

# ENERJİ HATLARI ÜZERİNDEN MESAJ GÖNDERME SİSTEMİNİN TASARIMI VE GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

Güngör BAL<sup>1</sup>, Nihat DALDAL<sup>2</sup>

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Teknoloji Fakültesi, Gazi Üniversitesi, Beşevler, Ankara  
Elektronik Bölümü, Kızılcahamam Teknik ve EM Lisesi, Kızılcahamam, Ankara  
[gunbal@gazi.edu.tr](mailto:gunbal@gazi.edu.tr), [nihatdaldal@gmail.com](mailto:nihatdaldal@gmail.com)

(Geliş/Received: 13.03.2013; Kabul/Accepted: 27.02.2014)

## ÖZET

Bu çalışmada, enerji hatları üzerinden haberleşebilen bir mesajlaşma sistemi mikro denetleyici tabanlı olarak gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışma ile klavyeden yazılan mesajlar LCD ekranda görünmekle birlikte bu mesaj sinyalleri enerji hattı üzerinden gönderilmekte olup alıcı tarafta ise enerji hattı üzerinden alınarak LCD ekran üzerinde gözlemlenmektedir. Mesaj bilgilerinin hem vericide hem de alıcıda mesaj verileri formatına dönüştürülmesi mikro denetleyiciler vasıtasıyla yapılmaktadır. Dijital mesaj bilgilerinin dijital sinyale dönüştürülmesinde frekans kaymalı anahtarlama (FSK) tipi modülasyon kullanılmıştır. Sinyal frekansı 140kHz olarak seçilmiştir. Mesaj sinyallerinin enerji iletim hattına uygulanması için gerekli kublaj işlemi transformator ve kondansatörlerden yararlanılmıştır. Geliştirilen tasarım sonucunda ilave kablo kullanmadan mevcut enerji hattı ile veri transferi düşük maliyet ve esnek haberleşme frekansı ile bina içi haberleşme sistemlerinde kolaylıkla kullanılabilir.

**Anahtar kelimeler:** Enerji hatları üzerinden haberleşme, FSK, modülatör, demodülatör, verici ve alıcı

## DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A MESSAGE SENDING SYSTEM OVER POWER LINES

### ABSTRACT

In this study, a messaging system communicating over power lines was carried out based on microcontroller. The messages written on the keyboard are shown on the LCD (Liquid Cristal Display) and sent over the power line simultaneously. These messages received through power line are displayed on the LCD in the receiver circuit. The message data are converted into message signals with microcontrollers in both transmitter and receiver circuits. Digital data are converted into data signals with 140 kHz frequency by using Frequency Shift Keying (FSK) modulator/demodulator. The data signals are applied over the power line through a transformer and a capacitor called as a coupling circuit. In the developed power line communication (PLC) system based on microcontroller, data transfer can be provided with adjustable signal frequency by existing power line cables without using additional cables with very low cost. These futures make the PLC system attractive for the indoor communication system.

**Keywords:** Powerline communication, FSK, modulator, demodulator, transmitter, receiver

### 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Günümüzde haberleşme sistemlerinde kablolu iletişim ya da kablosuz iletişim kullanılması yanı sıra artık enerji hatları da veri haberleşmesinde kullanılmaya başlanmış, özellikle de ilave kablo çekme zorunluluğu ortadan kaldırdığı için tercih edilir duruma gelmiştir. Enerji hatları üzerinden haberleşmenin en çok

kullanıldığı alanlar; sayaç okuma, internet paylaşımı, bina içi veri haberleşmesi gösterilebilir [1-3].

Enerji hatları üzerinden haberleşmede en temel mantık şebekenin sıfır geçiş anlarında enerji hattına yüksek frekanslı sinyal uygulamaktır. Alıcı tarafta şebeke geriliminin sıfır geçiş anları kontrol edilir ve sinyalin varlığı gözlemlenirse, veri haberleşmesi

gerçekleştirilebilir. Burada genel olarak genlik kaymalı anahtarlama (ASK) modülasyonu kullanılmakta, yani dijital veri hatta verildiğinde "1" kabul edilmekte, verilmediğinde ise "0" kabul edilmektedir. Verici ve alıcı arasında bir algoritma kurularak haberleşme gerçekleştirilebilmektedir [4].

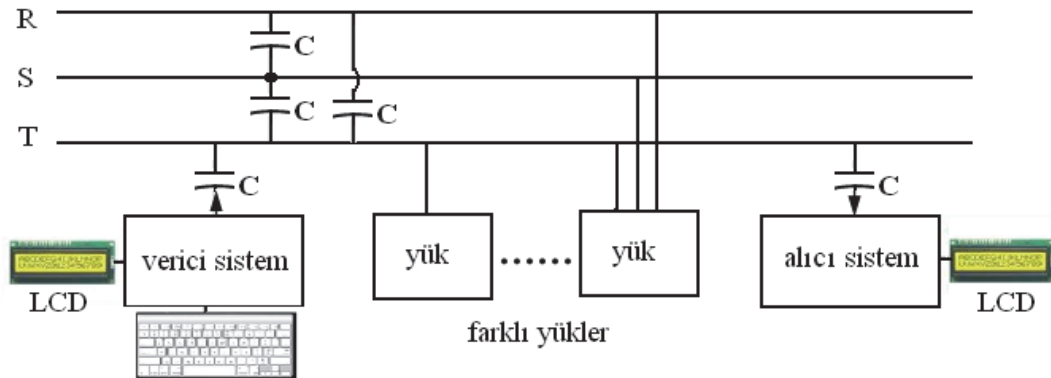
Şebeke geriliminin sıfır geçişlerine bağımlı olarak veri iletişimi gerçekleştirildiği zaman sadece 1 bitlik veri gönderimi için 10ms gibi bir süre geçeceğinden haberleşme hızı düşük olmaktadır. Ayrıca bu tür haberleşmenin tek faz üzerinde gerçekleştirilebilmesi önemli bir dezavantajdır. Artık günümüzde evlerde bile üç-faz şebeke bulunmakta ve her fazın sıfır geçiş anlarının birbirinden farklı zamanlarda olmaktadır [5]. Başka bir ifadeyle, sıfır geçişi takip edilerek yapılan haberleşme farklı fazlarda yapılamamaktadır. Bu sebeplerden dolayı haberleşmenin her üç fazda da gerçekleştirilmesi tercih edilir duruma gelmiştir[6].

Bu çalışmada, FSK modülasyonu kullanılarak bir verici ve alıcı sistem gerçekleştirilmiş ve sistemler enerji hattı üzerinden haberleştirilerek verici sistemde bulunan klavyeden yazılan mesajlar alıcı sistemde LCD ekrandan görüntülenmiştir. Verici sistem giriş kattaki daire içindeki bir odadan, alıcı sistem ise 5. kattaki daireden herhangi bir prize takılmış ve sistem denemesi başarılı bir şekilde gerçekleştirilmiştir.

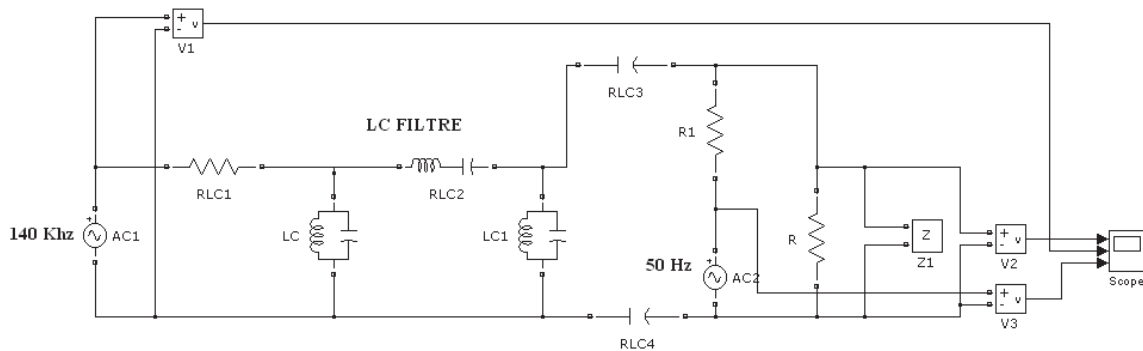
## 2. SİSTEM MODELLEMESİ (SYSTEM MODELLING)

Bu çalışmada tasarlanan ve gerçekleştirilen sistemin blok şeması Şekil 1'de gösterilmiştir. Verici sistemde klavyeden yazılan mesaj bilgisi mikrodenetleyici ile algılanıp sayısal bitlere ayrılmakta ve her bite karşılık gelen bilgi seri olarak FSK modülatöre uygulanmaktadır. Modülatör tarafından dijital "1" bilgisi için 140kHz, dijital "0" için 120kHz frekanslı sinyallere dönüştürülmekte ve sürücü ve kublaj transformatörü üzerinden şönt kondansatörler ile her üç faza uygulanmaktadır. Alıcı sistem şönt kondansatör üzerinden gelen yüksek frekanslı bilgileri filtreden geçirerek yükseltmekte ve FSK demodülatör ile dijital bilgiye çevrilen sinyaller mikrodenetleyici ile seri olarak okunarak LCD ekrana karakterler biçiminde gönderilmektedir. Hatta fazlar arasının kondansatörler ile şöntlenmesi ile her fazda yüksek frekanslı bilginin iletilmesi mümkün olmaktadır [7].

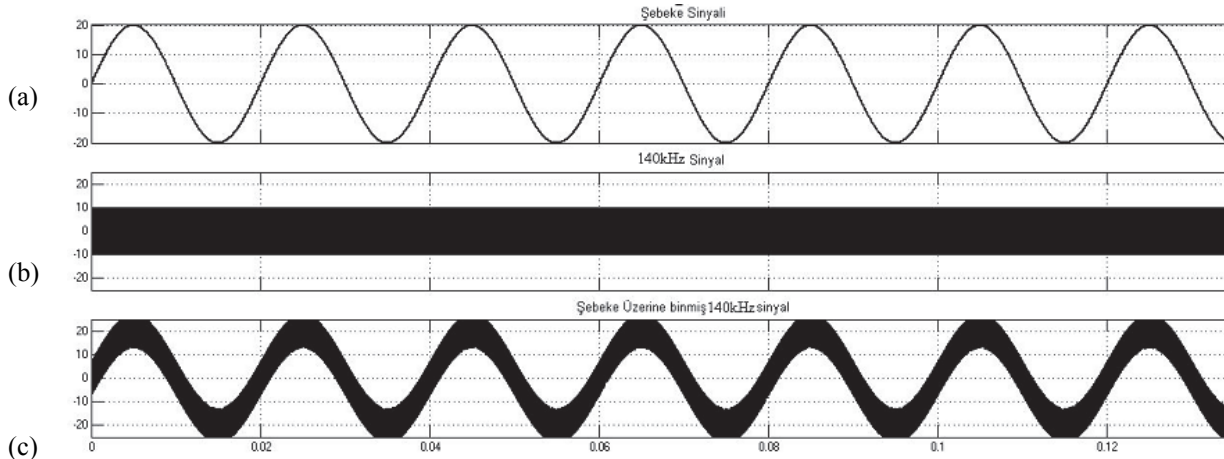
Yüksek frekanslı bir sinyalin 50Hz şebeke frekansı üzerine bindirilmesi ve sonuçların analiz edilmesi için Matlab Simulink'te öncelikle modelleme yapılmıştır. Şekil 2'de gösterildiği gibi Matlab Simulink kullanılarak yapılan modellemelerden elde edilen sinyaller Şekil 3'de verilmiştir. Yüksek frekanslı haberleşme sinyali yüksek geçiren RLC filtre üzerinden şebekeye uygulanmıştır.



Şekil 1. Sistemin blok şeması (System block diagram)



Şekil 2. Farklı frekanstaki sinyal kaynaklarının modülasyonunun Simulink'te modellenmesi (Simulink modelling of different frequency signal source modulations)



**Şekil 3.** (a) Şebeke gerilim sinyali (Powerline signal), (b) yüksek frekanslı haberleşme sinyali (high frequency communication signal), (c) haberleşme sinyali bindirilmiş şebeke gerilimi (Powerline signal with the communication signal)

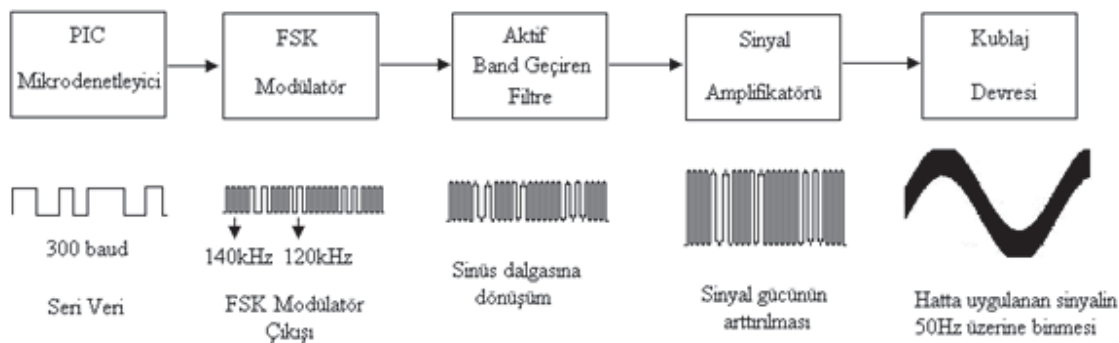
Şekil 3'den görüldüğü gibi yüksek frekanslı sinyal şebeke sinyali üzerine bindirilmektedir. Sinyal alıcı tarafında ise hat sinyali bir kublaj devresi üzerinden alınmakta ve band geçiren filtreden geçirilerek haberleşme sinyali elde edilmektedir. Sinyal gönderme ve alma işlemi bir dijital haberleşme mantığına uyarlandığında, enerji hattı üzerinden haberleşme işlemi gerçekleştirilmiş olmaktadır. Yüksek frekanslı sinyal iletiminin dijital haberleşmeye uyarlanması, hızlı ve güvenli olmasından dolayı FSK modülasyonu ile en uygun şekilde gerçekleştirilmektedir [8].

### 3. VERİCİ DEVRESİ (TRANSMITTER CIRCUIT)

Şekil 4'de gösterildiği gibi tasarlanan verici devresinde, PIC16F628 mikro denetleyicisi ile seri haberleşme olarak gönderilen veri FSK modülatöre

uygulanmakta, FSK modülatör "1" dijital verisine karşılık gelen bilgiye karşılık 140 kHz üretirken "0" dijital verisine karşılık gelen bilgiye karşılık 120kHz üretmektedir. FSK modülatör çıkışında üretilen sinyal band geçiren filtreden geçirildikten sonra amplifikatör devresi ile yükseltilmekte ve transformatör kublajı üzerinden enerji hattına uygulanmaktadır. Hatta uygulanan modüleli sinyal genliği Şekil 7 ve Şekil 8'de görüldüğü gibi tepeden tepeye yaklaşık 11V sinüs sinyalidir.

Haberleşme sisteminin üç-fazlı şebekenin her bir fazında çalışabilmesi için her an veri gönderimi yapılmasının yanı sıra fazlar arasında yüksek frekanslı sinyalin geçebilmesi, şebeke sinyaline ise yüksek reaktans göstermesi amacıyla kondansatörler fazlar arasına Şekil 1'de görüldüğü gibi paralel olarak bağlanmıştır. Bunun için 100nF, 400V iki kondansatör seri bağlanarak 800V' a kadar gerilimlere çalışabilmesi sağlanmıştır [9].



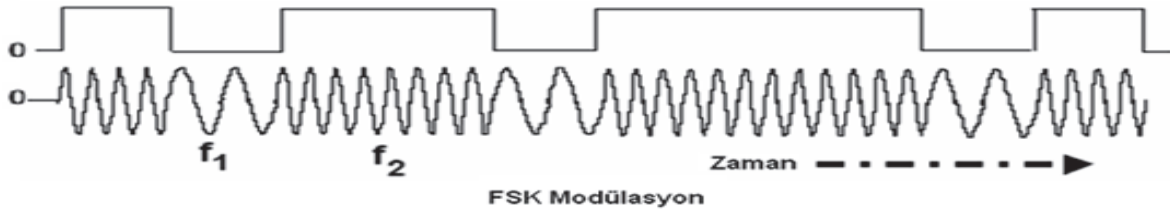
**Şekil 4.** Tasarlanan verici devre blok şeması (The designed circuit block diagram of the transmitter)

### 3.1. FSK tipi modülator tasarımı (Design of Frequency Shift Keying Type Modulator)

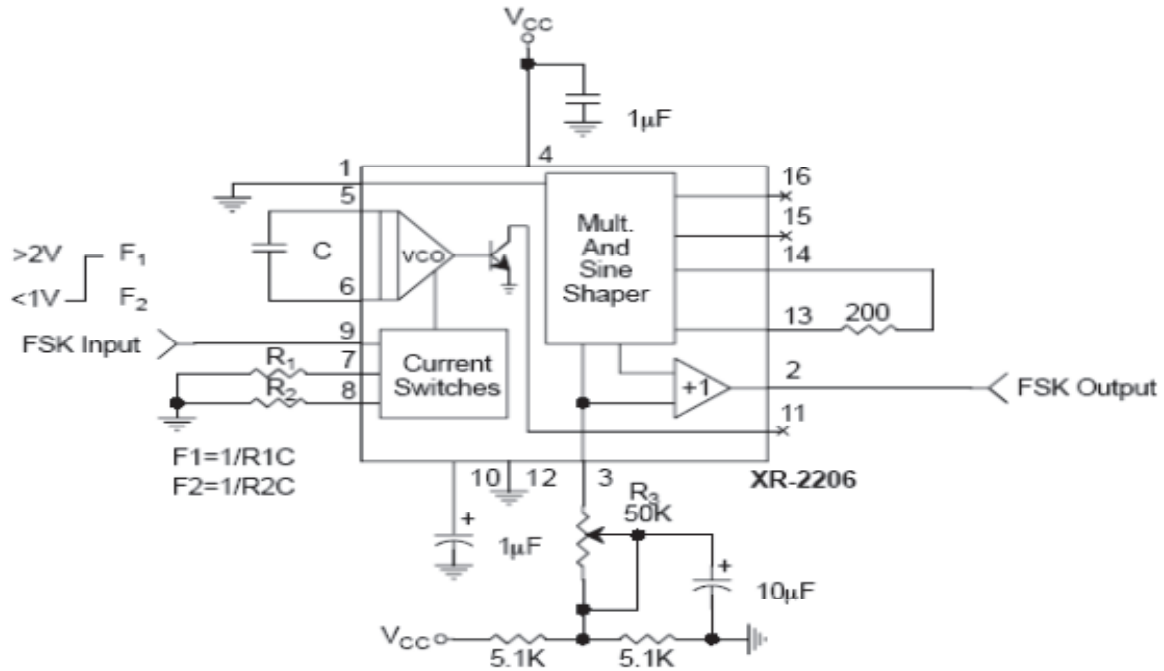
Bir fonksiyon jeneratörü entegre devresi şeklinde olan XR-2206, kaliteli sinüs üretebilen, kare, üçgen, doğrulukta üretebilen modülatördür. Çalışma frekansı 0.01Hz ile 1MHz arasındadır. Bu çalışmada FSK sinyalini üretmek amacıyla XR-2206 modülatorü kullanılmıştır. Frekans kaydırmalı anahtarlama, taşıyıcı sinyalin frekansı gönderilecek bilgi işaretine bağlı olarak değiştirilir. 1 biti için belirli bir F1 frekanslı sinyal, 0 biti için

yine belirli bir F2 frekanslı sinyal gönderilir [10]. Bu durumda taşıyıcı sinyalin genliği sabittir, değiştirilmez. Modülasyonlu işaret;

Mikro denetleyici için hazırlanan yazılımda sadece seri veri sinyali gönderilmekte ve alıcı tarafta da seri veri sinyali beklenmektedir. Burada haberleşme hızının düşük seçilmesinin sebebi veri kaybının olmasını önlemektir. Şekil 7 ve 8'de sırasıyla "1" ve "0" dijital verilerine karşılık gelen modülator çıkış sinyalleri gösterilmiştir.



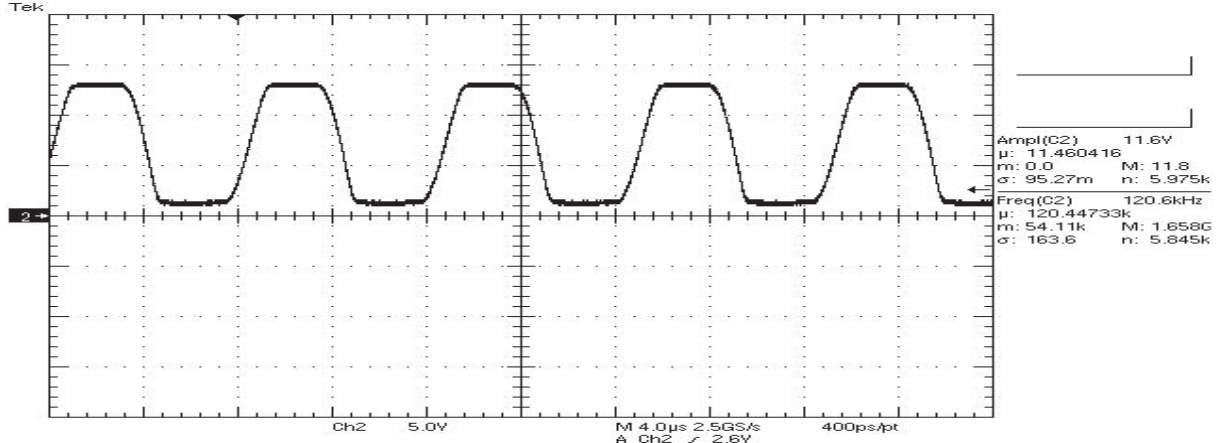
Şekil 5. Dijital veriye karşılık gelen FSK sinyali (FSK signal corresponding to the digital data)



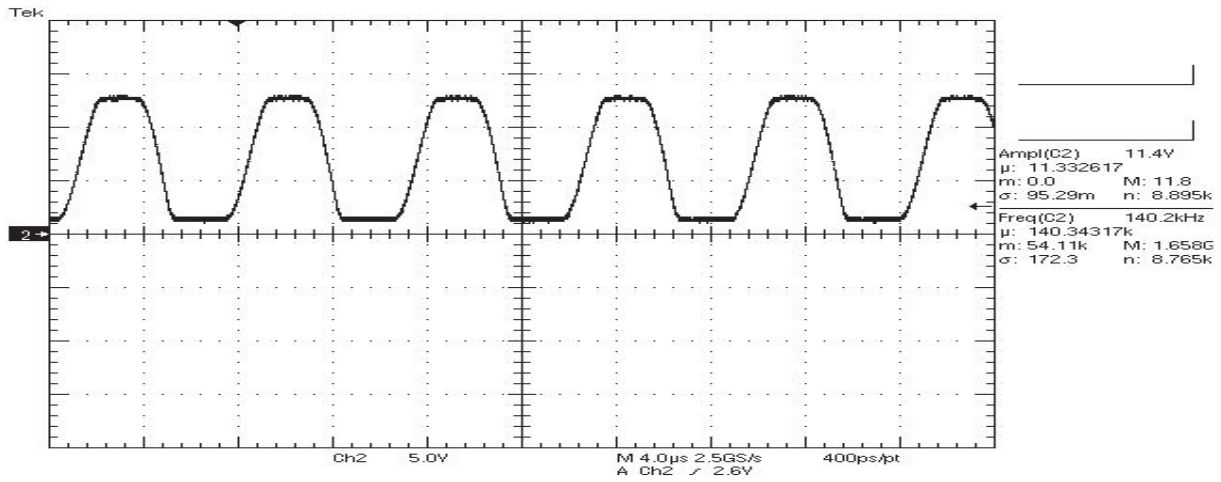
Şekil 6. FSK modülator devresi (FSK modulator circuit)

Çizelge 1. Modülator devresi parametreleri (Modulator circuit parameter)

$f_1 = \frac{1}{R_1 \cdot C_0} = 140 \text{kHz}$	$R_1 = \frac{10^{12}}{140000 \cdot 685} = 10.5 \text{K}\Omega$
$f_2 = \frac{1}{R_2 \cdot C_0} = 120 \text{kHz}$	$R_2 = \frac{10^{12}}{120000 \cdot 680} = 12.25 \text{K}\Omega$



Şekil 7. "1" dijital verisi için modülatör çıkış sinyali (modulator output signal to digital "1" data)



Şekil 8. "0" dijital verisi için modülatör çıkış sinyal (modulator output signal to digital "0" data)

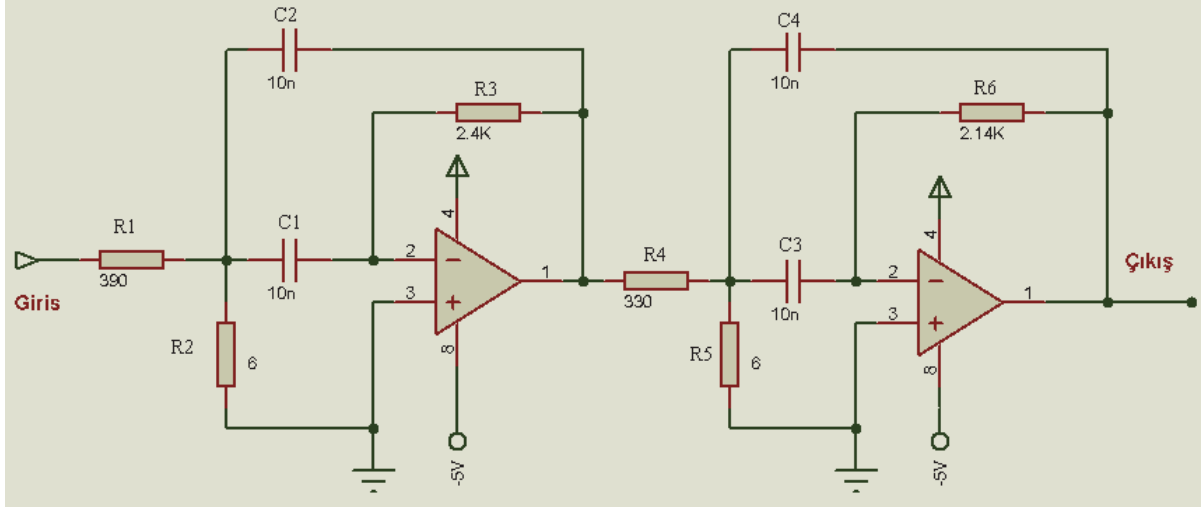
Çizelge 2. Filtre özellikleri ve parametreleri (Filter circuit parameters)

Merkez Frekans $f_0=130\text{kHz}$	Bant Genişliği $BW=20\text{kHz}$	Kazanç $A_m = 5$	Kalite Faktörü $Q=10$
$C_1, \dots, C_7 = 10\text{nF}$	$R_1 = \frac{R_2}{2A_m} = 227\Omega$	$R_2 = \frac{Q}{\pi F_m C} = 2.27\text{K}\Omega$	$R_3 = \frac{-A_m R_1}{2Q^2 + A_m} = 5,5\Omega$

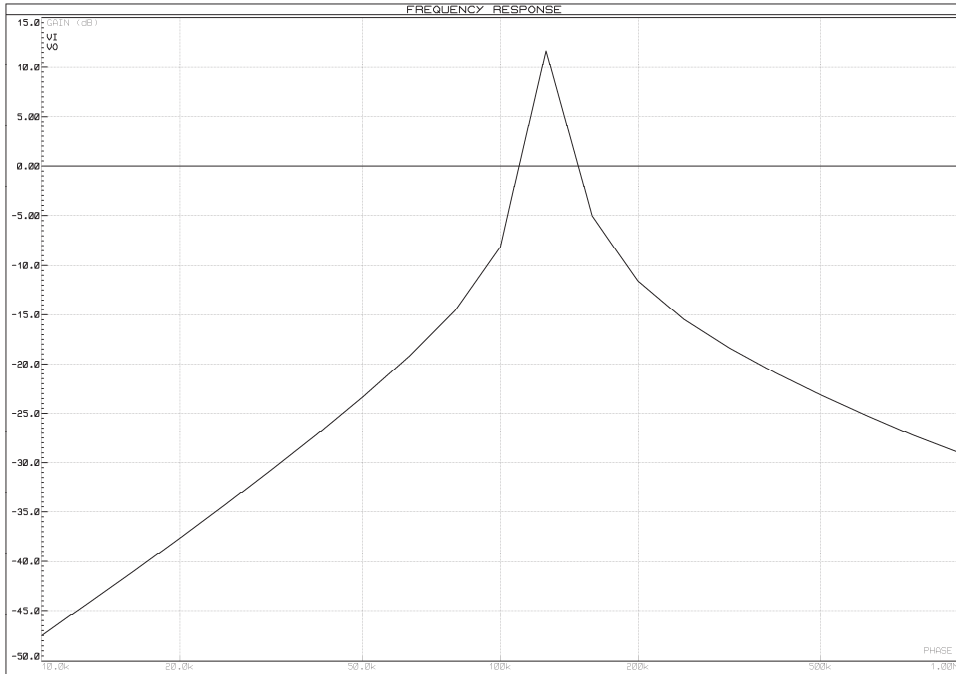
### 3.2. Aktif Band Geçiren Filtre Tasarımı (Design of active band pass filter)

Haberleşmede FSK modülasyonu tercih edildiğinden "0" sinyali için 120kHz, "1" sinyali için ise 140kHz kullanılması uygun olacaktır. Bu tercihlere göre, merkez frekansı 130kHz olan bir aktif filtre tasarımının gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Çizelge 2'de filtre özellikleri ve hesaplanan parametreleri verilmiştir. Şekil 9'da tasarlanan bant geçiren aktif filtrenin devresi gösterilmiştir. Burada filtrenin kalite

faktörünün ( $Q=10$ ) yüksek seçilmesi filtrenin 3dB zayıflatma noktasından sonraki sinyalleri daha güçlü şekilde bastırmasını sağlar. Şekil 10'da ise tasarlanan filtreye ait simülasyon olarak bode diyagramı çizdirilmiştir. Eleman değerlerinin yuvarlanması sonucu bode diyagramında merkez frekansı azda olsa kaymıştır. Filtre alt kesim frekansı 110kHz üst kesim frekansı ise 150kHz dir [11].



**Şekil 9.** Merkez frekansı 130kHz olan bant geçiren aktif filtre devresi (Band-pass active filter circuit with central frequency of 130 kHz)

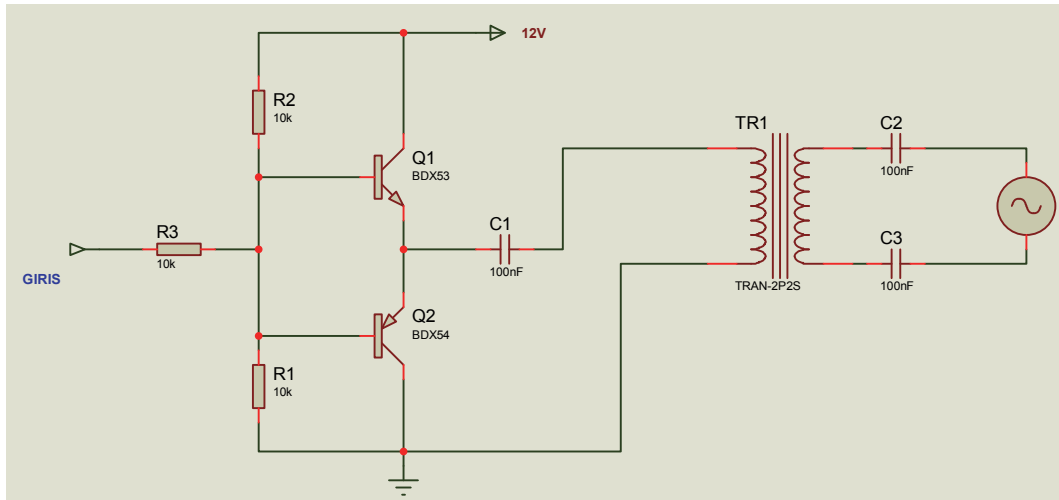


**Şekil 10.** Filtreye ait bode diyagramı (Filter bode diagram)

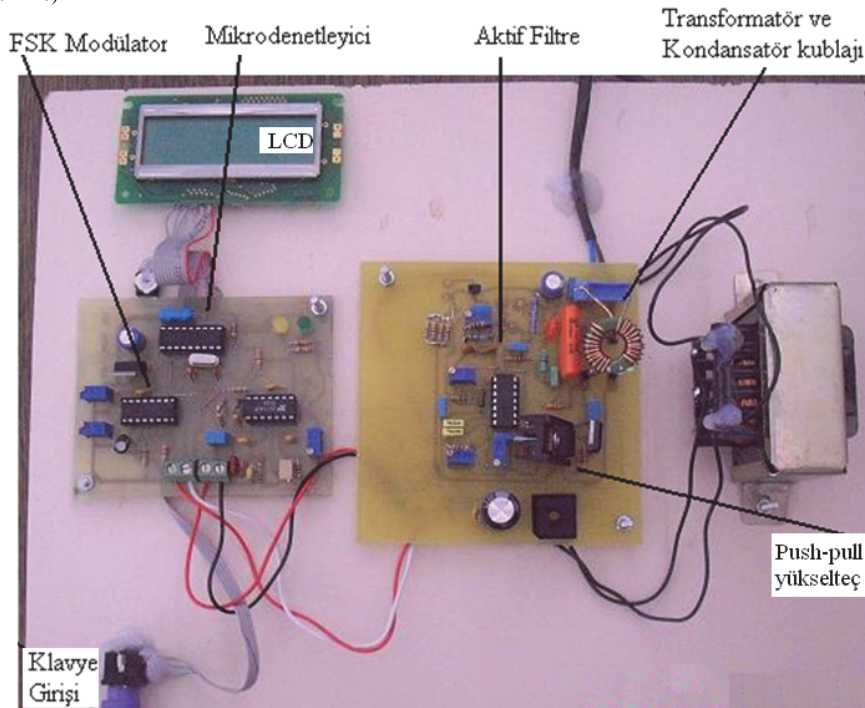
### 3.3. Enerji hattına mesaj sinyalinin uygulaması (Application of message signal over power line)

Şekil 11'de FSK tarafından üretilen mesaj sinyali; band geçiren filtreden geçirildikten sonra Push-Pull yükseltici ile genliği ve akımı yükseltilmekte, transformatör üzerinden geçirildikten sonra ise seri kondansatör ile enerji hattına uygulanmaktadır. Kondansatör ile kublaj yapmanın nedeni kondansatörün yüksek frekanslı mesaj sinyaline karşı

düşük reaktans, 50Hz gibi düşük frekanslı şebekeye karşı yüksek reaktans özelliğine sahip olmasıdır. Bu özellikten dolayı yüksek frekanslı FSK sinyali hatta kolaylıkla uygulanabilmekte, ancak 50Hz gibi düşük frekanslı ve yüksek genlikli şebeke geriliminden dolayı verici devreye doğru devrenin işlevini olumsuz etkileyecek bir akım geçişine izin vermemektedir. Tasarımı hakkında bilgi verilen verici devresinin bir fotoğrafı Şekil 12'de verilmiştir.



**Şekil 11.** Sinyalin yükseltilmesi ve kublaj devresi ile hatta bindirilmesi (Amplification and coupling circuit for the signal to transfer on the power line)



**Şekil 12.** Tasarlanan verici sistem (Designed transmitter system)

#### 4. ALICI DEVRESİ (RECEIVER CIRCUIT)

Alıcı sistem ile verici sistem çok benzerdir. Ancak uygulamada alıcı sistem için klavye kullanılmamıştır. Sistemde kullanılan 16F628 mikro denetleyiciye ait program CCS C dilinde yazılarak uygulama gerçekleştirilmiştir. Enerji hattından yapılan haberleşme uygulamasında sisteme bir LCD ve bir klavye eklenerek klavyeden girilen karakterler LCD de gözlemlenmekte ve aynı zamanda enerji hattı üzerinden alıcı sisteme de gönderilmekte, gönderilen karakterler alıcı sistemde aynen gözlemlenmektedir. Böylelikle enerji hatları üzerinden mesajlaşma uygulaması yapılabilmektedir.

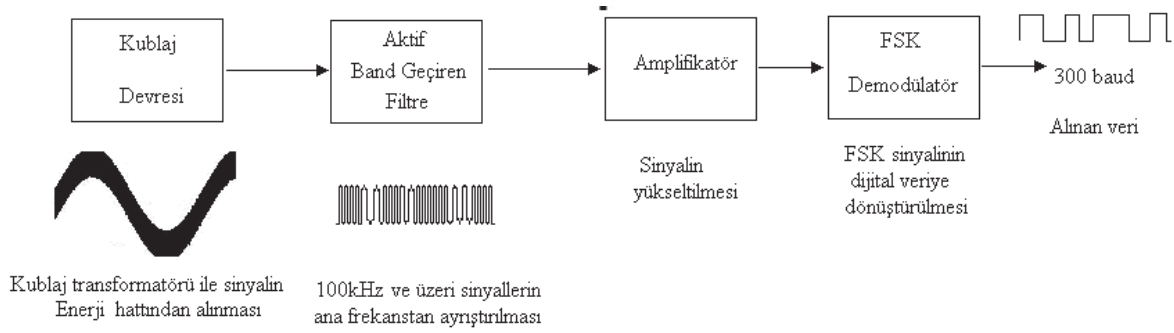
Şekil 13'teki alıcı sisteminde de görüldüğü gibi kublaj transformatorü üzerinden alınan sinyal aktif band geçiren filtreden geçirildikten sonra kazancı yükseltmekte ve FSK demodülatöre uygulanmakta, daha sonra FSK demodülatör tarafından dijitale çevrilmekte ve elde edilen seri veri demodülatör çıkışından alınarak mikro denetleyici girişine uygulanmaktadır. Haberleşme sisteminin üç farklı şebekenin her bir fazında çalışabilmesi için her an veri gönderimi yapılmasının yanı sıra fazlar arasında yüksek frekanslı sinyalin geçebilmesi, şebeke sinyaline ise yüksek reaktans göstermesi amacıyla kondansatörler fazlar arasına Şekil 1'de görüldüğü gibi paralel olarak bağlanmıştır.

#### 4.1. FSK tipi demodülör tasarımı (Design of frequency shift keying type demodulator)

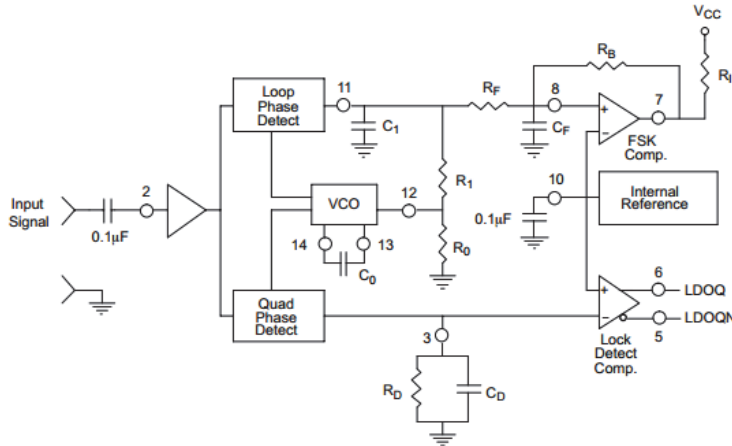
Şekil 14'te gösterilen demodülör devresinde kullanılan XR2211 demodülör entegresi içerisinde faz kilitlemeli döngü (PLL) bulundurulur ve veri haberleşmesi uygulamalarında kullanılır. Özellikle de FSK modem uygulamalarında tercih edilmektedir. 4.5V-20V arasında geniş bir çalışma gerilimi aralığı vardır. Çalışma frekansı aralığı ise 0.01Hz ile 300kHz arasındadır. FSK kod çözümünde  $R_0$  ve  $C_0$  PLL orta frekansını belirler. Sistemin band genişliğini  $R_1$  belirler. Döngü filtresinin zaman sabitini ve döngü sönümünü  $C_1$  belirler.  $C_F$  ve  $R_F$ , FSK veri çıkışı için tek

kutuplu demodülasyon sonrası filtreyi oluştururlar.  $R_B$  direnci, FSK karşılaştırıcı üzerine ön gerilim uygular [12]. Çizelge 3'te demodülör devresi özellikleri ve hesaplanan parametreleri gösterilmiştir.

Alıcı sisteme ait uygulama devresi Şekil 15'te görülmektedir. Alıcı ve verici devresinde FSK modülör ve demodülör devreleri tek kart üzerine 2 adet yapıp verici sistemde modülör kısmı, alıcı sistemde ise demodülör kısmı aktif edilmiştir. Şekil 16'de 5m mesafe sonunda alıcı devrenin kublaj transformatörü çıkışından ölçülen sinyal görülmektedir. Görüldüğü gibi sinyal genliği 9,4V'a düşmüştür.



Şekil 13. Alıcı devresi blok şeması (The block diagram of the receiver circuit)

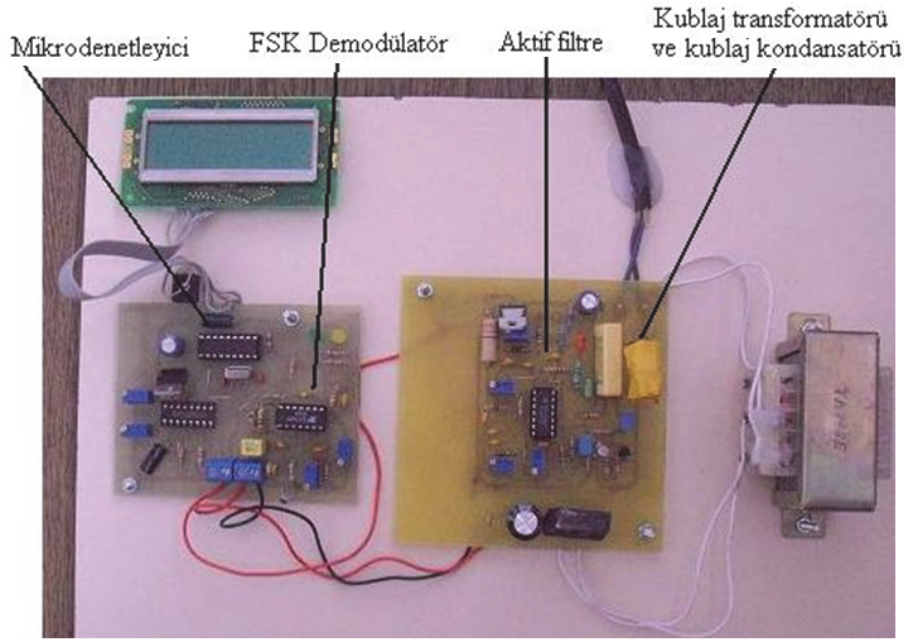


Şekil 14. FSK demodülör devresi (FSK demodulator circuit)

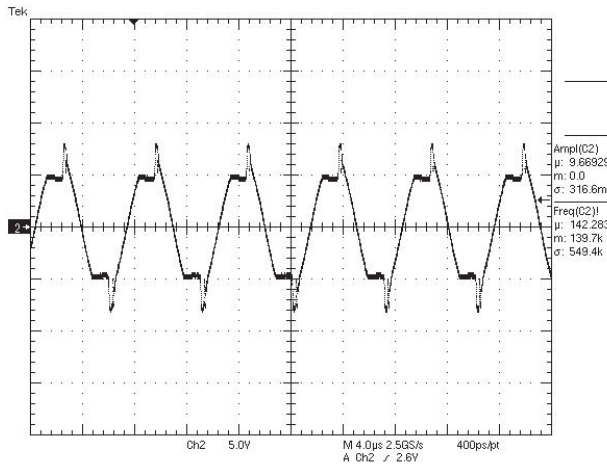
Çizelge 3. Demodülör devresi parametreleri (Demodulator circuit parameters)

$f_0 = \frac{f_1+f_2}{2} = 130\text{kHz}$	$\zeta = 0.5$	Baud rate=300
$R_t = R_0 + \frac{R_x}{2} = 12.5\text{K}$	$R_f = 5R_1 = 406\text{K}\Omega$	$R_1 = \frac{R_t f_0}{f_1 - f_2} 2 = 81.2\text{K}\Omega$
$R_b = 5R_f = 2\text{M}\Omega$	$R_{sum} = \frac{(R_f + R_1)R_b}{(R_1 + R_f + R_b)} = 391\text{K}\Omega$	$C_f = \frac{0.25}{(R_{sum} \cdot \text{Baudrate})} = 2\mu\text{F}$
$C_0 = \frac{1}{R_t f_0} = 615\text{pf}$	$C_1 = \frac{1250C_0}{R_1 \zeta^2} = 38\text{pF}$	



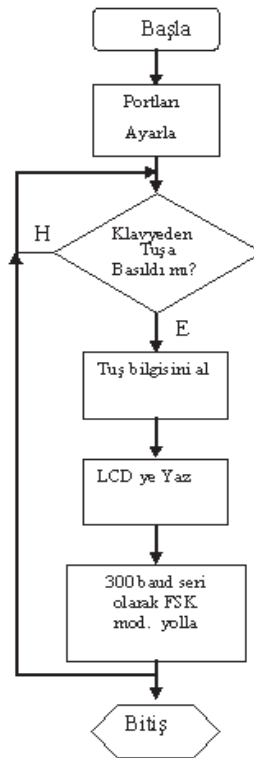


Şekil 15. Tasarlanan alıcı sistem (Designed receiver system)

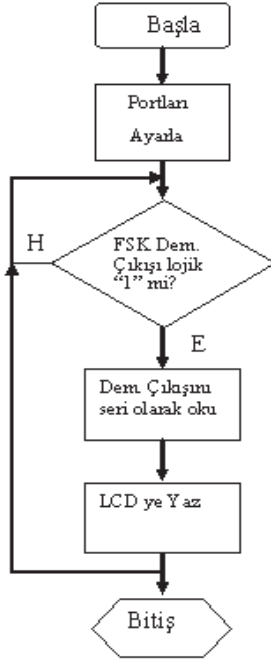


Şekil 16. Alıcı devrede ölçülen "dijital 0" bilgisine ait sinyal (The measured "digital 0" signal in the receiver circuit)

Şekil 17 ve Şekil 18' de Verici sistemde ve alıcı sistemde mikrodenetleyicilere yazılan programlara ait basit akış diyagramları görülmektedir. Bu diyagramlardan anlaşılacağı üzere iki mikrodenetleyici temel olarak aralarında 300 baud hızında haberleşme yapmaktadır. Bu dijital haberleşme sinyalinin yüksek frekanslı sinüs sinyaline çevrilmesi ve tekrar çözülüp dijital sinyale çevrilmesi tamamen FSK modülatör ve demodülatör ile gerçekleştirilmektedir. Verici devresinde klavyeden alınan tuş bilgisine karşılık gelen 1 bytelik veri 300 baud hızında mikrodenetleyici ile gönderilmektedir. Alıcı devresinde ise mikrodenetleyici demodülatör çıkışından 300 baud dijital veri okumaktadır.



Şekil 17. Verici sistem mikrodenetleyici programı akış diyagramı (Transmitter system microcontroller program flow chart)



**Şekil 18.** Alıcı sistem mikrodenetleyici programı akış diyagramı (Receiver system microcontroller program flow chart)

## 5. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Enerji hatları üzerinden yazılı mesaj gönderme işlemi 5 katlı bir bina içerisinde en üst ve en alttaki daireler arasında başarılı bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Burada alıcı sistemde kullanılan filtre devresinin kazancının yüksek olması mesafeyi arttırmaktadır. Yapılan sistem bir ürün içerisinde gömülü olmayıp (yeni nesil enerji hatlarından haberleşen modemleri gibi), tamamen kendine özgüdür. Her türlü veri gönderim ve alımında kullanılabilir. Hazır bir powerline entegre yapı olmadığı için yazılım geliştirilmesi ve denetim ile her türlü gelişime açıktır. Maliyeti, mevcut powerline entegreleri kullanılan sistemlere göre çok düşüktür. Tasarlanan sistemde dijital veriler paketler halinde gönderilebildiğinden veri sınırı yoktur ve her türlü uygulamaya adapte edilebilir. Sistemin haberleşmesi enerji hattındaki gerilim veya frekansa bağımlı olmadığından DA hatlarında da (güneş panelleri ile haberleşme) kullanılabilir. Sistem çeşitli hatlarda ve mesafelerde denenmiştir. Deneme ortamları;

- i) 15 daireli 5 katlı bir apartmanda akşam saat 21:00 sıralarında denenmiş ve en üst kat ile giriş kat arasında haberleşme sağlanmıştır.
- ii) Bir Endüstri Meslek Lisesi ortamında atölyeler arasında 150m mesafede test edilmiş ve veri iletimi başarıyla gerçekleştirilmiştir.

Bu sistem uygulamada tek yönlü mesaj gönderme olarak gerçekleştirilmiştir. Sonraki çalışmalarda çift yönlü mesaj gönderme ve alma şeklinde de geliştirilebilir.

## KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. G. K. Papagiannis, T. A. Papadopoulos, "A PLCBased Energy Consumption Management System. Power Line Performance Analysis: Field Tests and Simulation Results", *Power Tech, 2005 IEEE Russia*, 1-7, 2005.
2. Aslan G., "Enerji hatları haberleşmeciliği ve modellemesi", Yüksek lisans, Gazi Üniversitesi **Fen bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 2007
3. Richard N., vd., "HomePlug AV Security Mechanisms", *ISPLC '07*, pp.366-371, 2007.
4. Bal G., Daldal N., Öztürk N., "Implementation of a Call System with Power Line Communication" **3<sup>rd</sup> Ieee International Conference Baku**, 14-16 October 2009
5. Microchip Technology Inc., "X10 Home automation using the PIC16F877A" **AN-236**, DS00236B, 1-26, 2010
6. National Semiconductor Application Note 919, "Designing Systems with the IC/SS Power Line Carrier Chipset", Literature Number: **SNOA314**, 1-21, January 1994.
7. Bal G., Daldal N., "Design and Implementation of Microcontroller Based Temperature Measurement and Control System Using Power line Communication", **4<sup>th</sup> Ieee International Conference on Power Engineering, Energy and Electrical Drivers, Powereng-2013**, İstanbul
8. Chandra A, "Performance of BFSK over a PLC channel corrupted with background Nakagami noise", **IEEE International Conference on Communication Systems (ICCS)**, 730-734, 2010
9. J. G. Proakis and M. Salehi, "Communication Systems Engineering", **Prentice-Hall**, 1994
10. EXAR analog plus company, Rev 1.0.3, "XR-2206 monolithic function generator", pdf document, June-1997-3
11. G.Hill, Thomas Kugelstadt, "Active Filter Design Techniques", **Texas Instrumens Company**, Vol. 16-25,.
12. EXAR analog plus company, Rev 1.0.3, "XR-2211 FSK Demodulator", pdf document, June-1997-3