

**T.C.
BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ**

MOTOR ERKEN UYARI SİSTEMİ

Yüksek Lisans Tezi

MUSTAFA SENYÜCEL

İSTANBUL, 2007

T.C.

BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİLİŞİM TEKNOLOJİLERİ BÖLÜMÜ

MOTOR ERKEN UYARI SİSTEMİ

Yüksek Lisans Tezi

Mustafa SENYÜCEL

IŞIK Üniversitesi Elektronik Mühendisliği 2.71/4

Tez Danışmanı: Yard. Doç. Dr. Levent EREN

İSTANBUL, 2007

T.C.
BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİLİŞİM TEKNOLOJİLERİ

Tezin Adı: Motor Erken Uyarı Sistemi
Öğrencinin Adı Soyadı: Mustafa Senyücel
Tez Savunma Tarihi:

Bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak gerekli şartları yerine getirmiş olduğu Enstitümüz tarafından onaylanmıştır.

Doç. Dr. İrini Dimitriyadis
Enstitü Müdürü

Bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak gerekli şartları yerine getirmiş olduğunu onaylarım.

Y. Doç. Dr. Orhan Gökçöl
Program Koordinatörü

Bu Tez tarafımızca okunmuş, nitelik ve içerik açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak yeterli görülmüş ve kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmzalar

Yard. Doc. Dr. Levent Eren

Doç. Dr. Ayhan Albistan

Yrd. Doç. Dr. Yalçın Çekiç

ÖZET

MOTOR ERKEN UYARI SİSTEMİ

Senyücel, Mustafa

Bilişim Teknolojileri

Tez Danışmanı: Yard. Doç. Dr. Levent Eren

Gelişen ekonomik şartlar, bireyin tüketim alışkanlıklarını da çok yönlü olarak değiştirmiştir. Bireyler artık daha çok tüketme alışkanlığı kazanmıştır. Bunun bir sonucu olarak, üretim modelleri de değişmiştir. Eskiden kullanım ömrü on yıllarla ölçülen birçok ürün, artık 5–6 yıllık kimi ürünlerde daha kısa, kullanım ömrüne sahip olarak tasarlanmaya ve üretilmeye başlamıştır. Pazarlama zincirinin en önemli halkası üretim olmaktan çıkmış, onun yerini artık satış işlemi almıştır. Yani üretilen her ürünün pazarda kendine bir yer bulma garantisi yoktur. Bunun en önemli nedeni ise küreselleşen dünyada herkesin benzer şeyleri benzer kalite ve maliyetlerle üretmeyi başarmasıdır. Böyle bir tüketim ekonomisinde üretimleri zamanında yapmakta çok büyük bir önem kazanmıştır. Bir üretim bandının herhangi bir nedenle aksaması, durması o işletmeye çok büyük zararlar verecek belki de çok büyük bir Pazar payı kaybetmesine neden olacaktır.

Üretim bantlarının beklenmedik arızalarına engel olmak için neler yapılabilir? Üretim bantlarının en önemli parçaları 3 Faz Elektrik Motorlarıdır. 3 Fazlı Elektrik Motorları üretim bantlarının yanı sıra birçok alanda daha kullanılmaktadır. Eğer bu motorların arızalarının ne olacağı ve ne zaman olacağı önceden tahmin edilebilirse, üretimde meydana gelebilecek aksamalar engellenebilir veya en azından en aza indirgenebilir.

Bu tez çalışmasında 3 Fazlı Motorların arızalarının nasıl önceden, daha üretimi durduracak düzeye gelmeden belirlenebileceği incelenmiştir. Bu inceleme işlemi için 3 Fazlı Motorların akım faz bilgileri kullanılmış ve bu akım bilgileri Matlab Yardımıyla, frekans spektrumunda çizdirilerek incelenmiştir. Bu inceleme sonucunda Rotor Hatalarının hangi frekanslarda ve ne şekilde görüldüğü gözlemlenmiştir. Daha sonra Neural Solutions Programı kullanılarak bir Sinirsel Ağ (Neural Network) oluşturulmuş ve bu sistemin eğitimi elimizdeki sağlıklı ve rotor hatasına sahip veriler kullanılarak yaptırılmıştır. Bu sistemin test verileri de bu tez çalışmasında sunulmuştur. Yapılan araştırmalarda motor hatalarının %9' unun Rotor Hatası olduğu gözlemlenmiştir. Buda demektir ki, bu sistem sayesinde motor hatalarından kaynaklanan üretim aksamalarının %9 önlenmiş olacak.

Anahtar Kelimeler:

İndüksiyon Motorları, Rotor Hataları, Erken Uyarı Sistemleri, Yapay Sinir Ağları, Motor Akım Analizi

ABSTRACT

Motor Early Fault Detection System

Senyücel, Mustafa

IT Technologies

Thesis Adviser: Ass. Prof. Dr. Levent Eren

The developing economic conditions have changed the consuming habits of individuals in multiple ways. Individuals have gained habits to consume more. As a result, production models have also changed. Many products which were estimated to have a lifespan of ten years are now designed and produced with a lifespan of 5–6 years, or even less for some products. Production has stopped being the most important ring of the marketing chain, and it has been replaced by the sales process. That is, not every product has a guarantee to find its place in the market. The most important reason of this is the fact that everybody succeeds in producing similar things at similar quality and similar costs in a globalizing world. Doing productions in time has gained in importance in such a consumption economy. The disruption or stopping of a production line for whatever reason will cause a great damage to the company or even result in a loss of a great market share.

What can be done to prevent unexpected breakdowns of the production lines? The most important parts of production lines are 3 Phase Electrical machines. 3 Phase Electrical Engines are used in many other areas in addition to production lines. If it can be predicted what these engine defects will be and when they will happen, breakdowns in the production can be prevented or at least minimized.

This thesis studies how to predict 3 Phase defects before they can advance to the level where they can stop production. The current phase data of 3 Phase motor has

been used for this study, and these current data have been performed by spectral analysis with the help of Matlab. At the end of this study, it was ascertained at which frequencies and how the Rotor Defects are observed. Then, the Neural Solutions Program was used to create a Neural Network, and the training of this system was done using the healthy data and the data with a rotor defect available. The test data of this system have been provided in this thesis study. Other study showed that 9% of the motor defects are Rotor Defects. That means that 9% of production disruptions caused by engine defects will be prevented with the help of this system.

Key Words:

Induction Motor, Rotor Faults, Early Fault Detection, Artificial Neural Network, Motor Current Signature

İÇİNDEKİLER

1. GİRİŞ.....	1
1.1 LİTERATÜR.....	3
1.2 KURAMSAL TEMELLER.....	4
1.2.1. Hızlı Fourier Dönüşümü ve Ayrık Fourier Dönüşümü.....	4
1.2.2. Uygulama Alanları.....	7
1.2.2.1.Frekans Analiz.....	7
1.2.2.2.Veri Sıkıştırma.....	8
1.2.2.3.Kısmi Difransiyel Denklemleri.....	8
1.2.3. Dijital Sinyal İşleme (DSP).....	8
1.3 Sinirsel Ağ.....	10
1.3.1. Sinirsel Ağ Nedir?.....	10
1.3.2. Sinirsel Ağ (ANN) Öğrenme İşlemini Nasıl Gerçekleştirir?.....	12
1.3.2.1. Denetleyerek Öğrenme (Supervised Learning).....	12
1.3.2.2. Denetlemeyerek Öğrenme (Unsupervised Learning).....	13
1.3.2.3. Takviye Öğrenme (Reinforced Learning).....	13
1.4 3 Faz (Phase) AC Motor.....	13
1.4.1. Rotor.....	15
1.4.2. Statör.....	15
1.5 Rotor Hatası (Rotor Bearing).....	16
2. VERİ ve YÖNTEMLER.....	18
3. BULGULAR.....	22
4. TARTIŞMA ve SONUÇ.....	29
REFERANS.....	30
KAYNAKÇA.....	31
ÖZGEÇMİŞ.....	32
EKLER (MATLAB KODLARI).....	33

ŞEKİLLER

Şekil 1 : Zaman - Frekans.....	5
Şekil 2 : Sinüs Sinyali.....	9
Şekil 3 : Örneklenmiş Sinüs Sinyali.....	10
Şekil 4 : Yapay Sinirsel Ağ (Artificial Neural Network) 1.....	11
Şekil 5 : Yapay Sinirsel Ağ (Artificial Neural Network) 2.....	12
Şekil 6 : 3 Faz Elektrik Sinyalinin Grafikli Gösterimi.....	14
Şekil 7 : Rotor 1.....	15
Şekil 8 : Rotor 2.....	15
Şekil 9 : Statör.....	15
Şekil 10 : Silindirik Hareket.....	16
Şekil 11 : Eksantrik Hareket.....	17
Şekil 12 : Veri Toplama Seti.....	18
Şekil 13 : Sağlıklı Motordan Alınan Akım Bilgileri Zaman bölgesi.....	19
Şekil 14 : Sağlıklı Motordan Alınan Akım Bilgileri Frekans bölgesi.....	20
Şekil 15 : Rotor Hatasına Motordan Alınan Akım Bilgileri Zaman bölgesi.....	21
Şekil 16 : Rotor Hatasına Sahip Motordan Alınan Akım Bilgileri Frekans bölgesi.....	21
Şekil 17 : Rotor Bar Kırılmaları 30-60 Hz.....	23

Şekil 18 : Sağlam Motor 30-60 Hz.....24

Şekil 19 : Öğrenilen MSE Eğrisi.....25

TABLÖLAR

Tablo 1 : Sinirsel Ağ (Artificial Neural Network) Sonuçları 1.....27

Tablo 2 : Sinirsel Ağ (Artificial Neural Network) Sonuçları 2.....28

KISALTMALAR

Fast Fourier Transform : FFT

Discrete Fourier Transform : DFT

Elektro Manyetik Alan : EMA

Sonlu Eleman Modeli : SEM

Motor Conditions Monitor : MCM

1. GİRİŞ

Yaşamakta olduğumuz çağın bizlere sunmuş olduğu hızlı tüketim alışkanlıkları, beraberinde hızlı ve doğru üretimi de mecbur kılmıştır. Tek seferlik kullanılan ürünlerin üretilmesi, insanların daha çok tüketim alışkanlığının kazanmasına neden olmuştur. Bununla beraber, tüketime yönelik ekonomilerin gelişmesi sonucunda, üretimi en verimli şekilde yapmak, fabrikaların üretim bantlarını bu doğrultuda çalıştırmak bizler için büyük bir mecburiyet olmuştur.

Sorunsuz bir üretim yapabilmenin öncelikli şartı, sorunsuz çalışan bir üretim alt yapısı kurmaktan geçer.

Bu hızlı ve sorunsuz çalışan sistemi hayata geçirmek kadar onu ayakta ve daima ilk günkü kadar verimli tutabilmekte çok önemlidir. Bu ilk günkü verimi koruyabilmenin en iyi yolu ise sistemin bakım ve onarımının aksatılmadan yapılmasında geçer.

Bir firmanın teslimatlarını gününde yapamaması, o firma için büyük bir Pazar kaybına ve belki de orta vadede o firmanın iflasına neden olabilir.

Bu da demektir ki bir fabrika kurulurken “Her ne olursa olsun, üretim durmasın yada durması şart ise mümkün olan en kısa süre için dursun” ilkesi ön planda tutulmalı ve her şey bu yönde hesaplanarak kurulmalıdır.

Bu noktada ise aklımıza takılan soru, durmaksızın işlemesi gereken bu üretim bantlarımızın arıza vermesine, üretim dışı kalmasına nasıl engel olabileceğimiz, ya da onların **bakımlarını en sağlıklı şekilde ne zaman yapabileceğimizdir.**

Hiç arıza yapmayan, hiç bakım gerektirmeyen bir sistem yapmak mümkün değildir. Çalışan her sistem belli bir süre içerisinde çeşitli düzenlemelere, bakım ve onarıma ihtiyaç duyar.

Birçok üretim ve üretim bandının en önemli parçalarından biri ise “3 Faz Motorlardır”. Bu çalışmada 3 faz motorların arızalarının nasıl ve hangi yöntemlerle erken tespit edilebileceğini inceleyeceğiz.

Eğer arıza daha meydana gelmeden, oluşacak arızayı tespit edebilirsek, üretim planının ona göre yapılması ve bu plan doğrultusunda en uygun zamanda üretimi durdurup gereken bakımları yapma şansına sahip olunabilir.

Arızayı önceden tespit etmeye yarayan bu sistemler, Motor Erken Uyarı Sistemi (MCM Motor Condition Monitor) olarak adlandırılırlar. Basit olarak açıklamak gerekirse, bir motorun, 3 faz gerilim bilgisi, bazı uygulamalardan geçtikten sonra motorun temel durumuyla ilgili bize bilgi verir.

Bu inceleme işlemi Frekans Spektrumunda ve DFT dönüşümü yapıldıktan sonra yapılır, alınan veriler basit bir algoritmayla Artificial Neural Network (Sinirsel Ağ) metodu kullanılarak sağlıklı olduğu kesin olan verilerle karşılaştırılır böylelikle var olan hatalar belirlenir.

1.1.Literatür

Motorlarda meydana gelen arızaları önceden belirleyebilmek için kullanılan birçok yöntem vardır. Bu yöntemlerin her biri kendi içerisinde çeşitli avantajlara ve dezavantajlara sahiptir. Bu avantajlar ve dezavantajlar motorun kullanım yerine göre değişiklik göstermektedir.

Kullanılan yöntemlerden birisi motordan alınan titreşim ve akım işaretlerinin istatistiksel ve dalgacık analizleri sonucu motor arızalarına ilişkin özelliğini çıkarmaya yönelik bir yöntemdir². Alınan bu verilerin bir arada incelenmesi sonucu kohorent fonksiyonu (Eş Fazlı Fonksiyon) tanımlanır ve motor arızasının en baskın görüldüğü frekans değeri belirlenir. Daha sonra bu ilişki bir Yapay Sinir Ağına öğretilerek arıza frekanslarının bu yapay sinir ağı tarafından saptanması sağlanabilir.

Diğer bir yöntemse motorun çeşitli yerlerine yerleştirilen sensorlar vasıtasıyla, motordan gelen titreşim verilerinin alınmasıyla çalışır³. Motordan gelen titreşimler motorun hızına göre değişim göstereceği için aynı zamanda motorun hız bilgisi de alınır. Bu veriler incelenerek motorun genel çalışma eğrisi çıkarılır. Bu çalışma eğrisi çıkarma işlemi ne kadar uzun tutulursa motor durumu hakkında karar verme işlemi o kadar sağlıklı olur.

Diğer bir yöntem ise Elektro Manyetik Alan etkilerinden yola çıkarak tasarlanmıştır⁴. Bu yöntemde ise sistemin akım yolunda meydana gelen empedans, buradan akan akımın oluşturduğu Elektro Manyetik alan ve diğer nedenlerden oluşan Elektro Manyetik Alanın (EMA) oluşturmuş olduğu Dengesiz Manyetik Çekim (DMÇ, Unbalanced Magnetik Pull) tam olarak hesaplanır. Daha sonra bu veriler Sonlu Eleman Modeli (SEM, Finite Eleman Model) kullanılarak işlenir ve var olan arızalar belirlenir. Daha teknik bir açıklamayla motorda meydana gelen arıza rotor ve stator arasındaki magnetik akıda değişime neden olur.

Yukarıda bahsedilen yöntemlerden de kolayca anlaşılacağı gibi, var olan tüm metotlar, motordan çeşitli sensorlar vasıtasıyla veri alıp, aldığı bu veriyi çeşitli kriterlere göre sınıflandırma temeline dayanarak çalışır. Bu sınıflandırmalar genellikle sağlıklı verilerle karşılaştırılarak yapılır ve arıza var olup olmadığı eğer varsa nasıl bir arıza olduğu belirlenir.

1.2.Kuramsal Temeller

1.2.1. Hızlı Fourier Dönüşümü (Fast Fourier Transform (FFT)) ve Ayrık Fourier Dönüşümü (Discrete Fourier Transform (DFT))

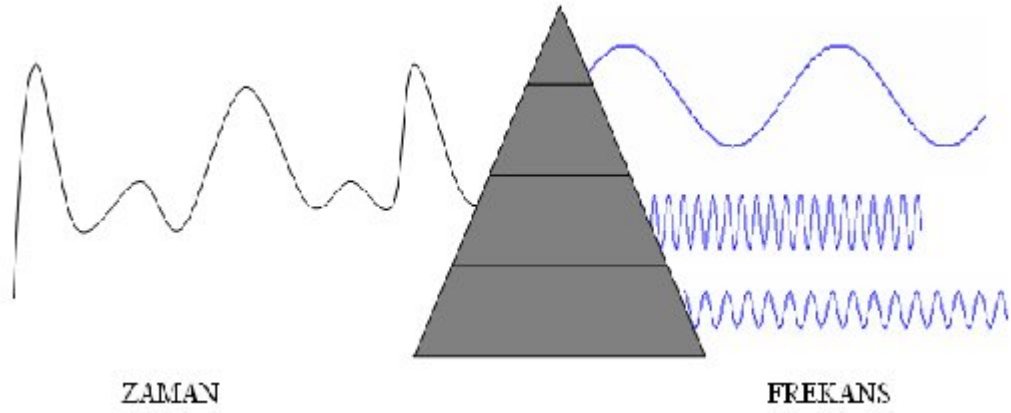
Fourier Transform sinyallerin zaman bölgesinden frekans bölgesine dönüşümünü sağlayan matematiksel bir işlemdir. Fourier Dönüşümü Jean Baptiste Joseph Fourier (March 21, 1768 - May 16, 1830) tarafından bulunmuş, temeli her periyodik fonksiyonun çeşitli genlikte ve frekansta sinüs ve kosinüs fonksiyonlarının toplamı şeklinde yazılabilme ilkesine dayanan yaklaşımdır. Güncel hayatta genellikle zaman bölgesini kullanırız. Zaman bölgesinde sinyal zamana bağlı olarak incelenir. Yani sinyal zamana bağlı olarak tanımlanır. Frekans bölgesinde ise bu işlem frekansa bağlı olarak yapılır. Bu frekansa bağlı tanımlama işlemi Fourier Dönüşümü vasıtasıyla yapılır.

Fourier dönüşümü sonsuz uzunlukta bir dizi için tanımlıdır ve sürekli bir değişken olan ω açısız frekansının bir fonksiyonudur.

Bilgisayar ortamında bu fonksiyonları hesaplayabilmek için dizileri sınırlandırmamız ve sınırlı sayıda nokta (örnek) için değerlendirme yapmamız gerekir. Ayrık Fourier Dönüşümü (AFD, Discrete Fourier Transformu DFT) ile bunu yapabiliriz.

Hızlı Fourier Dönüşümü (Fast Fourier Transform FFT) AFD'nin hesaplama yükünü hafifleten algoritmadır.

FFT'nin hesaplanması yaklaşık olarak $N * \log_2(N)$ işlem sürerken DFT, N^2 işlem sürer (N sample sayısı).Kısacası FFT'nin örneklenmiş sinyale uygulanması DFT olarak isimlendirilir ve bu işlem periyodik sinyalin çeşitli genlik ve frekansta sinüs ve kosinüs bileşenleri olarak tanımlanması amacıyla yapılır. Şekil 1'de FFT basit bir örneklemeyle gösterilmiştir.



Şekil 1
Zaman - Frekans

- FT'nin Formülü:

$$X(f) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t)e^{-i2\pi ft} dt$$

(2.1)

Zaman bölgesinde tanımlanan $x(t)$, sinyalinin Fourier dönüşümü $X(f)$ gösterilmiştir.

Burada t zaman, f ise frekans parametreleridir.

Bu işlem $N * \log_2(N)$ kadardır.

- TERS FT' nin Formülü:

$$X(t) = \int_{-\infty}^{\infty} x(f)e^{-i2\pi ft} df \quad (2.2)$$

Burada t zaman, f ise frekans parametreleridir.

Bilgisayar ortamında bu işlemleri yapabilmek içinse DFT işlemini kullanıyoruz.

- DFT'nin formülü:

$$X_k = \sum_{n=0}^{N-1} x_n e^{-\frac{2\pi i nk}{N}} \quad k = 0, \dots, N-1 \quad (2.3)$$

Burada, 'k' zaman bölgesi, 'n' frekans bölgesi örnek indisini, N alınan örnek sayısı parametrelerini, i karmaşık i' yi, ifade eder.

Bu toplama işlemlerini yapmak N^2 aritmetik işlem kadardır.

- DFT'nin Tersine (IDTF);

$$X_n = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} x_k e^{\frac{2\pi i nk}{N}} \quad k = 0, \dots, N-1 \quad (2.4)$$

Burada, 'k' zaman bölgesi, 'n' frekans bölgesi örnek indisini, N alınan örnek sayısı parametrelerini, i karmaşık i' yi, ifade eder.

FFT, DFT'nin ve tersinin hesaplanabilmesi için geliştirilmiş bir algoritmadır. FFT işlemi için bir çok algoritma oluşturulmuştur. Fakat bunlardan en çok tercih edileni ve kullanılanı ise Cooley – Tukey algoritmasıdır. Cooley ve Tukey'in hızlı Fourier dönüşümü algoritması 2 yada daha fazla sayının çarpımı veya 2'nin bir kuvveti olmadığına bile uygulanabilir olmasından dolayı genel bir algoritmadır. Bu algoritma sayesinde eskiden saatler süren işlem süreleri dakikalara indirgenmiştir.

1.2.2. Uygulama Alanları:

DFT'nin çok geniş bir kullanım alanı söz konusu burada birkaç önemli kullanım alanında bahsedeceğiz.

1.2.2.1. Frekans Analiz:

DFT Frekans analiz için kullanıldığında; $X(t)$ yani giriş sinyali, formal olmayan belirli aralıklarla ve sınırlı sayıda örnekler alınarak tanımlanır, bu örneklendirilerek elde edilen sinyal $X(n)$ olarak sembolize edilir. t zaman değişkenini, n ise alınan örnekleri tanımlar.

Sürekli Zaman bölgesinden, Ayrık Zaman bölgesine geçme işlemi, Fourier Transformdan, Discrete Time Fourier Transform işlemine geçmekle örtüşür. Bu geçiş işleminde örnekleme oranını seçimi bozulmanın asgariye indirilmesi için son derece önemli bir adımdır. Eğer yüksek bir frekansta örnekleme yapılırsa buda çok fazla veri getirir. Dha uzun veri kayıtlarının toplanmasına neden olur. Eğer gerekli olandan daha düşük bir frekansta örnekleme yapılacak olursa buda istenilen frekansın yakalanmasına engel olur. Nyquist Teoremine göre, örneklenilmek istenilen frekansın en az 2 katı büyüklüğünde örnekleme yapılmalıdır. Örnekleme frekansının yarısına karşılık gelen frekans değerine Nyquist frekansı denir. Teorik olarak Nyquist frekansı ya da bunun altındaki frekanslara sahip olan sinyallere ait bilgiler yeniden elde edilebilir⁵.

$$f_{Nyquist} = \frac{f_s}{2} \quad (2.5)$$

1.2.2.2 Veri (Data) Sıkıştırma:

Sayısal İşaret İşleme' de (DSP) birçok analiz ağırlıklı olarak zaman bölgesinde yapılmaktadır. Birçok ses ve görüntü sıkıştırma işlemi FFT ve DFT metotları kullanılarak yapılır.

1.2.2.3. Kısmi Diferansiyel Denklemler (Partial Differential Equations):

DFT birçok kısmi diferansiyel denklemlerinin çözümünde kullanılan bir yöntemdir. Ayrıca limiti sonsuz olan Fourier Serilerinin çözümünde de DFT' ye başvurulur. Fourier serilerin bu şekilde açılmasının avantajı ise sinyalin karmaşık üstel olarak açılması ve bu sayede sinyalin basite indirgenmesini sağlamasıdır.

1.2.3. Sayısal İşaret İşlemcisi (Digital Signal Process (DSP))

DSP birçok alanda uygulamaları görülen, geniş bir konudur. **DSP**'nin tanımını yapmaya kelime tanımlamaları yapılarak başlanabilir.

Sayısal (Dijital): Verilerin numaralar halinde sunumunu sağlamak için ayrı olarak işlenmesi olarak tanımlanabilir.

İşaret (Sinyal): Elektronik devre üzerinden taşınabilen değişken bir parametredir.

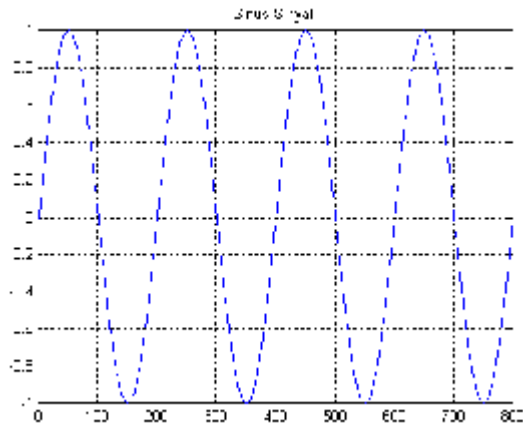
İşlem (Proses): Dataların üzerinde istenilen işlem gerçekleştirilmesi.

Sonuç olarak;

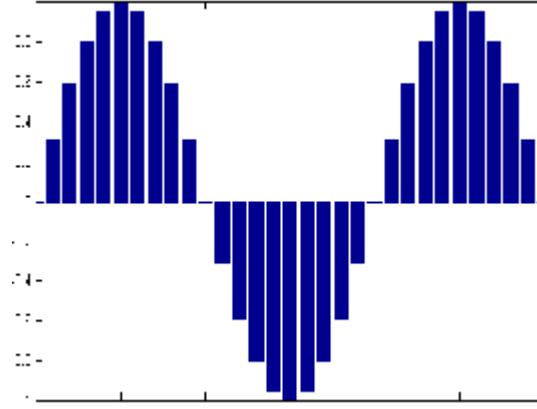
Sayısal İşaret İşlemi: Ayrı seri sayıların incelenmesi ya da işlenmesi Sayısal İşaret İşleme olarak adlandırılır.

DSP, sinyal işleme işlemini gerçek zamanlı olarak gerçekleştiren ve bu sayede aynı anda birçok işlemin yapılmasını sağlayan bir işlemdir. Yaşadığımız çağda kullanmakta olduğumuz, GSM, Radar, Görüntü İşleme ve sayısız birçok alandaki uygulama **DSP** işlemi sayesinde gerçekleştirilir. **DSP** işlemi sayesinde filtreleme, ses tanımlama, veri sıkıştırma, Sinirsel Ağ (Neural Network) ve daha birçok işlem gerçekleştirilebilir. Sinirsel Ağ (Neural Network) işlemi bu çalışmada kullanılan ve daha sonra açıklanacak bir uygulamadır. Kısacası **DSP** 21. Yüzyılda birçok alanda kullanılan ve teknolojinin yönünü belirleyen çok önemli bir işlemdir.

Sayısal işaret işlemcisine, sürekli veriyi giriş olarak verebilmek için analogdan dijitale çeviriciler kullanmak gerekir. Bu işlem A/D Converter olarak adlandırılır. Basit bir anlatımla A/D çeviriciler, analog sinyalden çeşitli aralıklarla veri alarak, bunu sayısal yani dijital veriye çevirmesi olarak tanımlanabilir. Mesela 2 bitlik bir çevirici aldığı analog sinyalde, belirlenen eşik değerinin altındaki tüm değerleri sıfır, üstündeki tüm değerleri ise 1 olarak çevirecektir. Yani 2 bitlik bir çeviricide sadece 2 değer söz konusuken 8 bitlik bir çeviricide 256, 10 bitte ise 1024 farklı değer söz konusudur. Bit sayısı arttıkça sinyalin kalitesi de artacaktır. Bunu görsel bir örnekle ifade etmek gerekirse;



Şekil 2
Sinüs Sinyali



Şekil 3

Örneklenmiş Sinüs Sinyali

Analog Frekans Analizörde (waveformda) görmüş olduğunuz sinyal eşit aralıklarla örneklenir ve her örnek, örnekleme zamanındaki büyüklüğü gösterir.

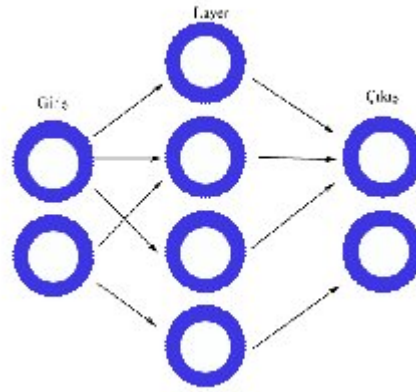
1.3.Sinirsel Ağ (Network Neural)

1.3.1. Sinirsel Ağ Nedir?

Yapay Sinirsel Ağ (Artificial Neural Network), biyolojik sinir sisteminden esinlenerek geliştirilmiş bir bilgi işleme modelidir. Bu modelin ana elementi sinirsel ağın çalışma prensibidir. Neural Structerdan esinlenilerek simüle edilmiştir.. ANN yöntemi insan beyni gibi örneklendirmelerle öğrenebilen bir sistemdir. ANN yöntemi, öğrenme işlemi vasıtasıyla veri sıkıştırma gibi gelişmiş işlemlerde ve benzeri birçok gelişmiş uygulamada kullanılan bir yöntemdir.

Sinirsel Ağ (Neural Network) son yıllarda ortaya çıkan bir gelişim olmasına rağmen bu konudaki çalışmalar bilgisayarın oluşumundan daha önce başlamıştır. Daha sonra çok pahalı olmayan bilgisayarlarında kullanımıyla ANN gelişimi hız kazanmış ve birçok avantaj sağlamıştır.

Bu model sayesinde giriş ve çıkış sinyalleri arasındaki karmaşık ilişkiyi bulmak ve verilen farklı inputlara alınan outputlar değerlendirilerek bir karşılaştırma yapma ve bu karşılaştırma sonucunda ortaya çıkan veriyi işleyerek sistemin fonksiyonunu oluşturma imkanı oluşmuştur.

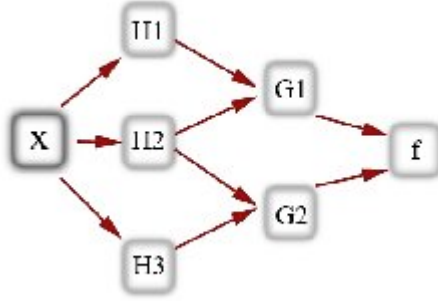


Şekil 4
Yapay Sinirsel Ağ 1

Artificial Intelligents da yani Yapay Zeka Modelinde Sinirsel Ağ (Neural Network) genellikle Artificial Sinirsel Ağ (Neural Network) olarak isimlendirilir. Aslında ANN, son derece basit bir matematiksel modeldir ve;

$f = X \longrightarrow Y$ gibi bir fonksiyonla tanımlanabilir.

Yukardaki tanımlamada gördüğümüz gibi $f(x)$, X ve Y'nin birleşiminden oluşmaktadır.



Şekil 5
Yapay Sinirsel Ağ 2

Yandaki figür basit bir anlatımla f fonksiyonunun oluşumunu tanımlamıştır. Bu tanımlama 2 farklı şekilde incelenebilir. Öncelikli olarak fonksiyonel bir tanımlama yapabilir; buda bize öncelikli olarak x fonksiyonunun 3 boyutlu h vektörüne daha 2 boyutlu g vektörüne ve sonunda bu vektörlerin birleşimiyle de f fonksiyonuna ulaşımı tanımlamıştır.

Diğer tanımlama ise olasılıksal tanımlamadır; random değişken $F = f(G)$, diğer bir random değişken $G = g(H)$ a bağlıdır.

$g(H)$ fonksiyonu ise X 'e bağlı olan $H = h(X)$ fonksiyonuna bağlıdır. Grafıksel modellemelerde genellikle bahsetmiş olduğumuz 2. tanımlama kullanılır.

1.3.2. ANN Öğrenme İşlemi Nasıl Gerçekleşir?

Üç farklı ana öğrenme modeli vardır. Bunlar supervised learning, unsupervised learning ve reinforcement learning yöntemleridir.

1.3.2.1 Denetleyerek Öğrenme (Supervised Learning) :

Bu yöntemde sisteme bir çift örnek veriliyor ve f fonksiyonun hangisiyle eşleştiğini bulunmaya çalışılıyor. Başka bir deyişle verilen datalarla fonksiyonun haritasını çıkarılmaya, tanımlanmaya çalışılıyor.

1.3.2.2 Denetlemeyerek Öğrenme (Unsupervised Learning) :

Bu modelde ise sisteme bir çift yerine bir grup data veriliyor ve cost fonksiyonunu mümkün olduğunca indirgeniyor. Cost fonksiyonu neyin modellemeye çalışıldığına ve önerme önceliğine bağımlı olarak belirleniyor.

1.3.2.3 Takviye Öğrenme (Reinforcement Learning) :

Bu yöntemde ise bir data girişi söz konusu olmuyor fakat sistemin çevreyle olan etkileşimi oluşturuluyor. Her bir zamanda durumun yani fonksiyonun çevreyle olan bağlantısı inceleniyor ve buna bağılı olarak bir gözlem oluşturuluyor. Burada hedeflenen ise, sistemin çevresiyle olan davranış stratejisine ulaşmak.

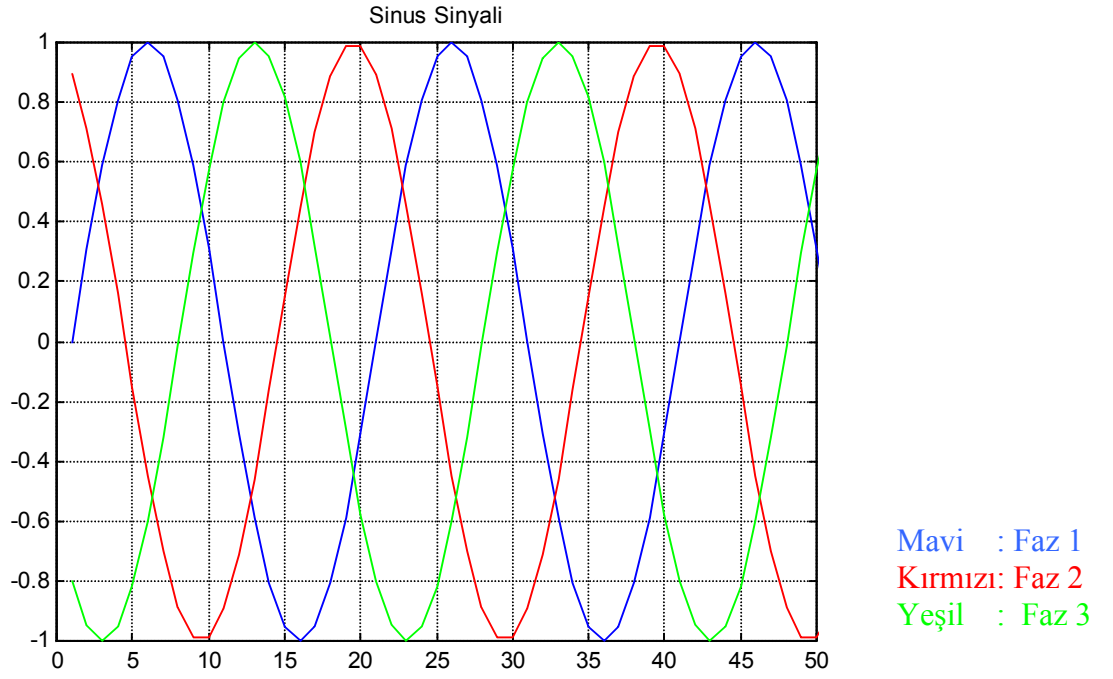
1.4. 3 Faz (Phase) AC MOTOR:

Motor en basit tanımıyla elektrik enerjisini, mekanik enerjiye çeviren bir konvertördür. Günümüzde farklı alanlarda kullanılan ve farklı yapılarda olan çeşitli motorlar vardır. Fakat üretim aşamasında ve ticari uygulamalarda genellikle 3-Phase (3-Faz) motorlar kullanılırlar. Bu motorun en önemli tercih sebebi ise diğer motorlara kıyasla son derece güçlü bir motor olmasıdır. Diğer bir tercih sebebi ise kısaca kullanımı ve kurulumu olarak açıklanabilir.

AC Motorun çalışma prensibi, yönlendirilmiş akımın (Akım yönü pozitiften negatife doğrudur) iletken üzerinden geçirilmesiyle açıklanabilir. Akım iletkenin üzerinden geçerken bir manyetik alan oluşturur. Yönü olan bu akımın ve onun oluşturulduğu manyetik alanın birleşiminden ise motorun ROTOR'u üzerinde bir hareket oluşur. Motorlar Rotor ve Stator olmak üzere 2 ana parçadan oluşurlar.

Birbirine 120° açıyla yerleştirilmiş ve üzerine sargı sarılmış, akımında bu sargılardan geçirildiği 3 adet kanat vardır. Bu sargıların her birine farklı bir faz

bağlanır. Her faz kendi içinde farklı bir manyetik alan üretir. Çünkü aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi 3 faz arasında açı farkı vardır.



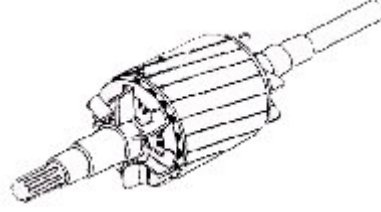
Şekil 6
3 Fazın Gösterimi

Kanalarda oluşan ve yönü daima aynı olan bu manyetik alan, üzerinden geçen akım maksimum seviyeye ulaştığında, maksimum değerini alır. Akımla manyetik alan birbiriyle doğru orantılı bir bağıntı içindedir.

Kanatlar tarafından oluşturulan bu manyetik alanlar birbirlerine ters yöndedirler ve maksimum değerlerine ulaştıkları anlar birbirinden farklıdır. Bu sayede Statör'ün içerisindeki Rotor'un hareket etmesi sağlanmış olur.

1.4.1. ROTOR:

Elektrik motorlarının ve alternatörlerin sabit olmayan parçasına ROTOR denir. Rotor yukarıda bahsedilen kanallara sarılı tellerin üzerinden geçen akımın oluşturmuş olduğu elektromanyetik alan sayesinde, Rotor ekseninde dönüş işlemini gerçekleştirir.



Şekil 7 Rotor 1

Kaynak: Energy Manager Training

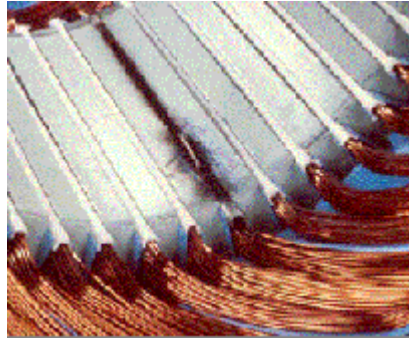


Şekil 8 Rotor 2

Kaynak: Teco Westinghouse

1.4.2. STATOR:

İngilizce state kelimesinden türemiş bir kelimedir. Elektrik motorlarının veya alternatörlerin, dönmeyen sabit olan parçalarına STATOR denir. Üzerinde bakır tellerin sarılması için hazırlanmış oyuklar bulunmaktadır.



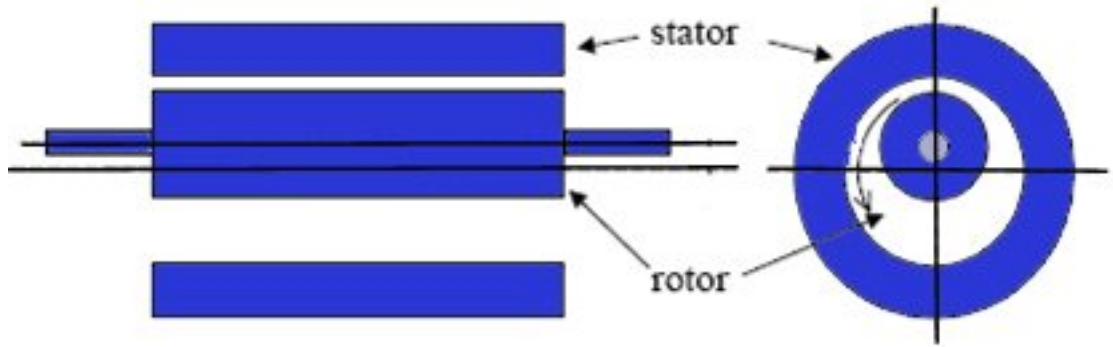
Şekil 9 Statör

Kaynak: Manchester Üniversitesi

1.5.Rotor Hatası (Rotor Bearing):

Rotor ve statör arasında oluşan elektromanyetik alan, rotorda meydana gelen bar kırıkları, çatlamlar ve benzeri durumlar, rotorun üzerinde oluşan manyetik alan dağılımının değişimine neden olur. Bu değişim statör akımında görüntülenebilir.

Rotorun silindirik hareketi, rotorun statora tam merkezli yerleştirildiği ama rotorun geometriksel merkezinin, statorun geometriksel merkezi etrafında döndüğü anlamına gelir. Bu dönüş hareketi bilinen bir dönüş frekansı ve çapında gerçekleşir.

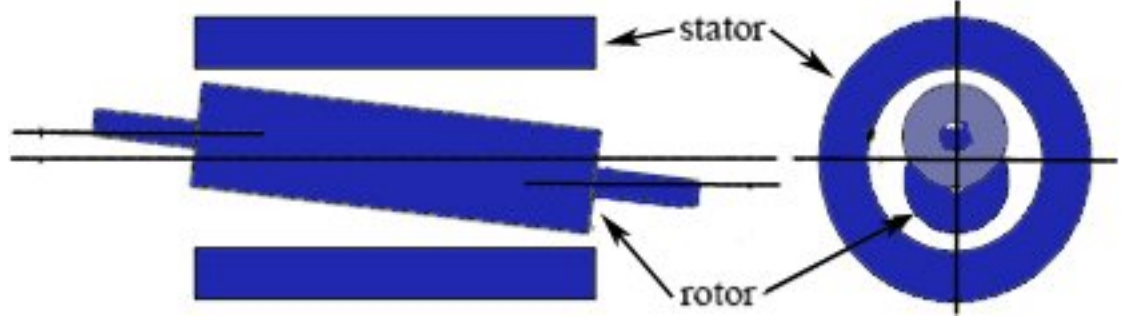


Şekil 10
Silindirik Hareket

KAYNAK: Electromagnetic forces in cage induction motors with rotor eccentricity, A. Tenhunen, T.

Bahsedilen silindirik hareketlenmeyi yukarıdaki şekilde de açıkça görebiliyoruz. Bu hareketlenme bir nevi yatak kayması gibi de düşünülebilir. Bu hareket statik rotor eksantrik hareketi olarak da adlandırılır.

Eksantrik hareket ise rotorun merkez çizgisi üzerinde, statorun merkez çizgi hattından farklı yaptığı her hareket olarak düşünülebilir. Bu hareket her zaman olmak ya da olduğu zaman sabit olmak durumunda değildir. Kısaca rotorun stator merkezinde yaptığı ve kendi hareket yapısından daha farklı olan hareketlenmeler olarak isimlendirilebilir.



Şekil 11

Eksantrik Hareketi

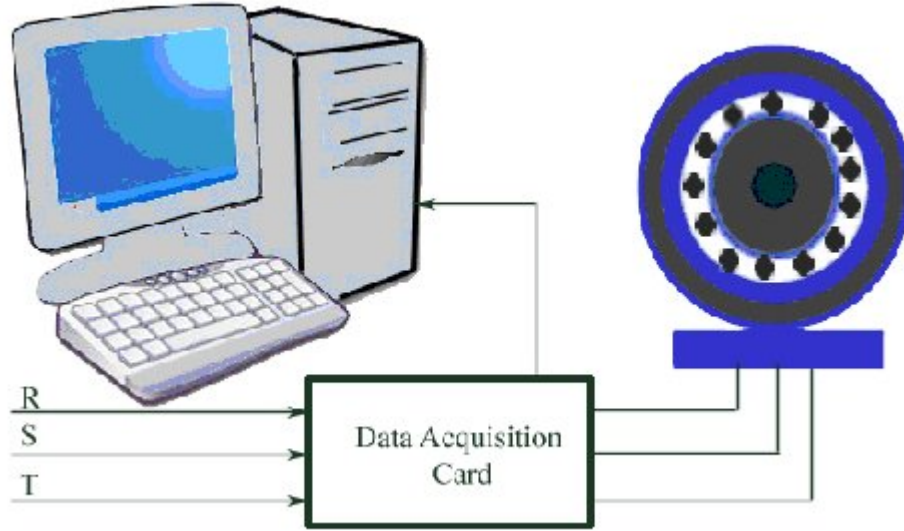
KAYNAK: Electromagnetic forces in cage induction motors with rotor eccentricity, A. Tenhunen, T. Benedetti, T. P.

Eksantrik hareketlenme yukarıdaki şekilden rahatça anlaşılabilir. Buda bir nevi rotorun yatağından kayma hareketidir. Dinamik rotor eksantrik hareketi olarak da adlandırılır.

2. VERİ ve YÖNTEMLER

Oluşturulan ölçüm düzeneğinde, motoru besleyen faz akımlarının değerleri akım transformatörü ile düşürülmüş ve veri toplama kartı (Data Acquisition Card) ile örneklenebilir seviyelere çekilmiştir. Bu kart sayesinde anlık akım bilgileri alınarak, bu veriler işlenerek kırık çubuk bulunan motor rotorları tespit edilmiştir.

Aşağıdaki şekilde ölçüm düzeneği kabaca gösterilmiştir.



Şekil 12
Data Toplama Seti

Öncelikli olarak motor hatalarını belirlemede kullanılacak veriler toplandı. Bu işlem için yukarıda görmüş olduğunuz gibi bir veri toplama düzeneği kullanılmıştır. Motor verilerini 2 grupta tanımlamak gerekirse; bir tanesi fiziki gözlemlerle arızası belirlenmiş, diğeri ise sağlam ve sağlıklı çalışan motora ait veriler olarak tanımlanabilir. Motorun 3 fazına bağlanan Data Acquisition Card

sayesinde motorun faz akımı bilgileri alındı. Rotor hatası için 1 periyotta 400 veri alınarak, bir saniyede toplam 20 bin örnek toplandı.

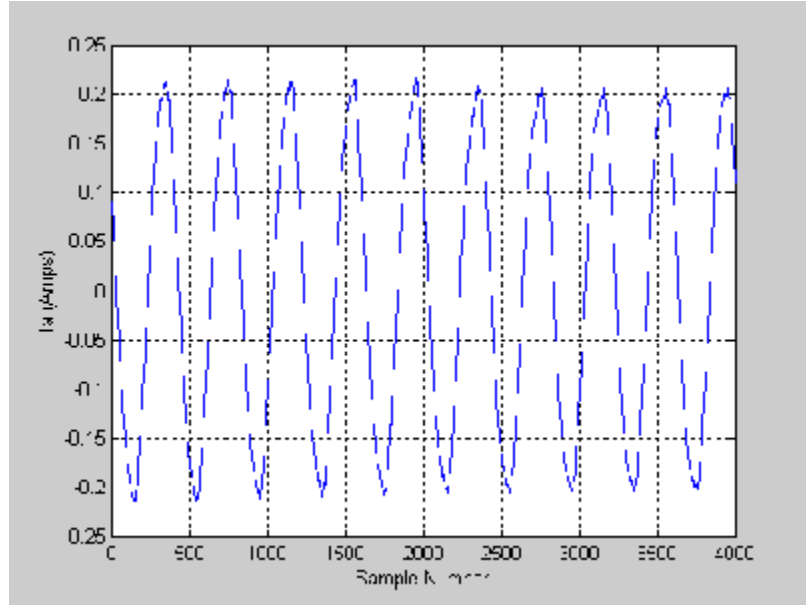
Daha açık bir halle;

$$f = \frac{1}{T}; f_e = 50 \Rightarrow T_e = 20ms \quad (6.1)$$

Her periyotta 400 örnek alınırsa, örnekleme frekansı, f_s , 20 kHz olacaktır.

Öyleyse her $50 \mu s$ ' de bir veri alınarak motor verileri oluşturulmuş oldu.

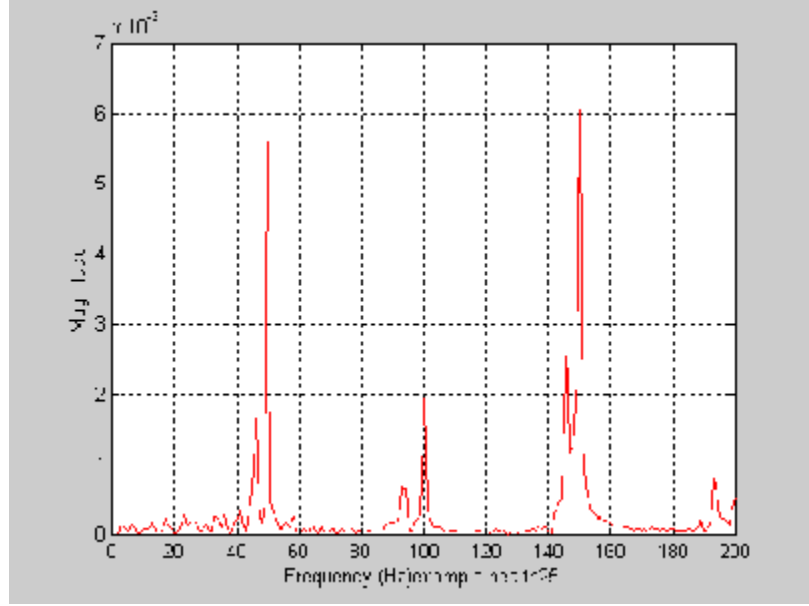
Sağlıklı motordan toplanan akım verileri aşağıdaki grafikte gösterilmiştir.



Şekil 13
Sağlıklı Motordan Alınan Akım Bilgileri Zaman bölgesi

Toplanan verilerin matlab yazılımı yardımıyla Fast Fourier Transformu alındığında, sinyalin hangi frekanslarından meydana geldiği tespit edilebilir. Burada motor hataları kaynaklanabilecek frekanslara dikkat edilmesi

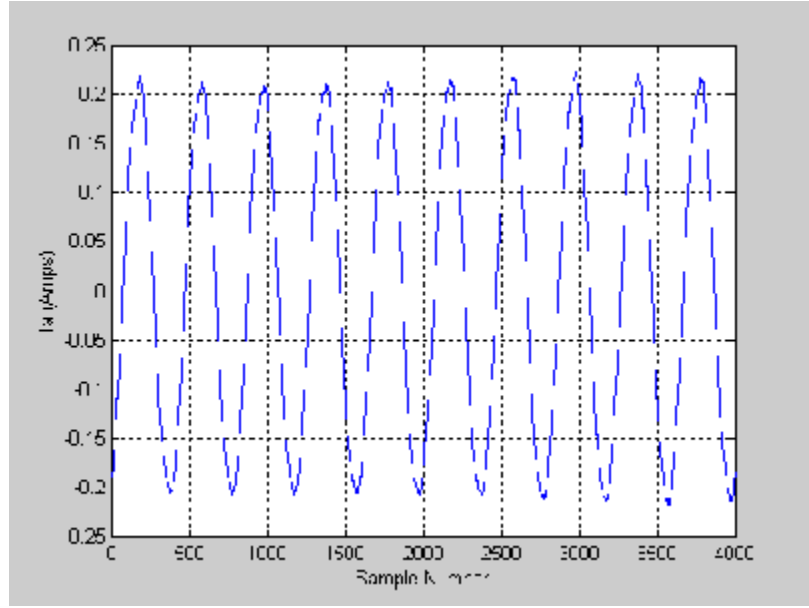
gerekmektedir. Sağlıklı motordan alınan verilerin frekans bölgesi bilgileri aşağıdaki grafikte verilmiştir.



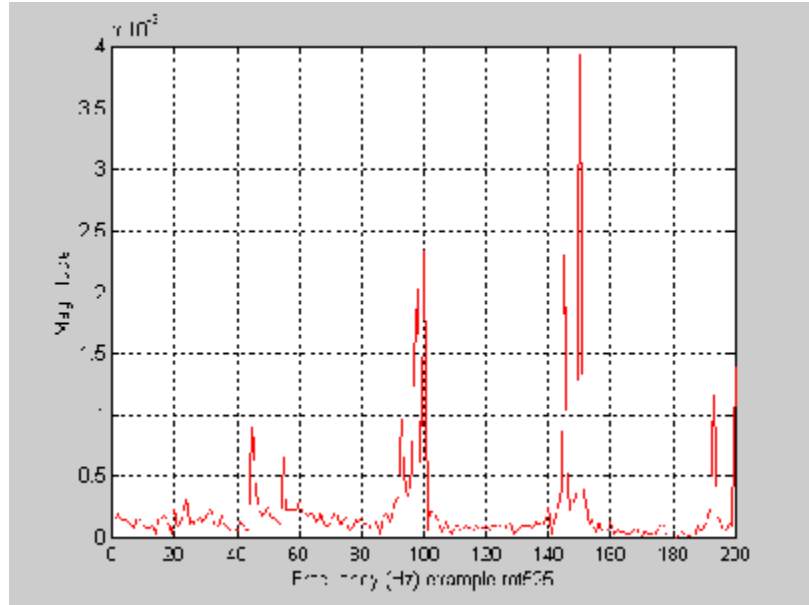
şekil 14
Sağlıklı Motordan Alınan Akım Bilgileri Frekans bölgesi

Yukarıdaki şekilde de basitçe görüldüğü gibi genel olarak tepe noktaları 50, 100 ve 150 Hz’ lerde görülmüştür. Bunun nedeni ise harmoniklerin şehir şebeke frekansının yani temel frekansın, tek katlarında oluşmasıdır.

Daha sonra aynı işlemler rotor hatasına sahip motordan alınan veriler için tekrarlandı ve aşağıda görmüş olduğumuz grafikler elde edildi.



Şekil 15
Rotor Bar Hatasına Sahip Motordan Alınan Akım Bilgileri Zaman bölgesi



Şekil 16
Rotor Bar Hatasına Sahip Motordan Alınan Akım Bilgileri Frekans bölgesi

Burada da net bir şekilde görüldüğü gibi yine şehir şebeke frekansının tek sayılı katlarında bazı tepelenmeler görülmektedir.

3. BULGULAR

3 Faz 4 kutup asenkron motorların dakikadaki ortalama tur sayısı genellikle 1410 ile 1440 arasında değişir.

Asenkron motorun bir saniyedeki tur sayısı ortalama 28,5'tur.

Temel frekans 50 Hz' dir.

$$f_e = 50Hz$$

$$2sf_s = 5 \Leftrightarrow sf_s = 2,5 \Leftrightarrow s = 0,05 \text{ , S split kayma değeri.} \quad (7.1)$$

Rotor hatasının hangi frekanslarda oluşacağı, motorun hızı ve geometrisiyle ilgilidir.

Formül;

$$f_s \pm 2sf_s = fr \quad (7.2)$$

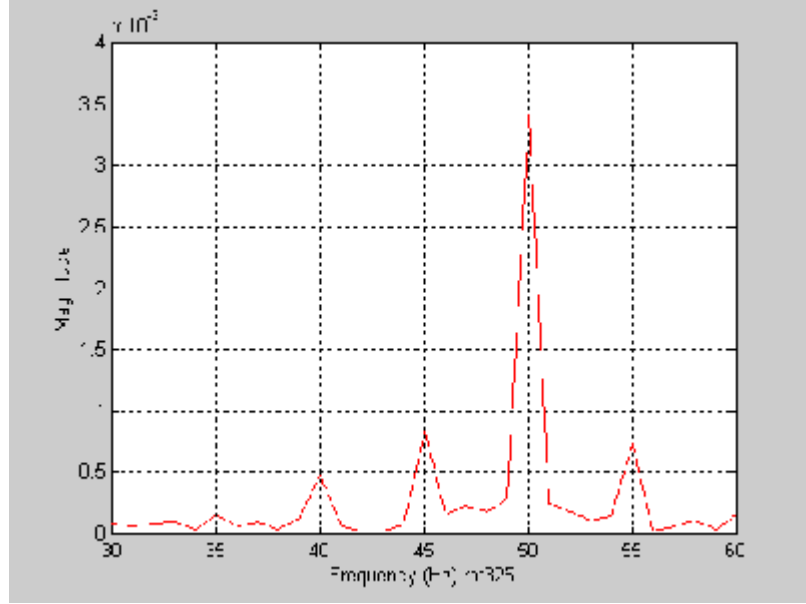
f_r , Rotor Bar Frekansı

$$f_s + 2sf_s = 55Hz \text{ , } f_s - 2sf_s = 45Hz \text{ olarak gözlemlendi.}$$

Bunun sonucu olarak rotor hataları 45 ve 55 Hz' de görülür. Tabi motorun hızı küçük değişiklikler olmasına neden olur. Bundan dolayı 45 ve 55 Hz'in sağ ve solundaki frekansları da incelemek gerekir.

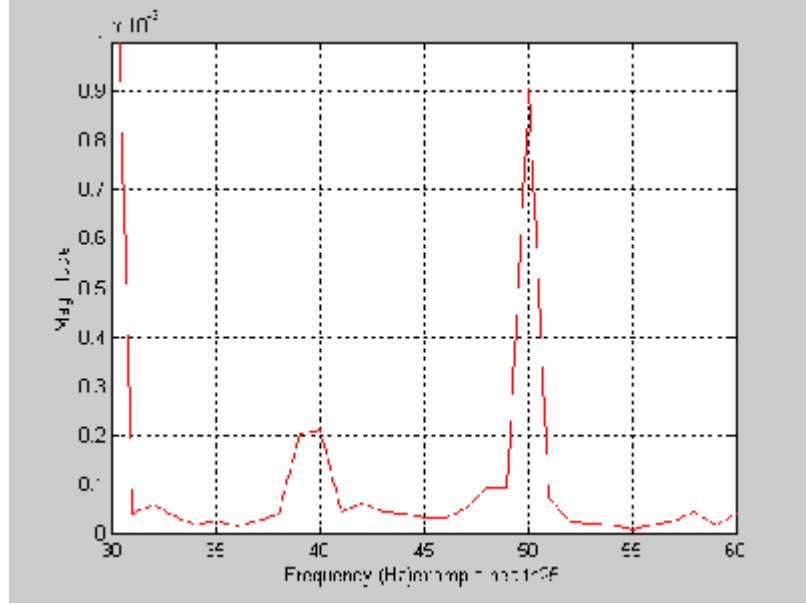
$$\frac{n_s - n_r}{ns} = s \Leftrightarrow \frac{1500 - n_r}{1500} \Leftrightarrow n_r = 1425 \text{ motorun bir dakikadaki tur sayısı} \quad (7.3)$$

Aşağıdaki Grafikte rotor hatasına sahip olan motorun frekans spektrumu 30–60 Hz aralığında çizdirilmiş ve 45 ile 55 Hz' ler görülen kırılmalar net bir şekilde gözlenmiştir.



Şekil 17
Rotor Bar Kırılmaları 30–60 Hz

Aynı aralığın sağlam motordan alınmış örneği ise aşağıdaki gibidir:



Şekil 18
Sağlam Motor 30—60 Hz

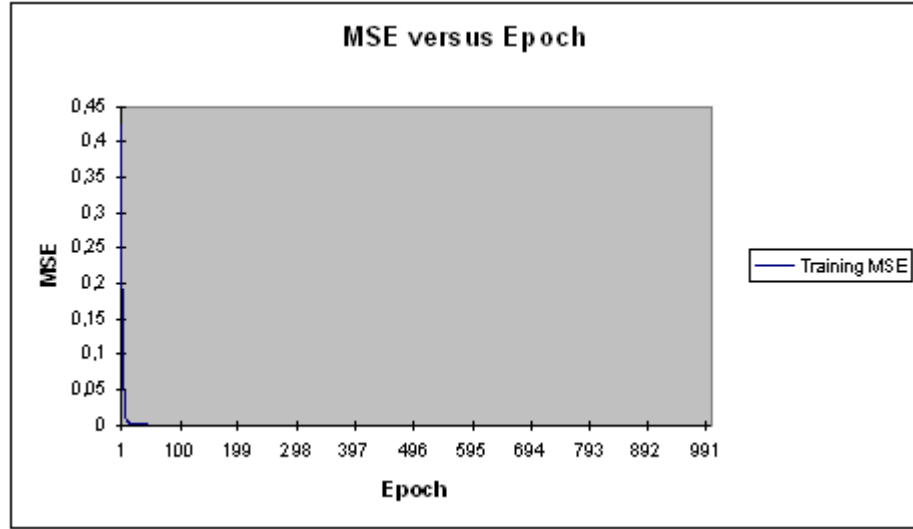
Burada da açıkça görüldüğü gibi 45 ve 55 Hz' lerde yada çevresinde, sağlam olmayan motorda bir kırılma görülmektedir. Elimizde mevcut olan 40 saniyede incelendiğinde aynı kırılmanın var olduğunu gözlemlenmiştir bunun sonucunda ise ROTOR HATASI diye tanımlanan arızanın kendini temel frekansın her iki tarafında kırılmalar olarak gösterdiğini saptanmıştır.

Daha sonra, edinilen bu bilgileri kullanılarak bir Sinirsel Ağ (Neural Network) oluşturulmuştur. Bu işlem için Neural Solutions adlı programının Demo Sürümü kullanılmıştır, elimizdeki verilerin bu program tarafından işlenmesi sağlanmıştır.

Hata değerlerinin oluştuğu yada oluşması muhtemel olan 44, 45,46,54,55 ve 56 Hz' lerdeki değerlerin Fast Fourier Transformu alındıktan sonraki değerleri sisteme giriş değeri olarak tanımlanmıştır. Daha sonra Rotor hatasının görüldüğü örnekler 1, sağlıklı motordan alınan verileri ise 0 olarak

tanımlanmıştır. Yani sağlıklı motor örneklerine uygun çıkışı '0' Rotor Bar hatasına sahip motorlar için uygun çıkış '1' olarak tanımlanmıştır.

Elimizdeki mevcut 40 sağlıklı ve 40 Rotor hatasına sahip örneklerin 20' şer tanesi sistemimizi eğitmek (Train) için, kalan diğer örneklerin 17 tanesini ise test için kullanılmıştır. Başlangıç weight değeri rasgele seçilerek ve 1000 yaklaşımla sistem eğitilmiştir. Sistem bu kriterlere uygun bir transfer fonksiyonu oluşturmuştur. Oluşturulan eğitim (train) fonksiyonun hata eğrisi NeuroSolution programı tarafından aşağıdaki aşağıdaki gibi çıkarılmıştır;



Şekil 19
Training MSE Grafiği

<i>Best Network</i>	<i>Training</i>
Epoch #	1000
Minimum MSE	0,000225356
Final MSE	0,000225356

Bu eğitim işlemi sistem tarafından 1000 kere yapılmış ve en küçük MSE değeri olarak 0,000225356 olarak kaydedilmiştir.

Minimum Training MSE: 0,000225356

GİRİŞLER

Hf44	Hf45	hf46	hf54	hf55	hf56
0,000490	0,001017	0,001646	0,000303	0,000276	0,000287
0,000515	0,001328	0,001295	0,000316	0,000403	0,000316
0,000715	0,001613	0,000874	0,000433	0,000429	0,000372
0,000682	0,001572	0,001126	0,000603	0,000281	0,000225
0,000516	0,001198	0,001560	0,000489	0,000441	0,000267
0,000252	0,000975	0,001537	0,000433	0,000249	0,000238
0,000435	0,001220	0,001407	0,000271	0,000214	0,000202
0,000521	0,001447	0,001104	0,000195	0,000238	0,000216
0,000606	0,001551	0,000895	0,000316	0,000286	0,000325
0,000487	0,001437	0,001160	0,000482	0,000100	0,000333
0,000286	0,001081	0,001505	0,000307	0,000145	0,000143
0,000310	0,001080	0,001601	0,000134	0,000378	0,000173
0,000410	0,001255	0,001337	0,000122	0,000029	0,000221
0,000418	0,001307	0,001324	0,000345	0,000212	0,000390
0,000483	0,001386	0,001249	0,000335	0,000260	0,000196
0,000514	0,001101	0,001451	0,000381	0,000157	0,000127
0,000269	0,001200	0,001434	0,000193	0,000183	0,000049
0,000298	0,001409	0,001314	0,000157	0,000187	0,000238
0,000888	0,000213	0,000070	0,000123	0,000064	0,000067
0,000827	0,000113	0,000049	0,000098	0,000043	0,000079
0,000876	0,000213	0,000130	0,000199	0,000046	0,000070
0,000871	0,000119	0,000071	0,000147	0,000036	0,000098
0,000783	0,000016	0,000032	0,000172	0,000069	0,000066
0,000852	0,000185	0,000183	0,000206	0,000014	0,000224
0,000912	0,000257	0,000150	0,000277	0,000143	0,000104
0,000921	0,000235	0,000184	0,000281	0,000262	0,000053
0,000874	0,000196	0,000148	0,000183	0,000124	0,000094
0,000831	0,000150	0,000051	0,000225	0,000161	0,000067
0,000813	0,000105	0,000113	0,000329	0,000120	0,000146
0,000841	0,000186	0,000213	0,000297	0,000039	0,000199
0,001088	0,000315	0,000357	0,000327	0,000185	0,000119
0,001077	0,000288	0,000278	0,000201	0,000093	0,000125
0,000905	0,000332	0,000305	0,000042	0,000029	0,000057

Daha sonra verilen 18 örnek aşağıdaki gibi, Sinirsel Ağ (Artificial Neural Network) tarafından test ettirilerek aşağıdaki sonuca ulaşılmıştır. Bu test işleminde bir önceki train işleminde elde edilen en iyi Weights değeri kullanılmıştır.

Output / Desired	0	-1
0	18	0
-1	0	18

<i>Performance</i>	0	-1
MSE	0,000194585	0,00031408
NMSE	#YOK	#YOK
MAE	0,012280082	0,012598775
Min Abs Error	0,00305277	0,001152238
Max Abs Error	0,02826533	0,044398216
r	#YOK	#YOK
Percent Correct	100	100

Tablo 1
Yapay Sinirsel Ağ Test Sonuçları
(Artificial Neural Network Test Sonuçları)

Bu test işleminin sonucunda yukarıda görmüş olduğunuz değerlere ulaşılmıştır. Ayrıca test sonucu ortaya çıkan veriler aşağıdaki tabloda açıkça görülmektedir.

Beklenen Çıktılar	Hesaplanan Çıktılar	Sembolik Çıktılar
0	0,010592543	0
0	-0,010949156	0
0	-0,007617159	0
0	-0,017719988	0
0	-0,012242358	0
0	-0,003052770	0
0	-0,006106711	0
0	-0,008112688	0
0	-0,006545994	0
0	-0,019528193	0
0	-0,006370256	0
0	-0,008819194	0
0	-0,005427884	0
0	-0,018982514	0
0	-0,014284371	0
0	0,022537972	0
0	-0,013886404	0
0	-0,028265330	0
1	0,997963445	1
1	1,002460508	1
1	0,994322918	1
1	1,002659591	1
1	1,006080825	1
1	0,990117842	1
1	0,989908242	1
1	0,991520714	1
1	0,994361042	1
1	0,998847762	1
1	0,996776549	1
1	0,987104788	1
1	0,985540940	1
1	0,992797067	1
1	0,979017761	1
1	0,966031430	1
1	0,964510698	1
1	0,955601784	1

Tablo 2
Yapay Sinirsel Ağ Test Sonuçları Detaylı

4. TARTIŞMA ve SONUÇ

Bu çalışma ile Rotor Bar hatasının hangi frekanslarda olduğu ve frekans spektrumunda nasıl şekillendiği görülmüştür. Bu çalışma sayesinde 3 fazlı elektrik motorlarında meydana gelen hataların % 9 oranında giderilmesi, en azından giderilebileceği fikrinin oluşması sağlanmaya ve bu yolla üretim ekonomisine katkı sağlamanın mümkün olduğunu ispatlanmak hedeflenmiştir. Bu konuyla ilgili yapılan ve uygulanan birçok çalışmada bu çalışma yapılırken göz önünde bulundurulmuştur. Bu konuda yapılacak çalışmalar için hali hazırda piyasada var olan ve kullanılan Motor Condition Monitor sistemlerinin gözden geçirilmesi ve frekans değerlerinin yanında titreşim verilerini de kullanan sistemlerin incelenmesi tavsiye edilebilir.

Bu çalışmada Rotor hatasının ne olduğu ve nasıl görüldüğü gösterilmiştir. Bu çalışma diğerlerinden farklı olarak frekans değerleri dışında hiçbir veri kullanmadan, akım bilgilerini ölçmeye yarayan bir DAC dışında hiçbir sensor kullanmadan motorda meydana gelebilecek Rotor hatalarının nasıl algılanabileceği üzerine odaklanmıştır. Diğer sistemlerle uygulanabilme kolaylığı bakımından arasında bir fark söz konusudur. Dış ortamda meydana gelebilecek fiziki değişimler bu sistemi etkilemeyecek ve kararlılığı değişmeyecektir. Aynı şekilde diğer sistemlerde söz konusu olan eğitim süresi bu sistemde çok daha kısadır.

Bu çalışmayla üretimde meydana gelen aksaklıklar yüzünden büyük Pazar kayıpları yaşayan, verimliliğini kaybeden firmalara, üreticilere bu bağlamda bir çözüm üretilmeye çalışılmış ve birçok güçlük oluşturulan organizasyonların, bilgi çağının gelişen sistemleri yardımıyla, basit hatalar yüzünden zarar görmesinin önüne geçilmeye çalışılmıştır.

REFERANS

1. İTÜ Dergisi Mühendislik Cilt:1 Sayı:1 Ağustos 2002, İleri işaret işleme yöntemleri ile elektrik motorlarında rulman arıza tanısı, Emine AYZAZ, Serhat ŞEKER(Simley,1992)
2. Neural-Network-Based Motor Rolling Bearing Fault Diagnosis, Bo Li, Student Member, IEEE, Mo-Yuen Chow, Senior Member, IEEE, Yodyium Tipsuwan, Student Member, IEEE, and James C. Hung, Fellow, IEEE Detecting Motor BearingFaults, IEEE Instrumentation & Measurement Magazine, Michael J. Devaney and Levent Eren
3. Electromagnetic forces in cage induction motors with rotor eccentricity, A. Tenhunen, T. Benedetti, T. P. Holopainen*, A. Arkkio
4. Otomasyon Sayı 114, Kasım 2001, Veri Toplama ve Kontrol (DAC) 2. Bölüm, Sedat Sami Ömeroğlu E3TAM,
5. Electromagnetic forces in cage induction motors with rotor eccentricity, A. Tenhunen, T. Benedetti, T. P. Holopainen*, A. Arkkio

KAYNAKÇA

DERGİLER:

1. J.F. Bangura, N.A. Demerdash, IEEE Trans. on Energy Conversion, ~01.14, No.4, pp.1177-1175, Dec. (1999)
2. İTÜ Dergisi Mühendislik Cilt:1 Sayı:1 Ağustos 2002, İleri işaret işleme yöntemleri ile elektrik motorlarında rulman arıza tanısı, Emine AYZ, Serhat ŞEKER(Simley,1992)
3. Gazi Üniversitesi Müh. Mim. Fak. Der. Cilt 18, No 2, 39-48, 2003, Sadettin ORHAN, Hakan ARSLAN ve Nizami AKTÜRK

Diğer:

1. <http://en.wikipedia.org/Fouriertransform>
2. <http://en.wikipedia.org/wiki/Fft>
3. http://en.wikipedia.org/wiki/AC_Motor
4. www.artesis.com

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Mustafa Senyücel

Sürekli Adresi : Şakacı Sokak Huzur Apt. 69/15 Kazasker İstanbul 69/15 34742
Kadıköy

Doğum Yeri ve Yılı : İskenderun / 1981

Yabancı Dili : İngilizce (Upperintermediate)

İlk Öğretim : Mustafa Mihriban Boysal İlköğretim Okulu

Orta Öğretim : Kartal Endüstri Meslek Lisesi (Elektronik Bölümü)

Lisans : Işık Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektronik Müh. Bölümü 2004

Yüksek Lisans : Bahçeşehir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bilişim
Teknolojileri YLP

Enstitü Adı : Fen Bilimleri Enstitüsü

Program Adı : Bilişim Teknolojileri

Çalışma Hayatı : BRT (Bayındır Radyo Televizyonu) 1999-2000

Proline LTD. A.Ş. 2000-2005

Erdemir Mühendislik 2005-2005

AKOM (İBB) 2005-

EKLER

Sağlıklı Motor 0-200 Hz Matlab Kodları

```
clear all
close all
load -ascii health25.mat;
Ds=health25(:,2);
nb2=[1 -2*cos(pi/400*2) 1];
na2=[1 -2*cos(pi/400*2)*0.999 0.999*0.999];
bb1=filter(nb2,na2,Ds);

%subplot(2,1,1);
figure(1)
%Sağlıklı Motor Frekans ve Zaman Bölgesi
plot(Ds(101:4100));
grid on;
xlabel('Örnek Sayısı');
ylabel('Büyükük');
a=5000;
b=25000;
fftx=abs(fft(bb1(a:b)))/50/200;
ny=[1:1:200];
figure
plot(ny,fftx(2:201),'red');
grid on;
xlabel('Frekans Bölgesi');
ylabel('Büyükük');
```

Sağlıklı Motor 30-60 Hz Frekans Bölgesi

```
clear all
close all
load -ascii health25.mat;
Ds=health25(:,2);
nb2=[1 -2*cos(pi/400*2) 1];
na2=[1 -2*cos(pi/400*2)*0.999 0.999*0.999];
bb1=filter(nb2,na2,Ds);
figure(1)
plot(Ds(101:4100));
grid on;
xlabel('Örnek Sayısı');
ylabel('Büyükük');
a=5000;
b=25000;
fftx=abs(fft(bb1(a:b)))/50/200;
ny=[1:1:200];
figure
plot(ny,fftx(2:201),'red');
grid on;
xlabel('Frekans Bölgesi');
ylabel('Büyükük');
AXIS([30 60 0 6*10^-3])
```

Rotor Hatasına Sahip Motor Frekans Bölgesi 30-60 Hz

```
clear all
close all
load -ascii rot325.mat;
Ds=rot325(:,2);
nb2=[1 -2*cos(pi/400*2) 1];
na2=[1 -2*cos(pi/400*2)*0.999 0.999*0.999];
bb1=filter(nb2,na2,Ds);
        fftx=abs(fft(bb1(41000:61000)))/50/200;
        ny=[1:1:200];
        figure
plot(ny,fftx(2:201),'red');
grid on;
AXIS([30 60 0 1.2*10^-3])
        xlabel('Frequency (Hz) rot325');
```