BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
BİTİRME PROJESİ RAPORU

MİKRODENETLEYİCİ TABANLI ŞEHİR ŞEBEKESİ FREKANS İZLEYİCİ TASARIMI

ELİF ASLI YILDIZ
20594844

Bölümü: ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ
Proje Danışmanı: Yrd.Doc.Dr HAMİT ERDEM
Ders Kodu ve Adı: EEM 491 BİTİRME PROJESİ
Proje Başlangıcı: 2009-2010 Güz Proje Süresi (Yarıyıl): 2
Rapor Sunumu: 2009-2010 Güz

Bu Rapor, / / 200_ tarihinde aşağıda üye adları yazılı jüri tarafından kabul edilmiştir.

Unvan	Adı Soyadı	İmza
Yrd. Doç. Dr.	Hamit ERDEM	
Doç. Dr.	İsmail AVCIBAŞ	

TEŞEKKÜR

Proje raporumuzun bu son halinin oluşturulmasında bize her türlü yardımı eden, bizden desteğini hiç esirgemeyen ve bize çok emeği geçen proje danışmanımız Sayın Yrd. Doç. Dr. Hamit ERDEM hocamıza sonsuz teşekkür ve saygılarımızı sunarız.

Tüm sunumlarımızda bizi dinleyen, bize yol gösteren ve hazırlanan bu raporu özveriyle okuyacak, bize oldukça faydalı tavsiyelerde bulunacak olan Sayın Doç. Dr. İsmail AVCIBAŞ hocamıza sonsuz teşekkür ve saygılarımızı sunarız.

ÖZ

Bu projenin amacı, şehir şebekesi frekansının izlenmesi ve görüntülenmesidir. Proje kapsamında şehir şebekesi frekansı, frekans değişimleri ve nedenlerinin araştırılması, bu araştırmalar sonucunda da şehir şebekesindeki frekansın izlenebilmesi için mikrodenetleyici tabanlı taşınabilir bir devre tasarlanması bulunmaktadır.

Proje mikrodenetleyici tabanlı olduğu için, proje kapsamında hem donanım hem de yazılım kullanılmaktadır. Proje de mikrodenetleyici olarak MicroChip firması tarafından üretilen DsPIC30F4013 seçilmiştir. DsPIC'i programlarken MicroC derleyicisi kullanılmıştır.

Projenin donanımsal kısımlarından biri olarak, Mikroelektronika firması tarafından üretilen DsPIC uygulama geliştirme kartı kullanılmıştır. Ayrıca şebekeden alınan AC gerilimin mikrodenetleyici tabanlı devreye uygulanması için akım ve gerilim uygunlaştırma arayüz devresi tasarlanmış ve baskı devresi oluşturulmuştur.

ABSTRACT

This project's aim is to track and display the city power network frequency. This project's scope requires to investigate the deviation in the city network frequency and reasons the deviations. Also at the end of the investigates, project requires the microcontroller based circuit to track the frequency.

Since the project is based on microcontroller circuit, it needs either software or hardware stuff to complete the project. DsPIC30F4013 is selected as a microcontroller which is produced by the MicroChip company. And MicroC Pro for DsPIC is used to program the microcontroller.

The DsPIC development application card is used as one of the hardware part of the project. An interface circuit is also used to ensure appropriate voltage and current to the microcontroller based circuit.

İÇİNDEKİLER

SAYFA

ÖZ.....III
ABSTRACT.....IV
İÇİNDEKİLER.....V
ŞEKİLLER DİZİNİ.....VII
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....VIII

1. GİRİŞ.....1
1.1 Proje Akış Diyagramı.....2
1.2 Frekans Nedir.....2
1.3 Şehir Şebekesinde Frekans.....2
1.4 Şehir Şebekesinde Frekans Değişimi.....3
1.5 Şehir Şebekesinde Frekans İzleme.....3
1.6 Frekans İzleme Sebepleri.....4
1.6.1 Harmonikler.....4
1.6.2 Kompanzasyon Kapasitörleri.....14
1.6.3 Elektrikli Alıcıların Verimli Çalışabilmesi.....15

2.YÖNTEMLER
2.1 Şehir Şebekesinde Frekans İzleme Yöntemleri.....16
2.2 Frekans İzleme Yöntemlerini Seçme.....16
2.3 En Başarılı Yöntemler.....16
2.3.1 Gürültü ve Harmoniklere Karşı Duyarsız Yöntem.....17
2.3.1.1 Zero-Crossing(Sıfır Geçiş) Yöntemi.....17
2.3.2 Gürültü ve Harmoniğe Karşı Duyarlı Yöntemler.....25

3. UYGULAMA
3.1 DsPIC Nedir.....26
3.2 DsPIC 30F Serisi 4013 Özellikleri.....26
3.3 ADC Nedir?.....27
3.4 DsPIC 30F4013 ADC'sinin Genel Özellikler.....28
3.5 ADC Örnekleme Frekansı ve Çevrim Süresi Hesapları.....28
3.6 ADC Çevrimi Algoritmasi.....29
3.7 ADC Ünitesi Üzerinde Yapılan İşlemler.....30
3.8 DsPIC Uygulama Geliştirme Kartı ve Özellikleri.....32
3.9 Gerilim Uygunlaştırma Devresi.....33

4. SONUÇ
4.1 Birinci Yarı Yıl Gerçekleştirilen Hedefler.....34
4.2 İkinci Yarı Yıl Hedefleri.....34

5. KAYNAKLAR
5.1 Yararlanılan Makaleler.....35
5.2 Yararlanılan İnternet Adresleri.....37

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil No	Açıklama	Sayfa No
1	Projede Akış Blok Diagramı	2
2	Harmonikli Dalga Şekli	5
3	Doğrusal Yüklerde Akım-Gerilim İlişkisi	7
4	Kompanzasyon Kapasitörlerinde Güç İlişkisi	14
5	Kesintisiz Güç Kaynağı Çıkış Gerilim Örneği	15
6	Zero Crossing(Sıfır Geçiş Noktası) Gösterimi	17
7	Sıfır Geçiş Algılama Devresi Blok Diagramı	18
8	Zero-Crossing Dedector'un PROTEUS Uygulaması	18
9	Dedector'un Osiloskop Çıktısı	19
10	Kare Dalgada Frekans Hesaplama Gösterimi	20
11	Zero-Crossing Algoritması ile Frekans Hesabı PROTEUS Uygulaması	21
12	Bir DsPIC Görünümü	26
13	DsPIC30F4013 Genel Görünüm	27
14	DsPIC Uygulama Geliştirme Kartı	32
15	Gerilim Uygunlaştırma Devresi	33

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simge / Kısaltma	Açıklama
UCTE	Union for the Co-ordination of Electricity Transmission
TEİAŞ	Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi
HVDC	Doğru Akım İle Enerji Nakli
KGK	Kesintisiz Güç Kaynakları
LMS	Least Mean Square
LCD	Liquid Crystal Display
DsPIC	Digital Signal Controller
ADC	Analog to Digital Converter
MAC	Multiply - Accumulate

1. GİRİŞ

Günümüzde kullandığımız elektrikli cihazlarda yükler eskiye oranla güç kalitesine daha duyarlıdır. Birçok yeni yük birimi mikroişlemci kontrollü güç elektroniği elemanları içermekte ve bu elemanlar güç bozukluğu türlerinden daha çok etkilenmektedir. Bu yüzden kullanılan AC gerilimin frekansı belli sınırlar içerisinde sabit kalmalıdır.

Bir güç sisteminin frekansı, aktif güç dengesine bağlıdır. Frekans sistemin her noktasında etkili ve bilinen bir faktör olduğundan, bir noktada olabilecek aktif güç talep değişimi, frekansta değişikliğe yol açacak ve bu değişim, büyüklüğüne göre sistemin baksa noktalarında da hissedilecektir. Enterkonnekte sistemlerde frekansı denetlemek için aktif gücün yani santralin ürettiği gücün kontrolü gereklidir. Bunu tüm sistem üzerinde yapabilmek gerekir. Yapılan kontrol öylesine güçlü olmalıdır ki, başka faktörlerden etkilenmemelidir. Daha açık bir ifadeyle sistemde yapılan müdahale büyük ve etkili olmalıdır. Böylece tüm sistemi etkileyebilecektir. Bunu büyük güçlü santraller aracılığıyla yapmak daha kolaydır. Küçük bir santralde yapılan (örneğin birkaç MW) güç artısı frekansta çok az hissedilirken, birkaç yüz MW'lık ünitelerden oluşan bir santraldeki değişimlerin etkisi daha geniş ve şiddetli olabilmektedir.

Elektrik enerjisini üreten, ileten ve dağıtan kuruluşların görevi bize kaliteli bir enerji sağlamaktır. Güç kalitesi kavramında maksat, sabit şebeke frekansında; sabit ve sinüsoidal biçimli gerilimdir.

Ancak pratikte böyle bir gerilim dalga şekli ile karşılaşmak mümkün değildir. Güç sistemine bağlanan bazı elemanlar ve bunların yol açtığı olaylar sebebiyle tam sinüsoidal değişimden sapmalar olabilmektedir. Tam sinüsoidal'den sapma, genellikle harmonik adı verilen bileşenlerin ortaya çıkması ile ifade edilir ve buna sebep olan etkenlerin başında ise manyetik ve elektrik devrelerindeki lineersizlikler (Nonlineerlik) gelir. Kaliteli elektrik enerjisi, şebekenin tanımlanan bir noktasında, gerilimin genlik ve frekansının anma değerlerini koruması ve gerilim dalga şeklinin sinüs biçiminde bulunmasıdır. Bu tanımın tersi olarak, gerilimin genliğinin değişmesi, kesintiler, gerilim darbeleri, fliker, gerilimin doğru bileşen içermesi, dalga şeklinin sinüsten uzaklaşması,frekans değişimleri,üç faz dengesizlikleri enerji kalitesizliğidir.Enerji kalitesi çoklukla yük tarafından bozulur.V-I karakteristiği lineer olmayan yükler şebekeden sinüs olmayan akımlar çeker ve bu akımlar şebekede sinüs olmayan gerilim düşümleri oluşturarak besleme noktasındaki gerilimin dalga şeklini bozar.

Bu yüzden güç sistemlerinde harmonikleri belirleyebilmek yani güç kalitesini arttırabilmek için hızlı ve doğru bir şekilde frekansı tespit edilmelidir.

Bu konuda günümüzde çok sayıda çalışma yapılmaktadır. Türkiye de TEİAŞ(Türkiye Elektrik İletim A.Ş) Tübitak ile güç kalitesi milli projesini 3 yıldır sürdürmekte ve Türkiye deki enerjinin kalitesini arttırabilmek için frekansı izlemektedir.

1.1 PROJE AKIŞ DİYAGRAMI

Şekil-1

Şekil 1'de proje akış diyagramı görülmektedir. Projede ilk olarak şehir şebekesinden gelen 220V AC gerilimden bir gerilim uygunlaştırıcı devre kullanarak 5V AC gerilim elde edilecektir. Daha sonra seçilen frekans izleme metoduyla DsPIC kullanarak frekansı tespit edilecek ve en son olarak da tespit edilmiş olan şehir şebekesi frekansı kullanılan DsPIC uygulama kartında bir lcd de görüntülenecektir.

1.2 FREKANS NEDİR?

Frekans, bir olayın birim zaman içinde hangi sıklıkla, kaç defa tekrarlandığının ölçümüdür. SI birim sisteminde frekans, Hertz (Hz) ile gösterilir. Bir Hertz, bir olayın saniyede bir tekrarlandığı anlamına gelir. Matematiksel ifade ile periyodun çarpmaya göre tersidir. Aşağıda ki formülle ifade edilebilir.

$$f = 1/T$$

1.3 ŞEHİR ŞEBEKESİNDE FREKANS

Türkiye de şehir şebekesinde 50 Hz temel frekans olarak kabul edilmiştir. Temel frekans şehir şebekesindeki güç kalitesini belirleyen ana faktörlerden biridir. Elektrik sistemlerinde enerjinin üretilmesi, iletilmesi ve dağıtımı sırasında, akım ve gerilimin 50 Hz frekansta salınan ve sinüs eğrisine çok benzer bir biçimde olması istenir. Ancak temel frekans çeşitli nedenlerle değişmektedir.

1.4 ŞEHİR ŞEBEKESİNDE FREKANS DEĞİŞİMİ

Şehir şebekesinde frekans 2 nedenden dolayı değişmektedir.

1) Şehir şebekesinde frekans, aktif güç yük dengesine bağlıdır.

Şehir şebekesinden çekilen enerji, kullanıcıların devreye girme ve çıkmalarına göre sürekli değişim gösterir. Aktif güç santrallerin ürettiği güçtür. Yük ise cihaz ve sistemlerdir. Üretilen güçten daha fazla bir güç talebi olduğu zaman frekansta değişmeler olur.

2) Şehir şebekesinin üretim teknolojisinden dolayı frekansta oynamalar mevcuttur.

Şehir şebekesi enterkonnekte bir sistemdir. Enterkonnekte sistem; bir bölgenin veya bir ülkenin elektrik enerjisi ihtiyacını sağlamak üzere o yerin bütün elektrik santralleri trafo merkezleri ve aboneleri arasında kurulmuş olan sisteme denir. Bu sistemin birçok avantajı olmasının yanında(verim yüksek, besleme sürekli, kuruluş ve işletme maliyeti az) bir takım dezavantajları da bulunmaktadır. Bu dezavantajlarından en önemlisi frekansta sistemin kapasitesi ve yük değişimine bağlı olarak oynamaların bulunmasıdır. Türkiye şu anda diğer ülkelerle senkron işletme içinde değildir. O yüzden örneğin Amerika'ya göre bizim enterkonnekte sisteminin kapasitesi daha azdır. Bu yüzden frekans oynamaları daha çok görülmektedir. Türkiye de ki frekans performansını UCTE kriterlerine uygun hale getirip oluşacak birçok zararı engellemek için frekans izlenmelidir.

1.5 ŞEHİR ŞEBEKESİNDE FREKANS İZLEME

Frekans izlemekteki amaç frekans değişiminin kabul edilen standartlardaki aralıkta olup olmadığının kontrolü ve eğer bu aralıkta değilse başka sistemler ile frekansı bu aralığa getirebilmektir.

Türkiye'de frekans izleme işlemi TEİAŞ tarafından sağlanmaktadır. TEİAŞ'ın amacı Türkiye Elektrik İletim Sistemini güçlendirmek, kaliteli, sürekli ve ekonomik olarak elektriği iletmek, komşu elektrik sistemleri ile bağlantıları geliştirmek, rekabetçi ve saydam bir enerji piyasası oluşumuna katkıda bulunarak, sektörde güvenilir ve yönlendirici bir kuruluş olmaktır.

Frekans değişimi belli aralıklarda olmalıdır. Frekansın değişim aralığı bazı standartlarla belirlenmiştir. Bunlar aşağıdaki gibidir;

→ UCTE standartlarına göre frekans 49.2Hz ve 50.8Hz arasında değişmelidir.
→ EN-50160 uluslar arası standartlarına göre ise frekans 49.5Hz ve 50.5Hz arasında değişmelidir

Frekans 49 Hz'in altına düştüğünde regülasyon sistemleri devreye girmektedir. Regülasyon sistemleri sisteme anlık olarak istenilen enerjinin verilmesini sağlar. Ve talep edilen yük değişimine karşılık aktif gücü dengeler. Bu işleme frekans tutma denir. Bu işlem sonunda frekans istenilen aralıkta tutulabilir.

1.6 FREKANS İZLEME SEBEPLERİ

Frekansın izlenmesinde 3 neden bulunmaktadır.

1. Şehir şebekesinde oluşan harmoniklerin belirlenebilmesi için,

2. Kompanzasyon kapasitörlerinde bozulmaya yol açtığı için,

3. Tüm elektrikli alıcıların sağlıklı ve verimli çalışabilmesi için frekans izlenmelidir.

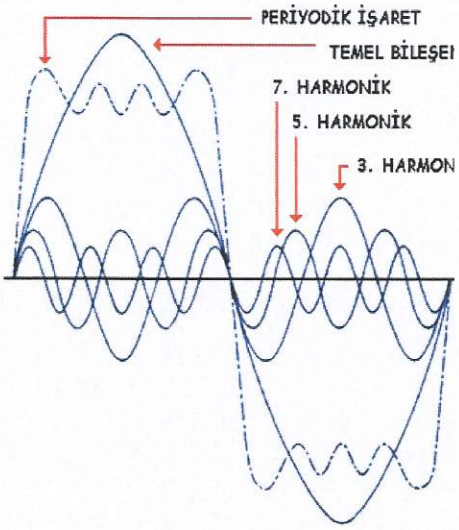
* *Şehir şebekesi frekansının izlenilmesinin en önemli nedeni harmonikleri belirlemek istememizdir. Bu yüzden harmonikler konusu çok geniş kapsamlı anlatılacaktır.*

1.6.1. HARMONİKLER

Elektriksel yükler çektikleri akımların dalga şekillerine göre lineer doğrusal ve non-lineer doğrusal olmayan yükler olarak adlandırılır. Lineer yükler, üzerindeki yükle üzerinden geçen akım arasında doğrusal bir ilişki olan yüklerdir. Nonlineer yüklerde ise belirgin bir matematiksel ifade yoktur. Nonlineer bir yüke sinüsoidal gerilim uygulandığında bu yükler sinüsoidal olmayan akımlar çekerler. Bu çekilen akım temel frekansın tam katlarında frekansa sahip akımları da içermektedir. Yüksek frekanslı bu akımlar güç sistemi harmonikleri olarak adlandırılır ve sinüsoidal olmayan akımlar çeken yükler ise harmonik kaynaklar olarak bilinir.

Temel dalga, harmonikli dalgalar ve bunların bileşkesi olan toplam dalgalar ile ilgili örnekler aşağıdaki şekillerde gösterilmiştir.

Şekil 2 ve 3 de ki periyodik sinyal, şehir şebekesinde 50 Hz frekansında ki bir temel bileşen ve 50 Hz'in katları frekanslarda ki çeşitli bileşenlerin toplamı olarak görülmektedir.



Bileşen	Frekans
Temel	50 Hz
2. Harmonik	100 Hz
3. Harmonik	150 Hz
4. Harmonik	200 Hz
5. Harmonik	250 Hz
6. Harmonik	300 Hz
7. Harmonik	350 Hz
8. Harmonik	400 Hz

Şekil-2

Yukarıda ki tabloda temel frekans ve temel frekansın katlarındaki harmonikler görülmektedir.

** Elektrik şebekelerinde ki dalga şekillerinin simetri özellikleri nedeni ile çift katsayılı harmonik bileşenler ile (2.harmonik, 4.harmonik gibi) genellikle karşılaşılmaz.*

Harmonik kaynaklar doyum bölgesinde çalışan cihazlar ve güç elektroniği elemanları içeren cihazlar olmak üzere iki kategoriye ayrılır. Doyum bölgesinde çalışan cihazlara transformatörler, elektrik makineleri ve manyetik balastlı flüoresan lambalar örnek olarak verilebilir. Bu cihazlar baskın olarak 3. harmoniği üretir. Güç elektroniği elemanları içeren cihazlar (statik güç çeviricileri) uygulama kolaylığı, yüksek verimleri ve düşük maliyetlerinden dolayı hızla çoğalmakta ve düşük gerilim uygulamalarından yüksek gerilim uygulamalarına kadar bütün güç seviyelerinde kullanılmaktadır. Bu nedenle statik güç çeviricilerinin ürettiği harmonikler önemli bir problem haline gelmektedir.

Harmoniklerin Meydana Gelmesi

Arızasız bir işletmede harmonikler çeşitli nedenlerden dolayı ortaya çıkmaktadırlar. Bunların başında manyetik ve elektrik devrelerindeki lineersizlik gelir. Mesela transformatörler veya bobinler gibi demir çekirdekleri olan cihazlarda

doymanın meydana gelmesi manyetik bakımdan lineer olmayan bir olaydır. Ark fırınlarında olduğu gibi, normal işletme gereği bir arkın oluşması veya güç elektroniği elemanlarında sinüzoidal akım dalgasının kesilmesi, elektrik devrelerinin lineer olmamasına yol açmaktadır. Bunun sonucu olarak akımın ve gerilimin sinüzoidal dalga şekli bozulmaktadır. Bunların dışında yüksek gerilim hatlarındaki korona olayları, iki fazlı kısa devreler ve arklı kısa devrelerde harmoniklerin oluşmasına neden olmaktadır. Harmoniklerin meydana gelmesinde çeşitli durumlarla karşılaşılmaktadır. En belirgin sınır haller şunlardır.

a- Harmoniksiz gerilim ile işletme: İşletme araçlarının karakteristikleri lineer olmadığı taktirde, harmonikli akımlar meydana gelir. Bu akımların, iç empedansı çok büyük olan bir akım kaynağından üretildiği kabul edilir.

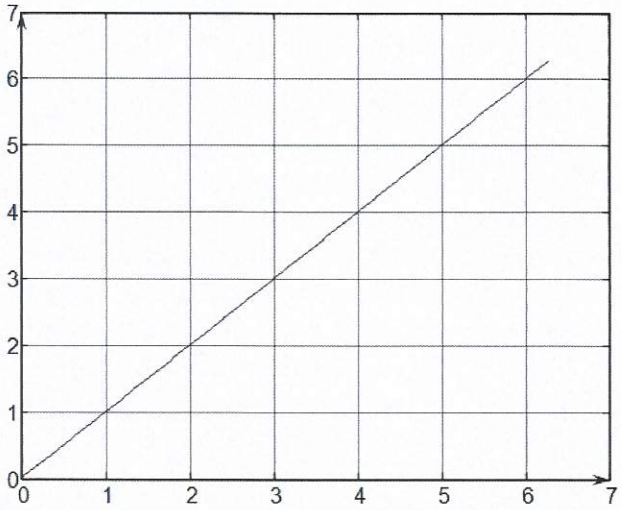
b- Harmoniksiz akım ile işletme : İşletme araçlarının karakteristiğinin lineer olamaması sebebi ile harmonikli bir gerilim meydana gelir. Bu gerilimin iç empedansı ihmal edilecek kadar küçük olan bir gerilim kaynağından üretildiği kabul edilir.

c- Bazı hallerde akım harmonikli : Bunun etkisi ile gerilim de harmonik kazanır. Aksine olarak, gerilim harmonikli ise akımın da harmonikli olmasını gerektirir.

Bunlardan en önemlisi ve pratikte en çok rastlanan durum, birinci (a) durumdur. Yani şebekeden tesise uygulanan faz arası gerilim sinüs şeklinde olduğu halde, akım ve bu arada faz gerilimi de harmonikli olmaktadır.

Doğrusal olmayan elemanlar

Nonlineer elemanlar bir sinüsoidal elektrik enerji sistemine bağlandığında harmonik akım ve gerilimlere neden olur. Bu elemanlar manyetik ya da elektrik devre lineersizliğine sahiptirler. İki uçlu bir nonlineer elemanın ya da yükün tanımı çeşitli şekillerde yapılabilir:



Şekil-3

Lineer yüklerde veya elemanlarda, akım-gerilim ilişkisi doğrusal olup orjinden geçen bir doğru şeklindedir (Şekil-4). Nonlineer elemanlarda ise akım-gerilim ilişkisi orjinden geçmeyen bir doğru veya orjinden geçen bir eğri biçiminde olmaktadır.

Nonlineer elemana ait bir diğer tanım şudur. Bilindiği gibi lineer elemanlarda gerilimin akıma oranı sabit bir değerdir. Ohm kanununun bir gereği olan bu durum, nonlineer elemanlarda sağlanmaz. Lineer elemanlarda V/I oranı her zaman bir skaler sayı ve sabit bir değer ile ifade edilirken nonlineer elemanda bu oran sabit değildir. Çünkü her V değerindeki değişim, I değerinde aynı oranda bir değişim meydana getirmez. Dolayısıyla nonlineer eleman, uç karakteristiği ohm kanununu gerçeklemeyen eleman olarak da tanımlanabilir. Çünkü nonlineer elemanlarda sabit bir empedans değeri yoktur. Her nonlineer eleman için bu durum geçerli olurken her harmonikli devrede söz konusu olamaz. Örneğin, sinüsoidal olmayan bir kaynaktan beslenen bir lineer elemandan harmonik bileşen akımları geçecektir. Böyle bir devrede her harmonik bileşenin gerilimi ile akımı arasında ohm kanunu geçerlidir. Örneğin, 3.harmoniği bulunan bir gerilimin lineer elemandan (devreden) geçirdiği akım bu gerilimin 3.harmonik empedansına bölünmesiyle belirlenir.

Harmonik Üreten Başlıca Kaynaklar

Son 50 yıldır yapılan teorik ve uygulamalı araştırmaların sonucuna göre; harmonik kaynakları, günümüzde mevcut olan klasik harmonik kaynakları ve gelecekte oluşabilecek yeni harmonik kaynakları olarak iki grupta incelenebilir.

Klasik harmonik kaynakları:

- Elektrik makinelerindeki diş ve olukların meydana getirdiği harmonikler,
- Çıkık kutuplu senkron makinelerde hava aralığındaki relüktans değişiminin oluşturduğu harmonikler,
- Senkron makinelerde ani yük değişimlerinin manyetik akı dalga şekillerindeki bozulmalar,
- Senkron makinelerinin hava aralığı döner alanının harmonikleri,
- Doyma bölgesinde çalışan transformatörlerin mıknatıslanma akımları,
- Şebekedeki nonlineer yükler; doğrultucular, eviriciler, kaynak makineleri, ark fırınları, gerilim regülatörleri, frekans çeviriciler, v.b.

Yeni harmonik kaynakları:

- Motor hız kontrol düzenleri,
- Doğru akım ile enerji nakli (HVDC),
- Statik VAR generatörleri,
- Kesintisiz güç kaynakları,
- Gelecekte elektrikli taşıtların yaygınlaşması ve bunların akü şarj devrelerinin etkileri,
- Enerji tasarrufu amacıyla kullanılan aygıt ve yöntemler,
- Direkt frekans çevirici ile beslenen momenti büyük hızı küçük motorlar.

→Harmonik üretilmesine neden olan en önemli elemanları ise şöyle sıralayabiliriz:

- ✓ Transformatörler
- ✓ Döner makineler
- ✓ Güç elektroniği elemanları
- ✓ Doğru akım ile enerji nakli (HVDC)
- ✓ Statik VAR generatörleri
- ✓ Ark fırınları
- ✓ Kesintisiz güç kaynakları
- ✓ Gaz deşarjlı aydınlatma
- ✓ Elektronik balastlar
- ✓ Fotovoltaik sistemler
- ✓ Bilgisayarlar

Bu kaynakları kısaca açıklarsak;

✓ **Transformatörler**

Enerji sisteminde nüvesi bulunan bobinlerin, nüvesi doyuma ulaştığında harmoniklere yol açarlar. Bu tür elemanların başında güç sistemindeki en önemli elemanlardan transformatörler gelir. Bunların harmonik üretme özelliği, nüvenin mıknatıslanma karakteristiğinin lineer olmamasından, yani transformatörün nüvesinin doymasından kaynaklanmaktadır. Transformatör çekirdeğinin mıknatıslanma karakteristiği belli bir bölgeden sonra lineer özelliğe sahip olmadığından, uygulanan sinüsoidal gerilim sonucu sinüsoidal akım ve akı oluşmamaktadır.

Mıknatıslanma akımı harmonikleri günün erken saatlerinde en yüksek seviyeye ulaşır, çünkü o saatlerde sistemdeki yük az olduğundan gerilim yükselmekte ve aşırı uyarma meydana gelmektedir. Aşırı uyarmayla oluşan akım harmoniklerinde 3., 5. ve 7. harmonikler etkili olurlar.

Güç sisteminde generatör, hat ve transformatörden meydana gelen sistemde harmonik akımları, generatörün reaktansı, transformatörün primer reaktansı ve hattın reaktansı üzerinden geçerek harmonikli gerilim düşümü meydana getirir. Generatörde sinüs şeklinde elektromotor üretildiği halde çıkış uçlarında gerilimin şekli bozulabilir.

✓ **Döner Makineler**

Bir döner makinenin oluşturduğu harmonikler, ilke olarak makinenin stator ve rotorundaki olukların neden olduğu manyetik relüktanstaki değişimlerle ilgilidir. Döner makinelerin harmonik üretmelerinin başlıca iki nedeni; Alan şekli ve ana devreler ile kaçak yollardaki doymalardır. Günümüzdeki ileri tasarım teknikleri (oluk ve kutup geometrisi, sargı yapısı) ile döner makinelerdeki harmonik etkinliği en aza indirilmiştir. Döner makineler içerisinde en önemli harmonik üreticisi senkron generatörlerdir.

✓ **Güç Elektroniği Elemanları**

Çeşitli güç elektroniği elemanları küçük uygulamalardan büyük endüstriyel uygulamalara kadar birçok alanda kullanılmaktadır. Yüksek çalışma verimine ve istenilen çalışma durumlarına sahip olmaları nedeni ile geniş kullanım alanı bulmuşlardır.

Televizyon alıcıları, bilgisayarlar ve diğer elektronik uygulamaları kapsayan küçük güçlü tek fazlı elektronik güç dönüştürücülerin sayısı gün geçtikçe artmaktadır.

Üç fazlı güç elektroniği elemanları ise geniş bir kullanım ve tasarım alanına sahiptirler. Başlıca güç dönüşüm grupları şunlardır:

- Doğrultma,
- Frekans kontrolü,
- Gerilim kontrolü,
- Evirme,

Sanayide enerji iletimine kadar her alanda yaygın olarak kullanılan çeviriciler, alternatif akımı doğru akıma dönüştüren (doğrultucular=redresör) veya doğru akımı alternatif akıma dönüştüren (eviriciler=inverterler) elemanlar olarak tanımlanır. Bunların içinde güç sisteminde en çok kullanılan grup, doğrultucu grubudur. Doğrultucuların güç sisteminde başlıca kullanım alanları; yüksek doğru gerilimle iletim (HVDC), doğru akım motorlarının beslenmesi ve kimyasal süreçlerdir.

Çeşitli darbe sayılarına sahip doğrultucular bulunmaktadır. 6 ve 12 darbeli doğrultucular en yaygın olanlarıdır. Küçük güçlü uygulamalarda 3 darbeli, daha güçlü uygulamalarda ise 18 ve daha büyük darbeli doğrultucular kullanım alanı bulmaktadır. Darbe sayısının seçimi ekonomik koşullara da bağlıdır.

Frekans ve gerilim kontrolü grubu, senkron ile indüksiyon motorların ve benzeri yüklerin farklı frekans ve gerilimlerde beslenmesi amacıyla kullanılır. Böylece motorların tüm yük seviyelerinde daha verimli çalışması sağlanır.

Yarı iletken elemanlar, çalışma karakteristiğinin nonlineerliğinden kaynaklanan harmonikler üretirler.

✓ **Doğru Akım İle Enerji Nakli (HVDC)**

1960'lı yıllardan başlayarak, yarı iletken teknolojisinin de gelişmesiyle, doğru akım ile enerji nakli (HVDC-High Voltage Direct Current) gündemdedir. Kararlılık probleminin olmaması ve farklı frekanslı iki noktanın birleştirme olanağının olması, doğru akımla enerji iletimini tercih edilir yapmaktadır. Bu teknikte alternatif-doğru ve doğru-alternatif çeviricileri kullanılmaktadır. Alternatif olarak üretilen gerilim doğrultulmakta ve enerji nakil hattını beslemekte, hattın ucunda tekrar alternatife çevrilerek tüketiciye iletilmektedir.

Doğru akım enerji iletim hatlarında hat başında ve sonunda yer alan büyük güçlü çevriciler (doğrultucu ve evirici bloklar) yarı iletken elemanlardan oluştuklarından, birer harmonik kaynağı olmaktadır.

✓ **Statik VAR Generatörleri**

Statik VAR generatörleri; alternatif akım kıyıcısı ile akımı değiştiren bir reaktör, paralel bağlı kondansatörler, kumanda ve kontrol elemanlarından oluşur. Bu sistemlerin çalışma özelliği gerekli reaktif gücü en hızlı bir şekilde ve her faz için ayrı ayrı verebilmesidir. Çünkü geleneksel kompanzasyon düzenleri ile çok hızlı değişen reaktif güç ihtiyacı karşılanamaz. Örneğin; ark fırınlarında fırının çektiği reaktif gücün değişimi çok hızlı olduğundan normal mekanik cihazlarla

kompanzasyon gücünü karşılamak mümkün olmaz. Fakat yarı iletken elemanların sağladığı imkanlar sayesinde reaktör elemanlarını ark fırınının çalışması gerektiği hızda devreye sokup çıkarmak mümkündür. Bunun için tristörlerden yararlanılır. Bu iş için kullanılan tristörler, yarı iletken anahtarlama elemanları olduklarından doğal harmonik kaynaklarıdır.

✓ **Ark Fırınları**

Ark fırınları, geniş spektrumlu harmonikler içeren yüklerin önemli bir örneğidir. Ark fırını bulunan işletmeler için harmonik oluşum nedeni olarak ark fırınlarındaki ateşleyici elektrotların özellikleri ve ark akım-gerilim karakteristikleri verilir.

Ark fırınının aktif direnci sabit değildir. Bir yarı periyodun başlangıcında direnç büyüktür, bundan sonra bir minimum değere düşer ve yarı periyodun sonuna doğru tekrar yükselir. Bu yüzden akım tam bir sinüs şeklinde değildir ve birçok harmonikler içerir. Ergitme aşamasının başında akım harmonikleri çok fazladır ve hurda eridikten sonra yani ark sakinleşince harmonik azalır.

Ark fırınlarının çalışma şartlarındaki bu değişmelerden dolayı güç sisteminden çektikleri akımlarda gelişigüzel olur. Bunun sonucu olarak, şebeke gerilimi de akıma bağlı olarak sinüs formundan uzaklaşır. Akım ve gerilimdeki bu bozulmalar, şebekeye harmonikli bileşenlerin verilmesi anlamına gelir.

Bu açıklamalardan da anlaşıldığı gibi, ark fırını sisteme bir harmonik jeneratörü gibi etki eder. Ark fırınına paralel bağlı devrelerde, şartların gerçekleşmesi halinde rezonans olayları baş gösterebilir. Bugün ark fırınlarının düşük güç katsayısı ile çalıştırılması tercih edilir. Bu yüzden fırın daha büyük bir reaktif güç çeker. Bunu kompanze etmek için büyük güçlü kondansatör bataryası kullanılır. Böylece şebekenin rezonans frekansı düşer.

✓ **Kesintisiz Güç Kaynakları**

Gerilim dalgalanmasının ve kesintisinin yol açtığı zararlardan kurtulmak için bilgisayarlar, hastaneler, hava alanları v.b. diğer önemli yerlerde kullanılan kesintisiz güç kaynakları; alternatif gerilimin doğru gerilime çevrilerek depolanması ve sonra evirici yardımı ile alternatif akıma çevrilerek tüketiciye iletilmesi esasına göre çalışır.

Kesintisiz güç kaynaklarında evirici, ara devre gerilimi olan doğrultucu çıkış gerilimini, evirmek suretiyle istenen genlik ve frekansta dalgalı gerilime dönüştürür. Dönüşüm sırasında tam sinüs dalgası elde edilemediği için çıkış işaretinin Fourier Serisinin açılımının belirttiği frekanslarda, belirli genliklerde harmonikler oluşturacaklardır.

Kesintisiz güç kaynaklarında harmonikler; evirici tipine, evirici çıkışını elde etmek için kullanılan modülasyon tipine, mikroişlemci kontrollü olup olmadığına v.b. etkenler bağlı olarak değişmektedir.

Bir güç elektroniği düzeni olan kesintisiz güç kaynakları, esas olarak şebeke geriliminin uygulandığı bir doğrultucu, doğrultucu çıkışında paralel olarak uygulanmış olan akü düzeni ile, doğrultulmuş gerilimi dalgalı gerilime dönüştürerek, yüke veren evirici düzenini içerir. Bu temel elemanlar yanında, elde edilip yüke verilecek sinüsoidal gerilimin istenilen özelliklerde olmasını sağlamak, güvenilir bir çalışma elde etmek üzere yardımcı düzenlerde vardır. Kesintisiz güç kaynaklarında doğrultucu ve evirici devreleri, uygun geri beslemelerle kapalı çevrim kontrollü çalıştırılırlar. Bundan dolayı çıkış gerilimleri çok kararlıdır, yükten etkilenmez.

- ✓ **Gaz Deşarjlı Aydınlatma**

Gaz deşarjlı aydınlatma elemanları, örneğin flüoresan, cıva, ark, neon v.b. ve yüksek basınçlı sodyum lambalar şebekeden harmonikler içeren akımların çekilmesine neden olurlar. Bu tür aydınlatma elemanları özellikle büyük şehir alanlarında daha çok hissedilen harmonikler meydana getirirler. Bu tip lambaların elektriksel karakteristiği nonlineer olup akım geçişi esnasında negatif direnç karakteristiği gösterirler. Ev ve işyerlerinde yaygın olarak kullanılan flüoresan lambalar balastlarından ve gaz eşarjlarından kaynaklanan harmonik bileşenlerin meydana gelmesine sebep olmaktadır.

- ✓ **Elektronik Balastlar**

Gün geçtikçe hayatımızın her safhasına daha belirgin bir biçimde giren elektronik sanayi, şebekede harmonik etkinliğinin de artmasına sebep olmaktadır. Aydınlatmada kullanılan elemanlardan elektronik balastlarda harmonik üreticisidirler. Filtreli ve filtresiz olarak imal edilen bu balastlar eğer filtreli ise harmonik etkinliği yok denecek kadar azdır.

- ✓ **Fotovoltaik Sistemler**

Fotovoltaik sistemler harmonik üretme bakımından genel olarak konverterlerden kaynaklanan harmonik etkinliğine sahiptirler. Bu sistemler elektrik enerjisini fotovoltaik yoldan elde eden sistemler olup, ürettikleri doğru akımı alternatif akıma dönüştürmek için konverterleri kullanırlar. Dolayısıyla dönüşüm esnasında yarı iletken elemanların sebep olduğu harmonikler söz konusu olmaktadır.

Harmoniklerin Yol Açtığı Problemler

Sinüsoidal ya da harmoniksiz akım ve gerilimlerin bulunduğu bir elektrik enerji sistemi, sabit genlik ve frekansa sahip gerilim kaynakları tarafından beslenen ve pasif elemanlardan meydana gelen lineer bir sistemdir. Harmonik akımlar, sadece yüklerin dalga şekillerinde bozucu etkilerde bulunmayıp aynı zamanda güç

sisteminde ve güç sistemine bağlanan elemanlar üzerine de olumsuz etkiler meydana getirmektedirler. Teknik ve ekonomik bakımdan pek çok etkisi olan harmoniklerin bu etkilerinin bilinmesi ve işletmelerde analizlerinin yapılması hem enerji kalitesi açısından hem de işletmenin sürekliliği açısından son derece önemlidir.

- **Motor ve Jeneratörlere Etkisi**

Harmonikli akım ve gerilimlerin dönen makinelere etkisi , harmonik frekanslarda bakır ve demir kayıplarından dolayı oluşan sıcaklık artışıdır. Böylece harmonikler makine verimini etkiler, tribün-jeneratör veya motor-yük sistemlerinde moment salınımlarına dolayısıyla mekanik salınımlara sebep olur.

- **Transformatörlere Etkisi**

Harmoniklerin transformatörlere etkisi iki şekilde incelenebilinir; akım harmonikleri bakır kayıplarının artmasına, gerilim harmonikleri ise demir kayıplarının artmasına sebep olur. Harmonik gerilimler ve akımlardan dolayı oluşan transformatördeki kayıplar bu harmoniklerin frekanslarına bağlıdır. Frekans arttıkça kayıplarda artar ve böylece transformatörün ısınmasında yüksek frekanslı harmonikler düşük frekanslı harmoniklere göre daha fazla önem kazanmaktadır.

- **Güç Kablolarına Etkisi**

İletkenlerden harmonik akımların akması iletkenlerin ısının artmasına sebep olur. Bunun sebebi yüksek frekanslı akımların "deri" etkisinden dolayı iletkenin dış kısmından akmasıdır. Deri etkisi frekansla artar. Dolayısıyla yüksek frekanslı harmoniklerin deri etkisinin artmasına sebep olur. Deri etkisinden dolayı iletkenin etkin direnci ve dolayısıyla I^2R kayıpları artmaktadır. Ayrıca harmonik akımların iletken üzerinden geçmesiyle bu akımların karesiyle orantılı olarak kayıplarda artmaktadır. Deri etkisinde harmonik akımların frekansı önemliyken bu kayıplarda harmonik akımın etkin değeri önemlidir.

- **Kondansatörlere Etkisi**

Frekansın artmasıyla birlikte kondansatörün empedansı azalır. Yani yüksek frekanslı akımlarda kondansatörün direnci çok küçüleceğinden sistemdeki yüksek frekanslı harmonik akımları kendi üzerine çeker. Bu durum kondansatörün aşırı yüklenmesine ve dolayısıyla sıcaklığının artmasına sebep olur ve kondansatörün ömrü azalır.

Kondansatörlerle harmonikler arasındaki diğer bir problem ise rezonans olayıdır. Rezonans sistemde bulunan bobinlerin empedansıyla kondansatörlerinin empedansının birbirine eşit olması durumunda ortaya çıkar. Bu durumda başta kondansatör olmak üzere diğer devre elemanları zarar görür.

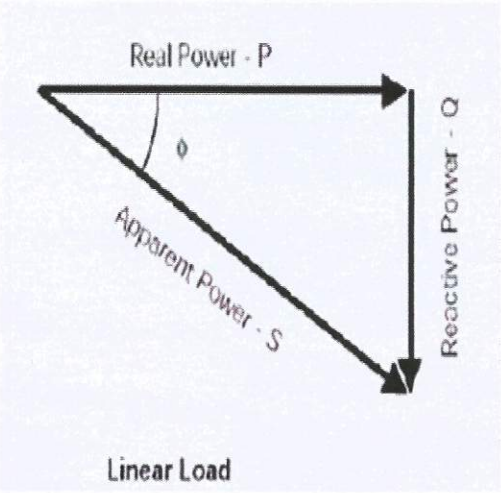
- **Elektronik Ekipmanlara Etkisi**

Güç elektroniği ekipmanları harmonik bozulmadan dolayı yanlış çalışırlar. Bu ekipmanlar tetikleme zamanını belirlemek için gerilim sinyalinin sıfır geçişini kullanmaktadırlar. Eğer sıfır geçişinde harmoniklerden dolayı bir kayma olursa bu tip cihazlar yanlış çalışır.

Yukarıda harmonik kaynakları ve harmoniklerin yol açtığı problemler kapsamlı bi şekilde yer almaktadır. Bu zararlı etkilerin azaltılabilmesi için harmonikler tespit edilmelidir. Harmoniklerin belirlenebilmesi içinde şehir şebekesinin temel frekansının izlenmesi gerekir. Temel frekans izlendiği takdir de hangi frekans da hangi harmoniğin meydana geldiğini öğrenebiliriz.

1.6.2. KOMPANZASYON KAPASİTÖRLERİ

Kompanzasyon kapasitörler;i şebekeden çekilen ama iş yapmayan reaktif gücü azaltmak ve reaktif gücü azaltarak güç faktörünü belirli bir seviyede tutmak için kullanılır.



Şekil-4

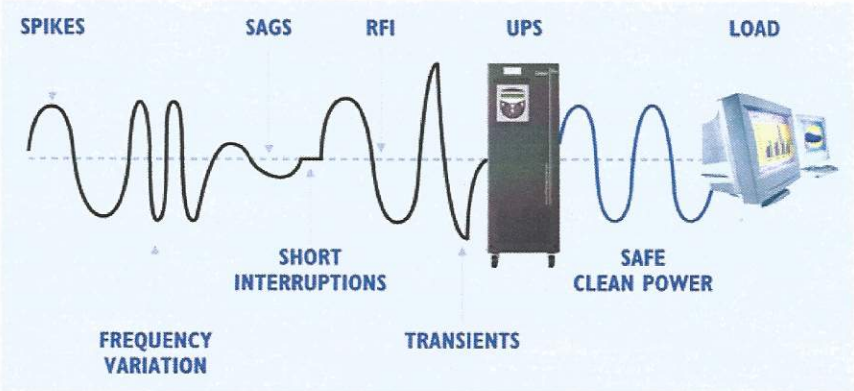
Şekil 5' deki reaktif güç bobinler tarafından çekilmektedir. Kompanzasyon kapasitörleri bu reaktif gücü azaltıp güç faktörünü 1' e yaklaştırmak için kullanılır.

Frekans değişimi kompanzasyon kapasitörlerindede bozulmalara yol açar. Çünkü Kapasitörlerin reaktans değeri bobinlerin reaktans değerleri tersine frekans büyüdükçe daha küçük değerler alır ve kapasitörün çektiği akımın değeri artar. Akımdaki bu değişiklik kapasitörlerin aşırı ısınmasına yani tahribatına neden olur.

1.6.3. ELEKTRİKLİ ALICILARIN VERİMLİ ÇALIŞABİLMESİ

Tüm elektrikli alıcıların sağlıklı ve verimli çalışabilmesi için frekansın, alıcılarda imalat sırasında belirlenen frekansa - Türkiye ve Avrupa ülkelerinde 50 hz -uygun olması gerekir. Ancak frekans değişimleri için alınan tüm önlemlere rağmen, günümüz uygulamalarında yetersizliklerle karşılaşılmaktadır. Bu nedenle kritik yük olarak nitelendirilen cihaz ve sistemlerin Kesintisiz Güç Kaynakları (KGK) üzerinden beslenmesi zorunlu olmaktadır. İnsan hayatıyla ilgili olan tıbbi cihazlarda kgk kullanımı neredeyse mecburi diyebiliriz.

- KGK, gelen ana güç kaynağı ve yük olarak adlandırılan belirli elektronik cihazlar arasına yerleştirilen bir elektrik donanımıdır.
- Kesintisiz Güç Kaynağı, şebekede meydana gelen parazitleri süzer ve kritik yükü etkilemeyecek hale getirir.
- Kesintisiz Güç Kaynağı'nın içinde bulunan eviriciden elde edilen frekansı kararlı AC gerilim kritik yüke aktarılır.
- Şebeke kesintisi olduğunda, kritik yük Kesintisiz Güç Kaynağı'ndan beslenmeye devam ettiği için kesintiden etkilenmez.



Şekil-5

Şekil 6'da şehir şebekesindeki gerilim dalga şeklinde oluşan çeşitli enerji sorunları görülmektedir. Spikelar yüksek genlikli anlık olaylar, sagler düşük genlikli gerilimlerdir. Bunlar kesintisiz güç kaynağına gelerek saf sinüs dalga şekli elde edilip bilgisayara verilmekte ve böylece bilgisayar frekans değişimlerinden etkilenmemektedir.

2.YÖNTEMLER

2.1. ŞEHİR ŞEBEKESİNDE FREKANS İZLEME YÖNTEMLERİ

Frekans izleme konusunda çok sayıda çalışma yapılmıştır. Bunun sonucunda çok sayıda frekans izleme metodu ortaya çıkmıştır. Bunlar aşağıdaki gibidir;

1. Zero-crossing (sıfır geçiş) Yöntemi
2. LMS (least mean square)
3. Low Pass FIR
4. CADALİNE
5. DFT (discrete fourier transform)
6. Kalman Filter
7. Quadratic Form
8. Demodulation
9. LEP(linear estimation of phase)
10. PLL(phase lacked loop)
11. DSPOC(decomposition of single phase into ortogonal components)

2.2. FREKANS İZLEME YÖNTEMLERİNİ SEÇME

Frekans izleme yöntemlerini seçerken aşağıdaki 3 kriter göz önüne alınmalıdır.

Yöntemin;

1. Hızlı olması,
2. Doğru frekans ölçümü yapması,
3. Gürültü ve harmoniklere karşı dayanıklı olması çok önemlidir.

2.3. EN BAŞARILI YÖNTEMLER

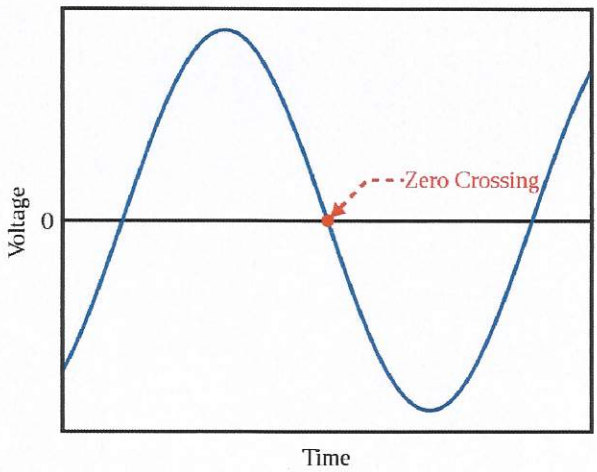
Bu 3 kriter göz önüne alındığında tüm yöntemler arasında yapılan bilgisayar simülasyonlarında, saha ve labaratuar testleri sonucunda yüksek gürültü ve harmoniğe duyarsız olarak en başarılı yöntem zero crossing(sıfır geçiş yöntemidir)yöntemidir. Bu yöntem harmoniksiz dalgaya iki şekilde uygulanabilir. Bir kare dalgaya çevrilerek bir de kare dalgaya çevirmeden. Gürültü ve harmoniğe duyarlı yöntemler ise zero-crossing yönteminin fourier ile birlikte kullanımı ve Least Mean Square (LMS) yöntemleridir.

2.3.1. GÜRÜLTÜ VE HARMONİĞE KARŞI DUYARSIZ YÖNTEMLER

Zero- Crossing (Sıfır Geçiş) yöntemi yüksek gürültü ve harmonik içieren şehir şebekesi gerilimlerinde frekansı belirlemede çok başarılı bir yöntem değildir. Ancak çok yüksek gürültü ve harmonik içermeyen gerilim dalga şekline zero-crossing metodu uygulandığında çok başarılı sonuçlar elde edildiği yapılan uygulamalarda gözlemlenmiştir. Basitliği ve doğru sonuç vermesi en büyük avantajıdır.

2.3.1.1. ZERO-CROSSİNG (SIFIR GEÇİŞ) YÖNTEMİ

Zero crossing ölçme kartından alınan sinüzoidal akım ve gerilim sinyallerinin sıfırdan geçtiği anları tespit etmeye denir. Aşağıda şekil-7 de bir sinüs eğrisinin sıfırı kestiği yer gösterilmiştir.

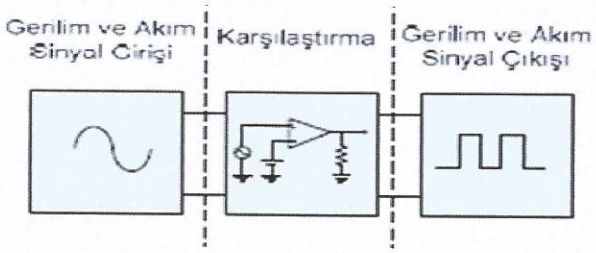


Şekil-6

Harmoniksiz dalganın frekansı zero-crossing yöntemi ile iki şekilde belirlenebilir. İlk olarak sinüs dalgayı kare dalgaya çevirerek ikinci olarak da doğrudan sinüs dalgadan çok sayıda örnek alınarak frekans belirlenebilir. İki yöntemde de sinyallerin sıfırdan geçtiği noktalar kullanılarak frekans hesaplanır. İlk yöntemde farklı olarak op-amp kullanılır ikinci yöntem ise tamamen yazılım tabanlıdır. Bu yöntemleri aşağıda anlatacağım.

1. SİNÜS EĞRİSİNİ KARE DALGAYA ÇEVİREREK ZERO- CROSSİNG UYGULAMA

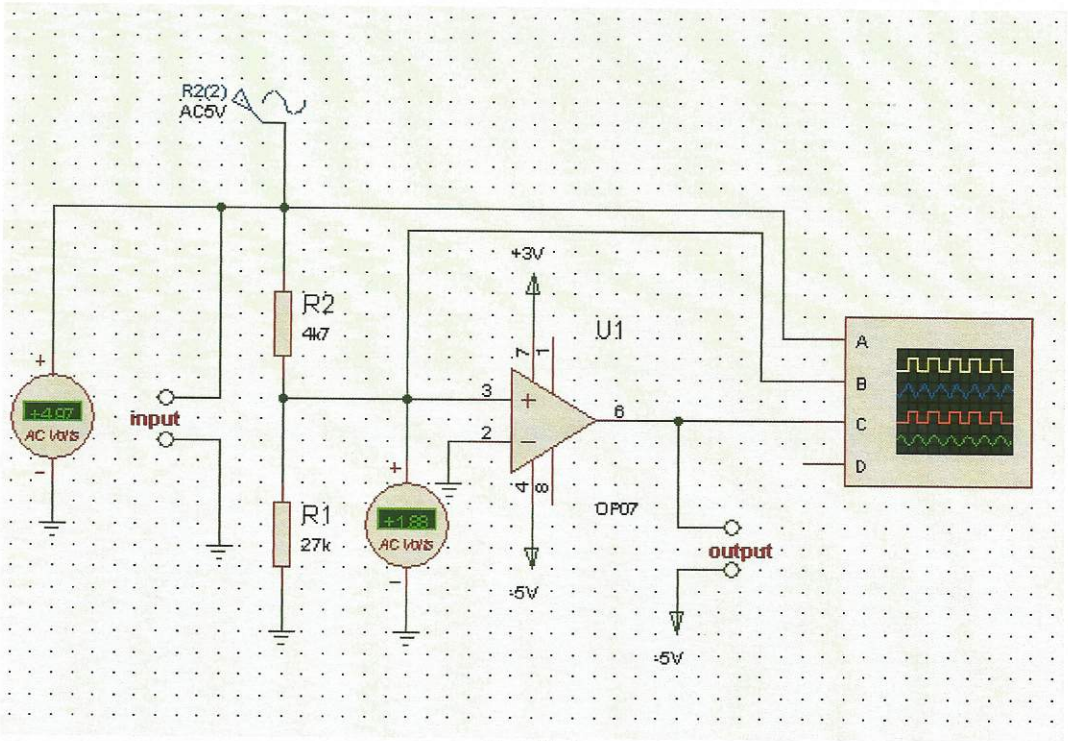
Öncelikle şebekeden alınan gerilimi örnekledikten sonra bir sıfır geçiş algılama devresi(zero-crossing dedector) kullanarak kare dalgaya çeviriyoruz. Sıfır geçiş algılama devresinin görevi akım ve gerilim sinyallerinin sıfırdan geçtiği anda lojik 1 sinyali vermesidir. Şekilde sıfır geçiş algılama devresinin blok diyagramı görülmektedir. Bu devre çıkışından elde edilen sinyal mikro denetleyicinin dijital kanallarına uygulanarak frekans elde edilmektedir.



Şekil-7

Şekil 8'deki blok diagramı görülen sıfır geçiş algılama devresinin proteus da çizilmiş hali aşağıda ki gibidir.

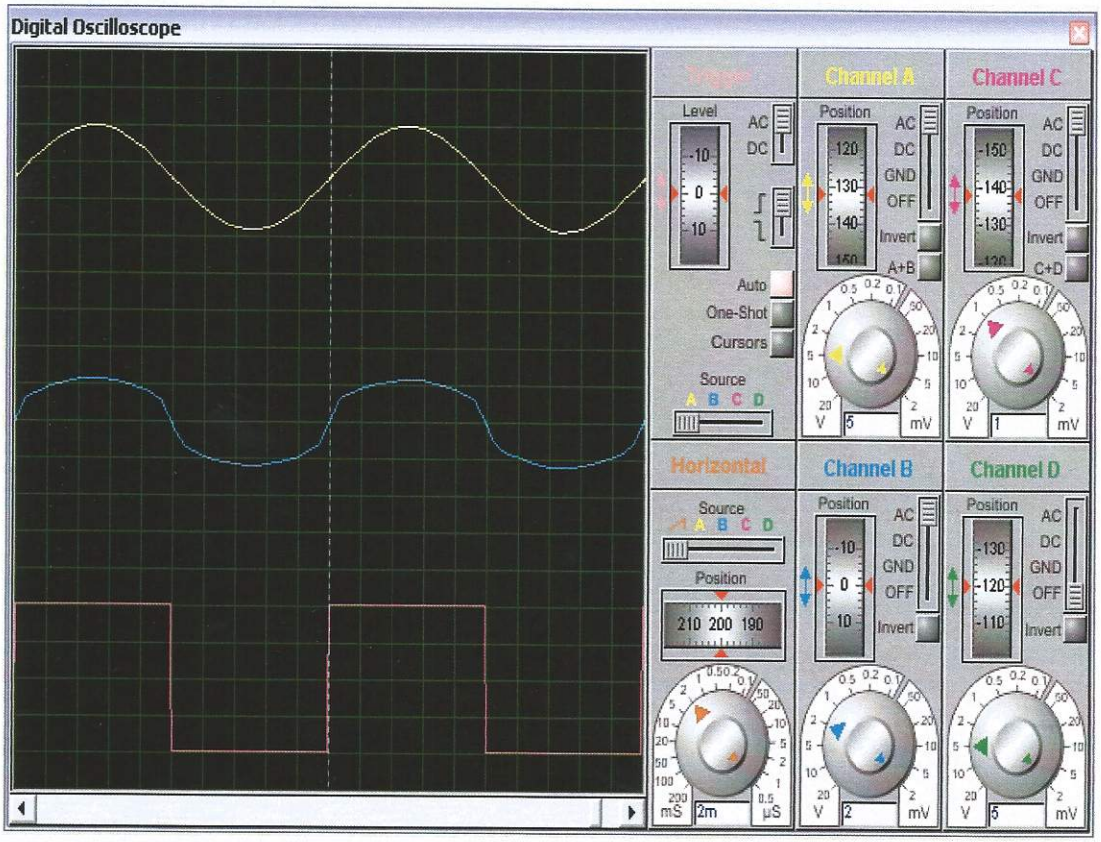
Zero-Crossing Dedector'un PROTEUS Uygulaması:



Şekil-8

Şekil 9'daki devre sıfır geçiş algılama devresinin proteus da gerçekleştirilmiş halidir. Şehir şebekesinden alınan 220V örnekleme devresinden sonra 5V elde edilmiştir. Bu 5V bir karşılaştırıcı op-ampın + girişine uygulanmış ve op- amp sinüs sinyalinin sıfır kestiği yerde 1 sinyali vererek kare dalga üretmiştir. Op-ampın çıkışı bir osiloskopa bağlanmıştır. Bu osiloskop çıktısı da aşağıda görülmektedir.

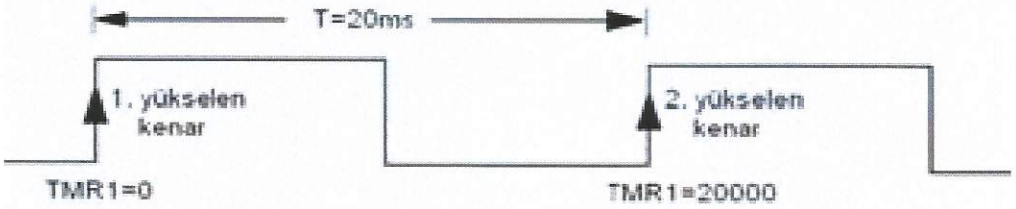
Osiloskop çıktısı aşağıdaki gibidir;



Şekil-9

Osiloskop çıktısı beklenildiği gibi ve yukarıdaki blok diagramda görüldüğü gibi kare dalgadır. Yukarıda ki devrede op-amp çıkışına channel c bağlanmıştır. Yani aşağıdaki osiloskop çıktısında pembe renkli sinyal kare dalgadır.

Mikroişlemcide Frekans Hesabının Algoritması

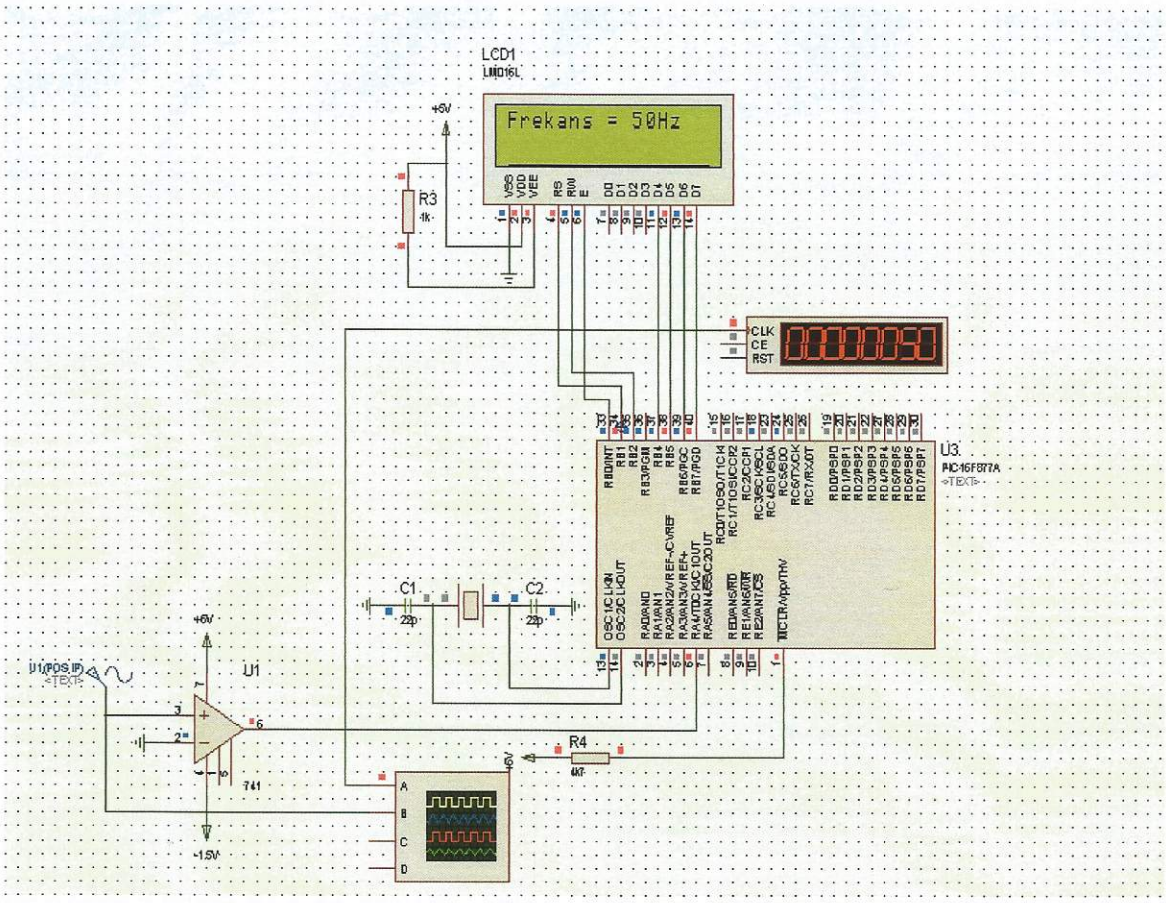


Şekil-10

Op-amp çıkışındaki kare dalga mikroişlemciye verildikten sonra mikro işlemci şekilde görüldüğü gibi frekans bilgisini elde etmek için gerilim bilgisi lojik 1 olduğu anda TIMER1 zamanlayıcısı mikroişlemci tarafından çalışmaya başlatılır, gerilim bilgisi lojik 0 olduğunda ise TIMER1 zamanlayıcısı durdurulur TIMER1 zamanlayıcısının çalıştırılmaya başladığı andan durdurulduğu ana kadar geçen zaman frekans bilgisi olarak başka bir değişkende saklanır. Ölçülen bu frekans bilgisi mikro denetleyici içerisinde uygun matematiksel işlemlere tabi tutularak ölçüm yapılan sistemin frekans bilgisi elde edilir. Son olarak frekans LCD ekrana yazdırılarak kullanıcının anlık olarak ölçüm yapılan güç sistemini takip etmesi sağlanmıştır.

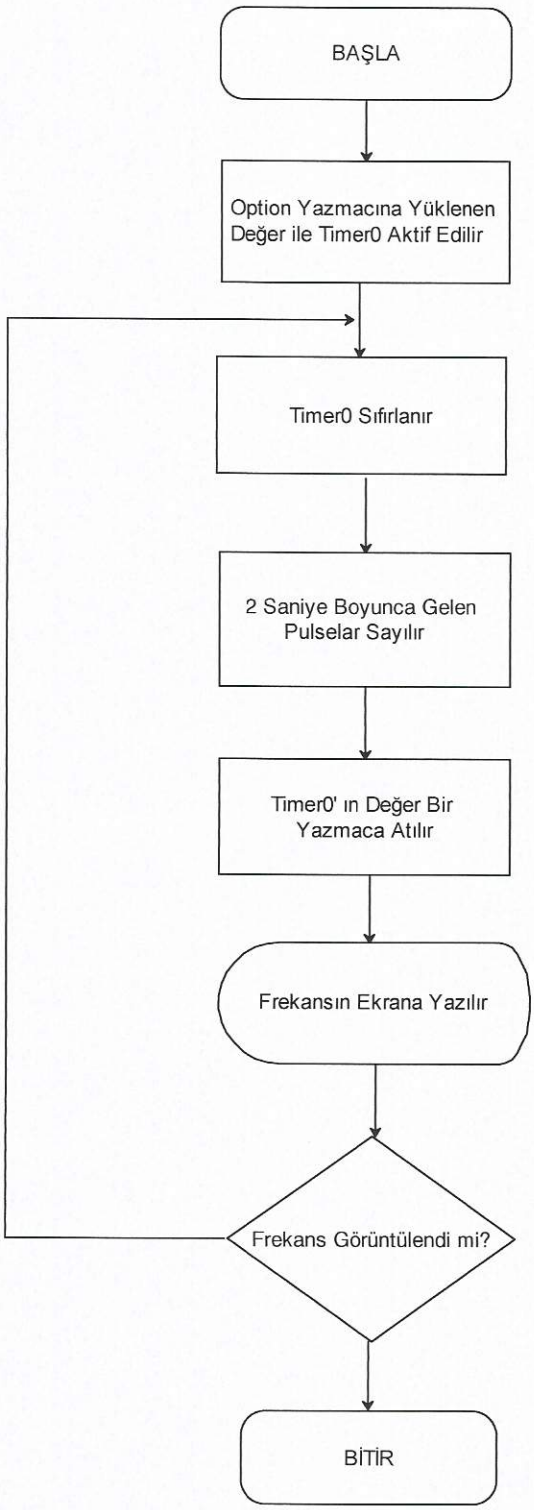
Anlatılmış olan zero-crossing yöntemini kullanarak frekans hesaplaması algoritmasını kullanarak frekans hesaplamak için bir kod yazılmıştır. Kod yukarıda da anlatıldığı gibi mikroişlemciye bir op-ampın çıkışından elde edilen kare dalgaya uygulanacağı için yükselen kenara göre ayarlanan (düşen kenarda olsa bir periyot olacağı için fark etmez.) timer gerilim bilgisi lojik 1 olduğu anda timerı başlatacak, gerilim bilgisi lojik 0 olduğunda ise timerı durduracaktır. Bu timer içindeki bilgi bir yazmaçta saklanacak ve ekrana yazdırılacaktır. PROTEUS 'da bu şekilde oluşturulan kod ile uygulama yapılmıştır. (şekil-12) PROTEUS simülasyonu gerçekleştirilmiş olan devre yukarı da anlatılmış olan zero-crossing dedector çıkışındaki kare dalganın mikroişlemciye uygulanması ile yapılmıştır. Mikroişlemci frekans hesabı algoritmasında ve akış şemasında da anlatıldığı gibi gerekli matematiksel işlemleri gerçekleştirerek frekansı hesaplanış ve bağlamış olan lcd de ekrana yansıtmıştır. Daha sonra burada 16F serisi kullanılarak yapılan bu simülasyon DsPIC ile gerçekleştirilecek ve şehir şebekesi frekansı izlenecektir.

Zero-Crossing Algoritması Kullanarak Frekans Hesabı PROTEUS Uygulaması:



Şekil-11

Frekans Hesabı İçin Yazılmış Kodun akış diyagramı şu şekildedir;

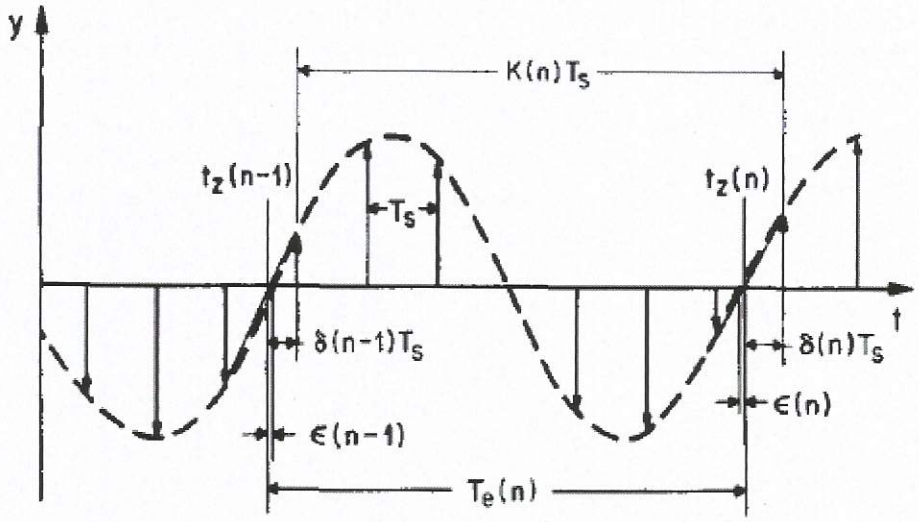


Frekans Hesabı İçin Yazılmış Kod aşağıdaki gibidir;

```
option_reg = 0b10100000;      // option registerına yuklenen sayi ile timer0 kuruldu

frekans_olcum:

{

   tmr0 = 0; // timer0 sifirlanir

   delay_ms (20000);            // 2 sn beklenir. 2 sn boyunca pulselar sayılıyor

   frekans = tmr0;              // tmr0 in değeri frekansa atanır

   lcd_gotoxy (0x40, 0);        // lcd'nin başlangıç adresi

  printf(LCD_PUTC, " Frekans = %3.1W", frekans);          // lcd'ye veri gönderildi

  lcd_putc('H');              // h ve z harfleri yazılır

  lcd_putc('z');

  goto frekans_olcum;      // ayni is bir daha yapılır

}
```

2. SİNÜS EĞRİSİNİ KARE DALGAYA ÇEVİRMEDEN ZERO- CROSSİNG UYGULAMA

Harmoniksiz dalganın frekansını bulmak için iki yöntem vardı bu ikinci yöntem yani sinüs dalgasını kare dalgaya çevirmeden frekans hesabını gerçekleştirebiliriz.



Bu şekilde sinüs dalgası örnekleniyor. Bu sinüs dalgasının bir periyodu Te(n) olarak gösteriliyor. K(n), bir periyot üzerindeki örnekleme sayısı. Dirac(n-1)Ts ve dirac(n)Ts sıfır geçiş noktalarından bir sonraki örnekleme arasındaki süreyi gösteriyor. Ts de iki örnekleme arasındaki süredir. Bu parametreleri kullanarak frekans hesabını şu şekilde gerçekleştirebiliriz.

$$T_e(n) = [K(n) - \delta(n) + \delta(n-1)]\, T_s$$

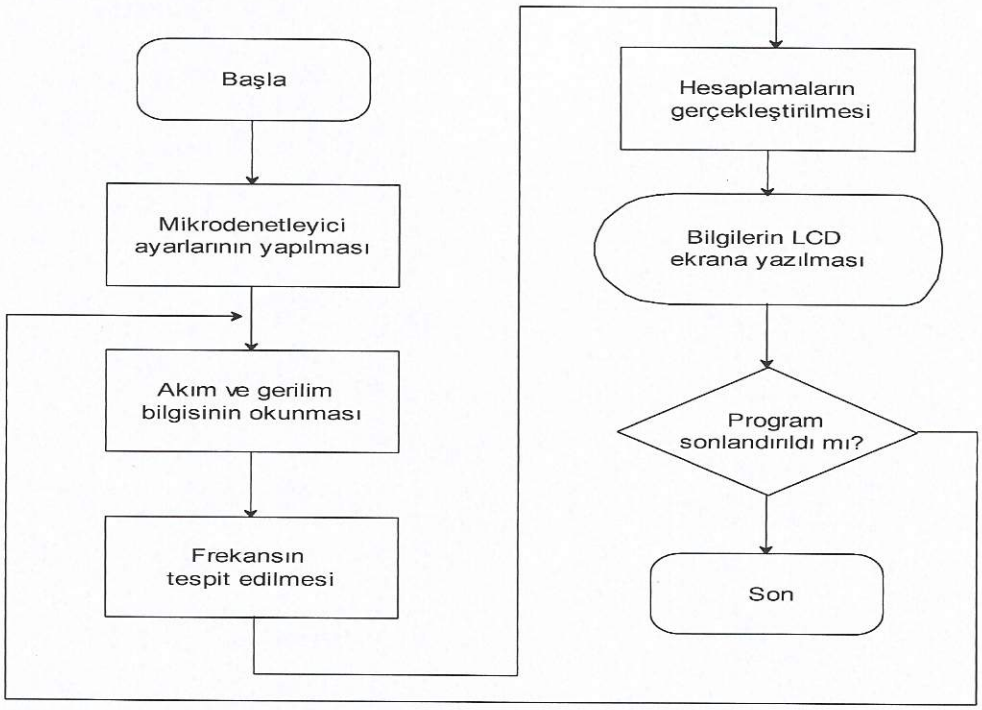
Te(n) : Sinüs dalgasının periyodu.
K(n): Bir periyot üzerinde ki örnekleme sayısı
Ts: İki örnekleme arasındaki süre

2.3.2. GÜRÜLTÜ VE HARMONİĞE KARŞI DUYARSIZ YÖNTEMLER

Gürültü ve harmoniğe duyarlı yöntemler ise zero-crossing yönteminin fourier ile birlikte kullanımı ve Least Mean Square (LMS) yöntemleridir. İkinci yarıyıl sunumunda ayrıntılı bir şekilde anlatılacaktır.

Frekans İzleme Akış Şeması Aşağıdaki Gibidir:

Bu akış diyagramı projenin uygulama kısmında mikro işlemcideki frekans hesabını ve sonrasında hesaplanan frekansın güç sistemlerinin denetimi için lcd ye aktarılmasını göstermektedir. Bu dönem pic ile gerçekleştirmiş olan frekans hesabı PROTEUS simülasyonunu gerçekleştirilmiştir. İkinci dönem akım gerilim uygunlaştırıcı devre(devre çizimleri ve baskı devreleri gerçekleştirilmiştir.) kullanarak şehir şebekesi frekansı DsPIC ile görüntülenecek. DsPIC uygulama kartında yer alan grafik Lcd de bu değer gösterilecektir.



** *Şekil 16 'da gerilim uygunlaştırıcı devre çizimi görülmektedir.*

3. UYGULAMA

3.1 DsPIC (Digital Signal Controller) NEDİR?

Projemin uygulama kısmında dspic kullanılacaktır. Sayısal sinyal işleyiciler(dsPIC'ler), mikroişlemcilerin ve dspleri birleşimi olarak düşünülebilirler. Sayısal sinyal işleyicilerin mikroişlemciler gibi hızlı interrupt kaynakları ve PWM, Watch dog timer gibi çevresel arayüz birimlerivardır. Dspler gibi MAC üniteleri ve çok geniş accumulatorleri vardır.

Kullanım Alanları: Akıllı sensörler, yangın ve güvenlik sistemleri, anahtarlamalı güç kaynağı(SMPS), biyomedikal cihazları gibi daha birçok alanda dspic' ler kullanılmaktadır

Şekil 12 de bir dspic görülmektedir.

Şekil -12

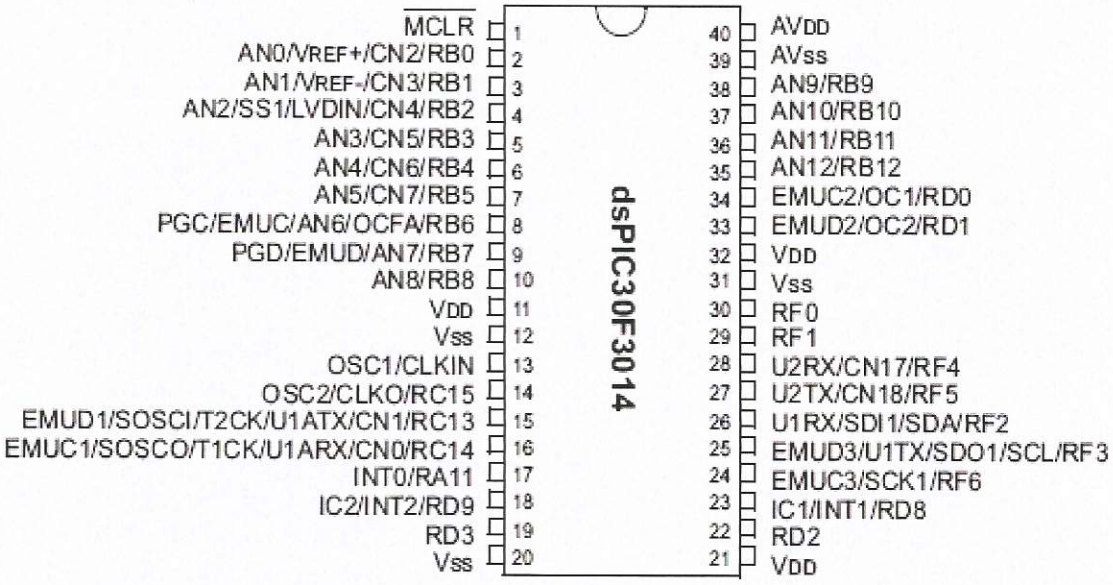
3.2 DsPIC 30F SERİSİ 4013 ÖZELLİKLERİ

- 5 adet 16 bitlik timer
- 12 bitlik ADC(16 kanallı)
- 16 bit capture/PWM output
- Tek döngü(single cycle)'de MAC(multiply and accumulate) operasyonu
- İki adet 40 bitlik accumulator
- 41 adet interrupt kaynağı
- 83 adet temel komut

Teknik Özellikleri

- ❑ Çalışma gerilim aralığı : 2.5 - 5.5 V
- ❑ Çalışma sıcaklık aralığı -40°C to +125°C

Aşağıda kullandığım dsPIC 30F4013 ve bacak bağlantıları görülmektedir.



Şekil-13

3.3 ADC NEDİR?

- Basınç, sıcaklık, ağırlık, hız gibi fiziksel değişimi veya akım, gerilim, frekans gibi analog elektriksel büyüklüklerin, 0 ve 1 gibi sayısal verilere dönüştürmeye "Analog-Sayısal çevirme" ve bu çevirmeyi yapan devrelere de ADC (Analog-Sayısal çevirici) devreleri denir.

- ADC çeviricilerin en önemli özellikleri,

  - Çözünürlük

  - Çevrim süresi

  - Doğruluk

Çevirici çıkışının giriş değerine verdiği tepkiye çözünürlük, girişe göre çıkışın beklenen durumu alma süresine çevrim süresi, girişe göre çıkıştan elde edilmesi beklenen teorik çıkışla elde edilen çıkışın karşılaştırılmasına doğruluk denir.

3.4 DsPIC 30F4013 ADC'sinin GENEL ÖZELLİKLERİ

- 16 bitlik 6 adet register bulunmaktadır.
- Çevrim süresi(minumum)=334ns
- Örnekleme süresi(15xçevrim süresi)=5.01 us

- Vref=5V ve

  n=12 (12 bitlik A/D) olduğundan;

Çözünürlük = Vref / 2^n= 5V / 2^{12} = 0.00122

- Maksimum örnekleme frekansı= 1/örnekleme süresi =200kHz

3.5 ADC ÖRNEKLEME FREKANSI VE ÇEVRİM SÜRESİ HESAPLARI

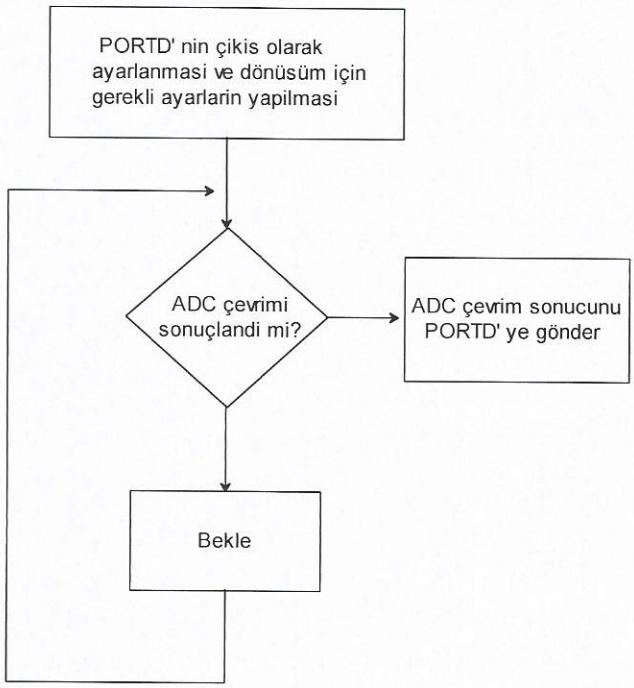
TAD= 334 ns (minimum)
TCY= 33.33 ns (30 MIPS)
ADCS<5:0> = (2TAD/ TCY)-1
= [(2*334ns)/33.33ns]-1
= 19

ADCS<5:0>= 19
SSRC<2:0>= 111 ve SAMC<4:0>= 00001
Örnekleme süresi= Çevrim Süresi + Edinim Süresi
= TAD + 14TAD = 15 TAD = 15*334 ns
Örnekleme Frekansı = 1 / Örnekleme süresi = 1 / 15*334 ns
= 200 kHz

3.6 ADC ÇEVRİMİ ALGORİTMASI

ADC üzerinde çalışabilmek için, ilk olarak ADC' nin nasıl dönüşüm yaptığı bilinmelidir. Aşağıdaki algoritma ve kodlar ADC' nin nasıl çevrime başladığı ve çevrimin bittiğini nasıl anladığını göstermektedir.

ADC Çevrimi Akış diyagramı şu şekildedir;



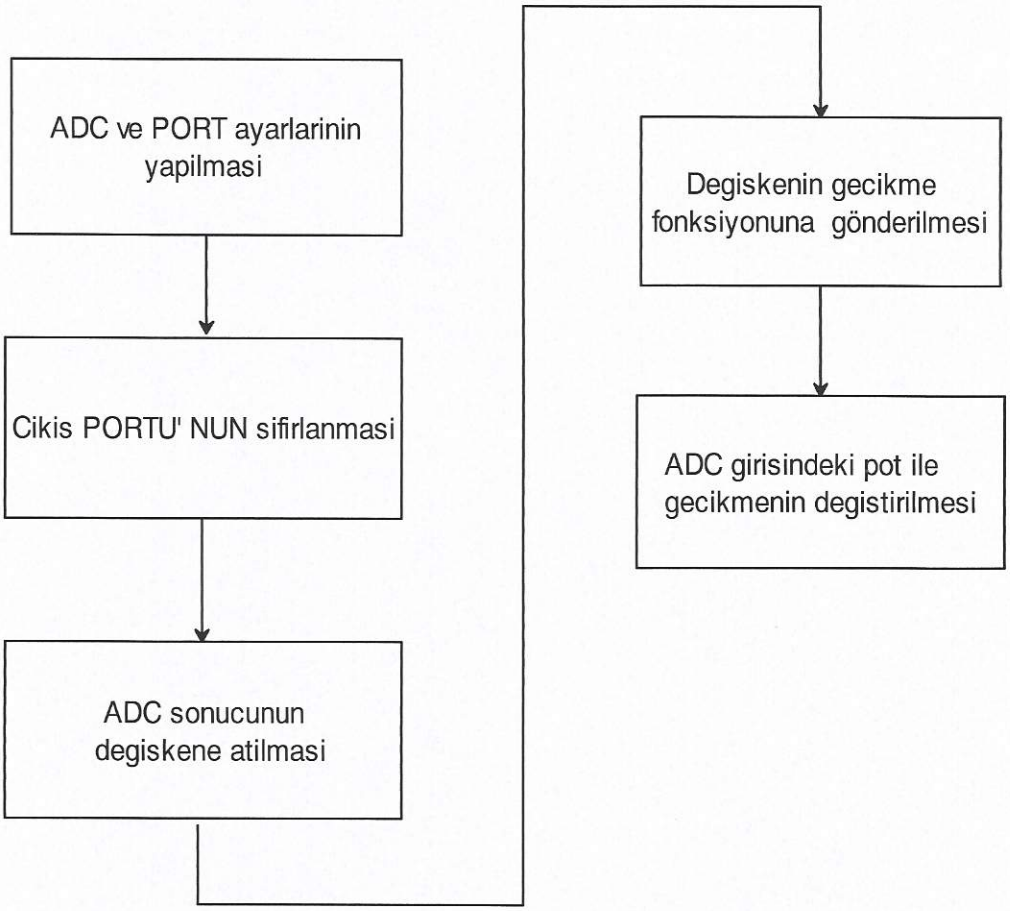
ADC çevrim kodu aşağıdaki gibidir;

```
void adc_cevrim()
{
ADCON1.F1 = 1;              // ADC dönüsümünü baslat
while (ADCON1.F0 == 0)
{
            asm                 dönüşümün bitmesi
            {                 beklenir
              nop;
              }
}
 PORTD = ADCBUF0;           // ADC sonucunu PORTD' ye
      gönder
```

3.7 ADC ÜNİTESİ ÜZERİNDE YAPILAN İŞLEMLER

Projede ADC kullanacağımız için ADC'nin çalışmasını anladıktan sonra aşağıdaki program gerçekleştirilmiştir. Bu program DC girişindeki potansiyometre ile portlar üzerinde gecikme sağlanması ve bu gecikmenin el ile değiştirilmesi işlemini yapmaktadır.

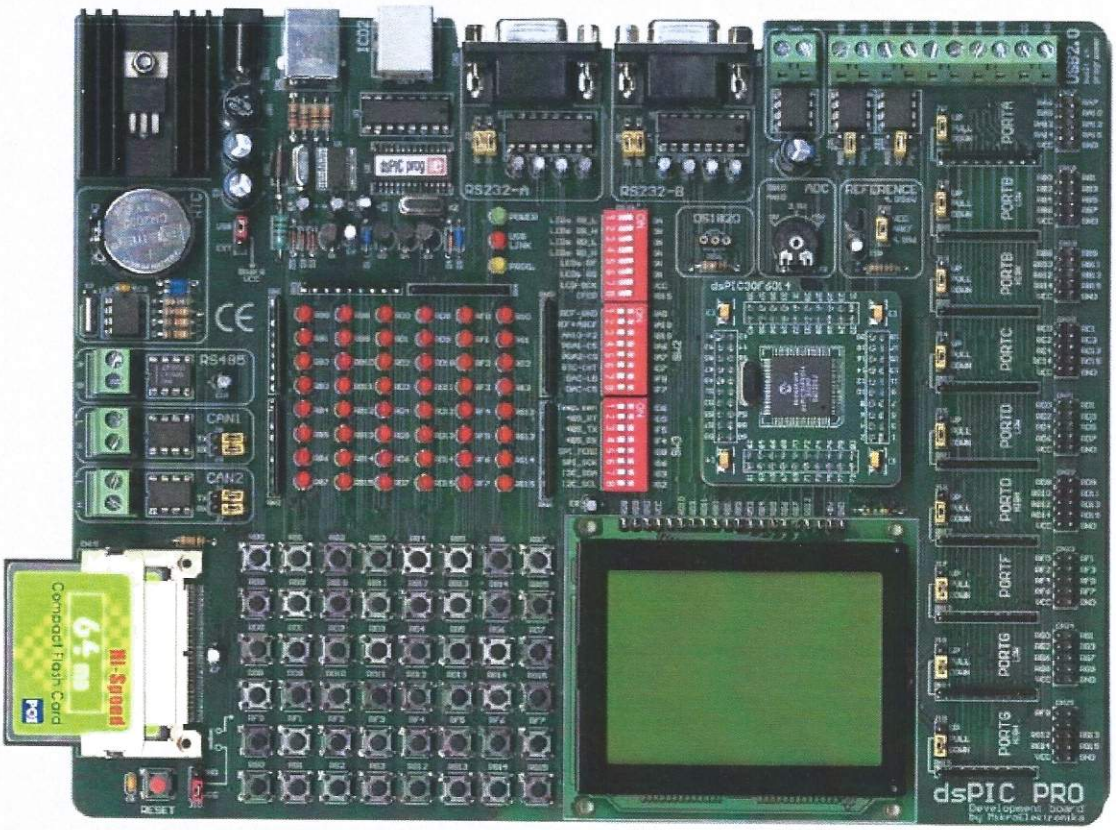
Akış diyagramı şu şekildedir;



Program kodu şu şekildedir;

```
unsigned adcRes;            // ADC sonucunun atanacağı değişken
void gecikme(unsigned);     // Gecikme fonksiyonu
void main() {
ADPCFG=0x0000;
TRISF=0x00;                 // PortF çıkış, PortB giriş olarak ayarlandı
TRISB=0xFFFF;
while(1)
{
    PORTF=0x00;
    adcRes = ADC1_Read(1);; // ADC sonucu değişkene atandı
    gecikme(adcRes);        // ADC sonucu gecikme fonksiyonuna gönderiliyor
    PORTF=0xFF;
    gecikme(adcRes);        // ADC sonucu gecikme fonksiyonuna gönderiliyor
}
}

void gecikme(unsigned g)
{
    int i=0;      // İlk döngü değişkeni
    int j=0;      // İkinci döngü değişkeni
    for(i=0;i<g;i++)
    {
      for(j=0;j<g;j++)
      {
        asm
        {
        nop       // No operation
        }
      }
    }
}
```

3.8 DsPIC UYGULAMA GELİŞTİRME KARTI VE ÖZELLİKLERİ

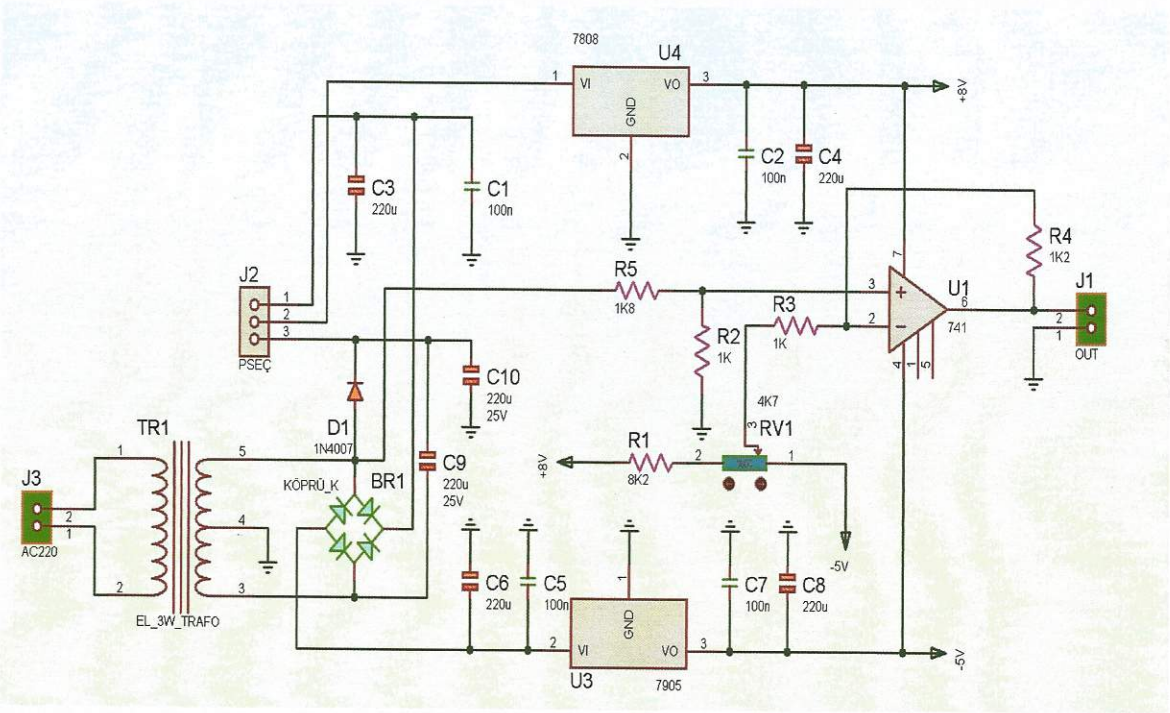


Şekil-14

Kartın Özellikleri:

- Yüksek hızda USB programlayıcı
- Devre kartı üzerinde derleyici(MikroC, MikroBasic gibi DsPIC programlayıcılar ile uyumlu)
- İki adet analog potansiyometre
- Grafik LCD
- 5V besleme girişi(Vref)
- 12 bitlik seri DAC

3.9 GERİLİM UYGUNLAŞTIRMA DEVRESİ



Şekil-15

Şekildeki devre şehir şebekesinden alınan 220V genlikli sinyali, mikrodenetleyici tabanlı devreye uygun hale getirmek amacıyla tasarlanmıştır. TR1 trafosu 220V genliğindeki sinyali + - 7.5 V' a düşürmek için kullanılmaktadır. Köprü diyot ve onun çıkışına bağlı olan kapasitörler 7.5 V AC gerilimi DC gerilimi çevirmektedir. DC gerilime çevirmemizdeki amaç, op-amp' ın beslemelerini sağlamaktır. Devrede kullanılan PSEÇ adlı komponent' in 2. ve 3. bacaklarını bağladığımız zaman girişine gelen gerilimi yükseltir. Gerilimi yükseltmemizdeki amaç 7808 entegresinin çıkışından 8V gerilim edebilmek içindir. Op-amp'ın pozitif besleme girişine 8V bağlarız. Çünkü pratikte op-amp kayıplıdır. Yani çıkış geriliminde kaybı göz önünde tutarak işlem yapmamız gerekir. 7808 entegresinin girişine en az 11 V gelmelidir ki çıkışta 8 V gerilim görelim.

TR1 trafosunun pozitif çıkışından alınan 7.5 V' luk gerilimi düşürmek için dirençler ile gerilim bölücü yapıyoruz. Daha sonra bu gerilimi kazancı nerdeyse 1 olan op-amp ile çıkışa iletiyoruz. AC gerilimin negatif kısmını mikrodenetleyicinin ADC' si okuyamayacağından 0V seviyesinin üstüne çıkarılması gerekir. RV1 pot direnci ile kaç volt seviyesine çıkaracağımızı ayarlarız. Çıkış geriliminin 5 V_{p-p} değeri sağlanarak mikrodenetleyiciye uygun hale getirmesi sağlanır.

4. SONUÇ

4.1 BİRİNCİ YARIYILDA GERÇEKLEŞTİRİLEN HEDEFLER

- ✓ Şehir şebekesindeki temel frekans, frekans değişimleri, frekans izleme ve frekans izleme nedenleri araştırıldı ve öğrenildi.
- ✓ Frekans izlemek için kullanılan tüm yöntemler araştırıldı. Bu yöntemlerin avantaj ve dezavantajları karşılaştırıldıktan sonra, şehir şebekesi frekansını izlemek için yazılacak kodda kullanılacak en başarılı yöntemler seçildi, araştırıldı ve öğrenildi.
- ✓ Seçilen bir yöntem için kod yazıldı ve simülasyonu gerçekleştirildi.
- ✓ Şehir şebekesi frekansını izlemek için ikinci yarıyılda gerçekleştirilecek kod için akış şeması oluşturuldu.
- ✓ Projenin donanım kısmında kullanılacak olan DsPIC30F serisinin tüm özellikleri araştırıldı ve öğrenildi.
- ✓ DsPIC ile kısa kodlar yazıldı.
- ✓ Projede ADC kullanacağı için ADC' nin genel özellikleri araştırıldı ve öğrenildi.
- ✓ Kullanılacak olan DsPIC30F 4013 ' ün ADC özellikleri öğrenildi.
- ✓ Bu ADC kullanımı ile ilgili kodlar yazıldı.
- ✓ Kullanılacak olan DsPIC uygulama kartının özellikleri ve çalıştırılması öğrenildi.
- ✓ DsPIC için yazılan kodlar bu kartta uygulanarak çalışması tam olarak öğrenilmiş oldu.

  - Böylece ikinci yarıyılda DsPIC kullanılarak ve DsPIC uygulama kartındaki LCD ekranda görüntülenecek kod yazımı için ön çalışmalarımız, teorik bilgilerimiz ve pratik yapmak için alıştırmalarımızı tamamlamış olduk.

✓ En son olarak da şehir şebekesi frekansı görüntüleneceği için bir gerilim uygunlaştırıcı devreye ihtiyaç vardır. Bu devrenin çizimi ve baskı devresi ikinci yarıyılda kullanılmak üzere gerçekleştirilmiştir.

4.2 İKİNCİ YARIYILDA GERÇEKLEŞTİRİLECEK HEDEFLER

✓ Seçilen frekans izleme yöntemleri kullanılarak şehir şebekesi frekansı izlemek için kod yazılacak ve yazılan bu kod kullanılacak olan DsPIC uygulama geliştirme kartının grafik ekranında görüntülenecektir.

5. KAYNAKLAR

5.1 YARARLANDIĞIM MAKALELER

- Z. Salcic, Z. Li, U.D. Annakkage, N. Pahalwaththa, A comparison of frequency measurement methods for under frequency load shedding, Electric Power Syst. Res. 45 (1998) 209–219.

- V. Friedman, \A zero crossing algorithm for the estimation of the frequency of a single sinusoid in white noise," IEEE Trans. Signal Processing, vol. 42, pp. 1565 { 1569, June 1994.

- Frequency measurement of distorted signals using Fourier and zero crossing techniques Milenko B. Djuri´c, ˇ Zeljko R. Djuriˇsi´c ∗ *Faculty of Electrical Engineering, University of Belgrade, Bulevar Kralja Aleksandra 73, 11000 Belgrade, Serbia* Received 3 November 2006; received in revised form 26 August 2007; accepted 3 January 2008 Available online 7 March 2008

- Power System Frequency Estimation Using Least Mean Square Technique A. K. Pradhan*, Member, IEEE, A. Routray, Member, IEEE, and Abir Basak*

- Frequency Tracking ih Power Networks in the Presenceof Harmonics Miroslav M. BegoviC ' Petar M. DjuriC * Sean Dunlap Arun G. Phadke ' School of Electrical Engineering, Georgia Institute of Technology Dept. of Electrical Engineering, State University of New York at Stony Brook Dept. of Electrical Engineering, Virginia Polytechnic Institute and State University

- Evaluation of Frequency Tracking Methods David W. P. Thomas*, Member, IEEE and Malcolm S. Woolfson*

- J. Szafran and W. Rebizant, "Power system frequency estimation," *IEE Gen., Trans. and Distrib. Proc., vol. 145, no. 5, Sep. 1998,* pp. 578–582.

- Digital Filtering for Robust 50/60 Zero-Cros sing Detectors Olli Vainio, *Senior Member, IEEE, and Seppo J. Ovaska, Senior Member, IEEE*

- Frequency tracking Techniques of Power Systems Including Higher Order Harmonics J. K. Wu Member, IEEE Department of Electrical Engineering Guangxi University 100 University Rd., Nanning, Guangxi, China 530004

- Frequency measurement under non-sinusoidal conditions M. Mañana, J. A. Rodríguez, F. J. Sánchez, A. Ortiz, L. I. Eguíluz Department of Electrical Engineering E.T.S.I.I.T., University of Cantabria Avda. Los Castros s/n, 39005 Santander (Spain)

- P. J. Moore, R. D. Carranza and A. T. Johns, "Model system tests on a new numeric method of power system frequency measurement," *IEEE Trans. on Power Delivery, Vol.11, No.2, pp.696–701, April, 1996.*

- J. Z.Yang and C. W. Liu,"A Precise Calculation of Power System Frequency,"*IEEE TRANSACTIONS ON POWER DELIVERY, Vol.16,* No.3, pp.361-366,July,2001.

- A. K. Hacaoˇglu and M. J. Devaney, "A new quadratic form based frequency measurement algorithm," in *IEEE Instr. and Meas. Tech. Conference*, Brussels, Belgium, June 4–6, 1996, pp. 1065–1070.

- J. K. Wu, J. Long and J. X. Wang and Y. Liang, "A Fundamental Frequency Estimation Method for Nonsinusoidal Signal Based on Numerical Differentiation, " *in the of Proceedings of 2003 IEEE International Conference on Industrial Technology*,Maribor, Slovenia, December 10 - 12, 2003

- Maohai Wang and Yuanzhang Sun, "A practical, precise method for frequency tracking and phasor estimation," *IEEE Trans. On Power Delivery*, vol. 19, no. 4, Oct. 2004, pp. 1547–1552.

- M. S. Sachdev and M. M. Giray, "A least error squares technique for determining power system frequency,"*IEEE Trans. on Power Apparatus and Systems*, Vol.104, No.2, pp.437–443,Feb.,1985.

5.2 YARARLANDIĞIM İNTERNET ADRESLERİ

- *http://www.teias.gov.tr*
- *http://www.emo.org.tr*
- *http://www.tubitak.gov.tr/*
- *http://tez2.yok.gov.tr*
- *http://www.ieee.org/portal/site*
- *http://www.microchip.com*
- *http://www.dspguide.com*
- *http://www.emko.com*
- *http://www.siemens.com*
- *http://www.inform.com*
- *http://www.normeneji.com*
- *http://www.mikroe.com*