	46.5
164.0	50.00	31.9	40.3	38.9	46.4
170.6	52.00	31.8	40.1	38.7	46.2
177.2	54.00	31.6	40.0	38.6	46.1
183.7	56.00	31.5	39.8	38.4	45.9
190.3	58.00	31.3	39.7	38.3	45.8
196.9	60.00	31.2	39.5	38.2	45.6
203.4	62.00	31.0	39.4	38.0	45.5
210.0	64.00	30.9	39.3	37.9	45.4
216.5	66.00	30.7	39.1	37.7	45.2
223.1	68.00	30.6	39.0	37.6	45.1
229.7	70.00	30.5	38.8	37.5	44.9
236.2	72.00	30.3	38.7	37.3	44.8
242.8	74.00	30.2	38.6	37.2	44.7
249.3	76.00	30.1	38.4	37.0	44.5
255.9	78.00	29.9	38.3	36.9	44.4
262.5	80.00	29.8	38.2	36.8	44.3
269.0	82.00	29.7	38.0	36.7	44.1
275.6	84.00	29.5	37.9	36.5	44.0
282.2	86.00	29.4	37.8	36.4	43.9
288.7	88.00	29.3	37.7	36.3	43.8
295.3	90.00	29.2	37.5	36.2	43.6
301.8	92.00	29.1	37.4	36.0	43.5
308.4	94.00	28.9	37.3	35.9	43.4
315.0	96.00	28.8	37.2	35.8	43.3
321.5	98.00	28.7	37.1	35.7	43.2
328.1	100.00	28.6	36.9	35.6	43.0

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : UYANIK, Sevilay
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 20.11.1976 İstanbul
Medeni hali : Evli
Telefon : 0 (312) 497 14 38
Faks : ----
e-mail : sevilayturan@hotmail.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Lisans	Yıldız Teknik Üniversitesi/ Elektrik Mühendisliği Bölümü	1998
Lise	Erzincan Anadolu Lisesi	1994

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
1998-2006	TEDAŞ Gen.Müd.	Mühendis

Yabancı Dil

İngilizce

Hobiler

Bilgisayar teknolojileri, Sinema