

**T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**RLC FİLTRE DEVRELERİNİN EĞİTİMİNE YÖNELİK
MATLAB WEBFIGURE KULLANILARAK ASP.NET
TABANLI WEB ARAYÜZÜ TASARIMI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Şengül BAYSAL ÖZTÜRK

Enstitü Anabilim Dalı : ELEKTRONİK VE BİLG. EĞT.

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. İlyas ÇANKAYA

Ocak 2010

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**RLC FİLTRE DEVRELERİNİN EĞİTİMİNE YÖNELİK
MATLAB WEBFIGURE KULLANILARAK ASP.NET
TABANLI WEB ARAYÜZÜ TASARIMI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Şengül BAYSAL ÖZTÜRK

Enstitü Anabilim Dalı : ELEKTRONİK VE BİLG. EĞT.

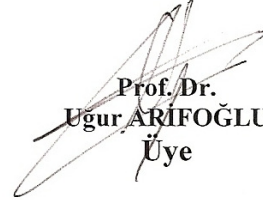
Bu tez 21/01/2010 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.



**Yrd. Doç. Dr.
İlyas ÇANKAYA
Jüri Başkanı**



**Yrd. Doç. Dr.
Ali Fuat BOZ
Üye**



**Prof. Dr.
Uğur ARİFOĞLU
Üye**

TEŞEKKÜR

Bu tezin hazırlanmasında desteğini hiçbir zaman esirgemeyerek bana yol gösteren hocam Yrd.Doç.Dr. İlyas ÇANKAYA başta olmak üzere beni her zaman destekleyen ve hep yanımda olan aileme, anlayışından, yardımlarından ve sabrından dolayı eşime, manevi desteğinden dolayı kızıma teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	ii
İÇİNDEKİLER	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ	vii
TABLolar LİSTESİ.....	xi
ÖZET	xii
SUMMARY	xiii
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2.	
RLC FİLTRE DEVRE ÇEŞİTLERİ VE TRANSFER FONKSİYONLARININ ELDE EDİLİŞİ	
2.1. Giriş.....	3
2.2. Seri RLC Filtre Devreleri	4
2.2.1. Seri RLC alçak geçiren filtre devreleri	7
2.2.2. Seri RLC yüksek geçiren filtre devreleri	8
2.2.3. Seri RLC bant geçiren filtre devreleri.....	9
2.2.4. Seri RLC bant durduran filtre devreleri.....	11
2.3. Paralel RLC Filtre Devreleri.....	12
2.3.1. Paralel RLC alçak geçiren filtre devreleri.....	14
2.3.2. Paralel RLC yüksek geçiren filtre devreleri.....	15
2.3.3. Paralel RLC bant geçiren filtre devreleri	16
2.3.4. Paralel RLC bant durduran filtre devreleri	17
2.4. Filtre Devreleri Transfer Fonksiyonlarının Elde Ediliş Yöntemleri.	17

2.4.1. Devre analizi uygulaması ile (Göz denklemleri kullanılarak) transfer fonksiyonunun bulunması.....	18
2.4.2. Blok diyagrama dönüştürerek transfer fonksiyonunun bulunması	21
2.4.3. İşaret akış diyagramına dönüştürülerek transfer fonksiyonunun bulunması	26
2.5. Filtre Devrelerinin Analizinde Kullanılan Yöntemler.....	29
2.5.1 Kök-yer eğrileri yöntemi.....	29
2.5.2. Adım cevabı yöntemi.....	39
2.5.3. Frekans cevabı yöntemleri	44
2.5.3.1. Bode diyagramları.....	44
2.5.3.2. Nyquist eğrisi.....	48

BÖLÜM 3.

ARAYÜZ TASARIMI

3.1. Giriş	52
3.2. Eğitimde Arayüz Çalışmalarının Önemi	53
3.2.1. BDE'nin öğrenme üzerindeki etkisi üzerine yapılan araştırmalar	56
3.2.2. Mesleki ve teknik eğitimde BDE'nin önemi.....	59
3.3. Sistem Mimarisi	62
3.4. Arayüz Ekranı	66
3.4.1. Arayüz için MATLAB'da oluşturulan fonksiyonlar	67
3.4.1.1. Kök-yer analizi için oluşturulan fonksiyonlar	69
3.4.1.2. Adım cevabı analizi için oluşturulan fonksiyonlar	72
3.4.1.3. Bode diyagramı analizi için oluşturulan fonksiyonlar ...	74
3.4.1.4. Nyquist eğrisi analizi için oluşturulan fonksiyonlar	77
3.4.2. MATLAB'da oluşturulan fonksiyonların .NET bileşeni olarak derlenmesi	78
3.4.3. ASP.NET arayüzünün oluşturulması ve Matlab WebFigure bileşeninin kullanımı	82
3.4.4. Arayüz ekranının kullanımı.....	87
3.5. Örnek Uygulama	92

BÖLÜM 4.	
SONUÇLAR.....	96
BÖLÜM 5.	
TARTIŞMA VE ÖNERİLER.....	97
KAYNAKLAR.....	98
ÖZGEÇMİŞ.....	102

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

C	: Kondansatör
F	: Farad
H	: Henry
$I(t)$: Devre Akımı
L	: Bobin
R	: Direnç
$TF(s)$: Transfer Fonksiyonu
$V_c(t)$: Çıkış Sinyali
$V_g(t)$: Giriş Sinyali
X_C	: Kapasitif reaktans
X_L	: Endüktif reaktans
Ω	: Ohm
AC	: Alternatif Akım
BDE	: Bilgisayar Destekli Eğitim
DC	: Doğru Akım
rad	: Radyan
sec	: Saniye
sn	: Saniye

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1.	Seri RLC filtre devresi	4
Şekil 2.2.	AC girişli endüktif bir seri RLC devresinde faz farkı ve toplam gerilimin vektörel gösterimi	5
Şekil 2.3.	Seri RLC devresi bant genişliği.....	6
Şekil 2.4.	Seri RLC alçak geçiren filtre devresi.....	7
Şekil 2.5.	RLC alçak geçiren filtre karakteristiği a) ideal filtre b) pratik filtre.....	7
Şekil 2.6.	Seri RLC yüksek geçiren filtre devresi.....	8
Şekil 2.7.	RLC yüksek geçiren filtre karakteristiği a) ideal filtre b) pratik filtre.....	9
Şekil 2.8.	Seri RLC bant geçiren filtre devresi	10
Şekil 2.9.	RLC bant geçiren filtre karakteristiği a) ideal filtre b) pratik filtre.....	10
Şekil 2.10.	Seri RLC bant durduran filtre devresi.....	11
Şekil 2.11.	RLC bant durduran filtre karakteristiği a) ideal filtre b) pratik filtre.....	12
Şekil 2.12.	Paralel RLC filtre devresi.....	12
Şekil 2.13.	Paralel RLC devresi bant genişliği	14
Şekil 2.14.	Paralel RLC alçak geçiren filtre devresi	15
Şekil 2.15.	Paralel RLC yüksek geçiren filtre devresi	15
Şekil 2.16.	Paralel RLC bant geçiren filtre devresi.....	16
Şekil 2.17.	Paralel RLC bant durduran filtre devresi	17
Şekil 2.18.	Paralel RLC alçak geçiren filtre devresi	18
Şekil 2.19.	Paralel RLC alçak geçiren filtre devresinin sadeleştirilmiş hali ...	21
Şekil 2.20.	Akım-Empedans-Çıkış ilişkisini gösteren blok diyagram	22
Şekil 2.21.	$I(s)$ akımına ait blok diyagram tanımlaması.....	23

Şekil 2.22.	Uygulamaya ait blok diyagram örneği.....	23
Şekil 2.23.	a) İndirgenecek blok diyagram b) Toplama noktasının bloğun önüne kaydırılması.....	23
Şekil 2.24.	Uygulamaya ait blok diyagram örneği.....	24
Şekil 2.25.	Uygulamaya ait blok diyagram örneği.....	24
Şekil 2.26.	Paralel alçak geçiren filtre devresinin indirgenmiş blok diyagramı.....	24
Şekil 2.27.	$I(s)$ akımına ait blok diyagram örneği.....	25
Şekil 2.28.	Uygulamaya ait blok diyagram örneği.....	25
Şekil 2.29.	Uygulamaya ait blok diyagram örneği.....	26
Şekil 2.30.	$V_c(s)$ gerilimine ait işaret akış diyagramı	27
Şekil 2.31.	$I(s)$ akımına ait işaret akış diyagram.....	27
Şekil 2.32.	Paralel RLC alçak geçiren filtre devresinin işaret akış diyagramı.....	27
Şekil 2.33.	Kapalı-döngü sistem blok diyagramı	30
Şekil 2.34.	Paralel RLC alçak geçiren filtre devresine ait kök-yer eğrisinin çiziminde kutupların gösterimi.....	34
Şekil 2.35.	Paralel RLC alçak geçiren filtre devresine ait kök-yer eğrisinin çiziminde asimptotların gösterimi	36
Şekil 2.36.	Paralel RLC alçak geçiren filtre devresine ait kök-yer eğrisi	38
Şekil 2.37.	Birim basamak ve h sabitli basamak fonksiyonu	39
Şekil 2.38.	Paralel RLC alçak geçiren filtre devresine ait adım cevabı çizim programı.....	41
Şekil 2.39.	Paralel RLC alçak geçiren filtre devresine ait adım cevabı grafiği.....	41
Şekil 2.40.	Paralel RLC alçak geçiren filtre devresine ait adım cevabı grafiği	42
Şekil 2.41.	Paralel RLC alçak geçiren filtre devresine ait Bode diyagramını hesaplayan program.....	47
Şekil 2.42.	Paralel RLC alçak geçiren filtre devresine ait Bode diyagramları.....	47

Şekil 2.43.	Paralel RLC alçak geçiren filtre devresine ait Nyquist eğrisini hesaplayan program	50
Şekil 2.44.	Paralel RLC alçak geçiren filtre devresine ait Nyquist eğrisi	50
Şekil 3.1.	Sistem mimarisi	63
Şekil 3.2.	Sisteme ait akış diyagramı	65
Şekil 3.3.	MATLAB program yazma editörü	68
Şekil 3.4.	MATLAB’da bir fonksiyon oluşturmak için genel kullanım	68
Şekil 3.5.	<i>zero</i> ve <i>pole</i> fonksiyonlarının genel kullanımları	69
Şekil 3.6.	MATLAB’ta paralel RLC alçak geçiren filtre devresinin sıfırlarının ve kutuplarının bulunması.....	70
Şekil 3.7.	Paralel RLC alçak geçiren filtre devresine ait sıfır ve kutupların değerleri.....	70
Şekil 3.8.	<i>rlocus</i> fonksiyonunun genel kullanımı.....	70
Şekil 3.9.	MATLAB’ta paralel RLC alçak geçiren filtre devresinin kök-yer eğrisini çizdiren fonksiyon	71
Şekil 3.10.	MATLAB’ta paralel RLC alçak geçiren filtre devresine ait kök-yer eğrisi grafiği	71
Şekil 3.11.	<i>step</i> fonksiyonunun genel kullanım şekilleri.....	72
Şekil 3.12.	MATLAB’ta <i>adım cevabı</i> na ait sayısal sonuçların bulunması ve grafiğin çizilmesi.....	73
Şekil 3.13.	MATLAB’ta paralel RLC alçak geçiren filtre devresine ait adım cevabı sayısal değerleri	73
Şekil 3.14.	MATLAB’ta paralel RLC alçak geçiren filtre devresine ait adım cevabı grafiği	74
Şekil 3.15.	<i>bode</i> fonksiyonunun genel kullanımı.....	74
Şekil 3.16.	MATLAB’ta <i>Bode</i> diyagramına ait grafiğin çizilmesini sağlayan fonksiyon	75
Şekil 3.17.	MATLAB’ta paralel RLC alçak geçiren filtre devresine ait Bode diyagramı	75
Şekil 3.18.	MATLAB’ta <i>margin</i> komutunun kullanımı.....	76
Şekil 3.19.	MATLAB’ta Bode diyagramına ait sayısal değerlerin elde edilmesini sağlayan fonksiyon	76
Şekil 3.20.	MATLAB’ta Bode diyagramına ait sayısal değerler	77

Şekil 3.21.	<i>nyquist</i> fonksiyonunun genel kullanım şekli.....	77
Şekil 3.22.	MATLAB'ta <i>Nyquist</i> diyagramına ait grafiğin çizilmesini sağlayan fonksiyon	77
Şekil 3.23.	Paralel RLC alçak geçiren filtre devresine ait <i>Nyquist</i> diyagramı.....	78
Şekil 3.24.	MATLAB'ta Bode analizi sonucunu WebFigure bileşeni olarak döndüren fonksiyon.....	80
Şekil 3.25.	Deployment Tool ile yeni bir Matlab Builder NE .NET bileşeni oluşturma.....	81
Şekil 3.26.	Matlab Builder NE projesine Matlab'da yazılmış fonksiyonların eklenmiş hali	82
Şekil 3.27.	Web arayüzünde kullanmak üzere WebFigure bileşenin araç kutusuna eklenmesi.....	83
Şekil 3.28.	Solution Explorer penceresi	83
Şekil 3.29.	cs dosyasına eklenmesi gereken kodlar	84
Şekil 3.30.	Kâğıt üzerinde hazırlanmış bir arayüz taslağı	84
Şekil 3.31.	Arayüz ekranının tasarlanmış hali	85
Şekil 3.32.	Parola ekranı.....	85
Şekil 3.33.	Program kodlarından bir kesit	87
Şekil 3.34.	Arayüz ekranı	88
Şekil 3.35.	Örnek çizim ekranı	89
Şekil 3.36.	Örnek çizim ekranı	89
Şekil 3.37.	Örnek çizim ekranı	90
Şekil 3.38.	Örnek çizim ekranı	91
Şekil 3.39.	Örnek çizim ekranı	92
Şekil 3.40.	Kök- <i>yer</i> eğrisi karşılaştırma grafiği.....	93
Şekil 3.41.	Adım cevabı karşılaştırma grafiği	93
Şekil 3.42.	Bode diyagramları karşılaştırma grafiği	94
Şekil 3.43.	<i>Nyquist</i> eğrisi karşılaştırma grafiği	85

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 3.1. Uygulamada kullanılan ASP.NET bileşenleri.....	86
-----------------------------------------------------------	----

ÖZET

Anahtar Kelimeler: RLC Filtre Devreleri, Transfer Fonksiyonu, Bilgisayar Destekli Eğitim, Asp.Net Tabanlı Web Arayüzü, Matlab WebFigure.

Teknik ve Mühendislik alanlarında en önemli konulardan biri filtrelerdir. Filtre devreleri günlük hayatta hemen hemen tüm elektronik aletlerde kullanılır. Filtre devrelerinin tasarımı ve analizi oldukça zaman alıcı uygulamalardır. Bununla beraber uygun laboratuvar şartlarını oluşturmak, öğrencilerin defalarca uygulama yapmasını, eleman değerlerini değiştirip sonuçları karşılaştırmasını sağlamak oldukça güçtür. Bu çalışmada bahsedilen sıkıntıları aşmak için RLC filtre devrelerinin eğitimine yönelik Asp.Net tabanlı Matlab WebFigure içeren bir web sitesi tasarlanarak öğrencilerin zamandan ve mekândan bağımsız olarak istedikleri bir filtre tipine ait analiz sonuçlarını görmesini, kaydetmesini, belirlediği analiz yöntemini kullanarak karşılaştırma yapabilmesini sağlamak amaçlanmıştır. Matlabda hazırlanan fonksiyonlara ait grafiklerin web üzerinde yayımlanması için WebFigure bileşeni kullanılmaktadır. WebFigure konusunda yapılan çalışmaların yok denecek kadar az olması bu çalışmayı daha da önemli hale getirmiştir.

ASP.NET BASED WEB INTERFACE DESIGN WITH MATLAB WEBFIGURE FOR RLC FILTER CIRCUITS EDUCATION

SUMMARY

Key Words: RLC Filter Circuits, Transfer Function, Computer Aided Training, Asp.Net Based Web Interface, Matlab WebFigure.

One of the most important subjects in technical and engineering science is filters. Filter circuits are used in almost all electronic devices. Design and analysis of filter circuits are time-consuming applications. Moreover, it's difficult to formation of laboratory conditions, to provide students to practice and to compare the results by changing elements values. To overcome the difficulties mentioned in this study, it's aimed that students can see and save the analysis results of a filter type which they want independently of time and place. At the same time, students can compare the results by using analysis method they determined. This can be done by designing a web site which contains Asp.Net based Matlab WebFigure and this is aimed at education of RLC filter circuits. WebFigure component is used for publishing graphics of functions which prepared on Matlab. Scarcely any studies are available regarding WebFigure. This makes this study much more important.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Günümüzde elektronik cihazlar insan hayatının hemen hemen her safhasında yer almakta, günlük işlerin düzenlenmesinde oldukça kolaylaştırıcı etkisi bulunmaktadır. Bu cihazların büyük çoğunluğunda filtre devreleri adı verilen; sisteme gelen bir işareti, o anki frekans değerine göre geçiren, durduran, alt ve üst limit belirleyebilen devreler mevcuttur. Örneğin; günlük hayatta çok sık kullanılan elektronik cihazlardan radyo, televizyon ve telsiz gibi araçlarda istenen kanala girebilmek için filtre devreleri kullanılmaktadır. Bu cihazlarda gelen sinyal alınıp kullanıcının belirlediği kanal frekansına göre filtrelenerek istenilen sinyaller elde edilmiş olur.

Hayatımızda bu kadar önemli bir yer tutan filtre devrelerinin, teknik ve mühendislik alanlarında eğitimini vermek zorunlu hale gelmiştir. Bu bağlamda Bilgisayar Destekli Eğitim'in (BDE) getirdiği avantajlardan yararlanmak gerekir. Çünkü temelini yaparak öğrenme oluşturan Mesleki eğitimde bazen filtre devrelerinin eğitimini gerçek uygulama yaparak vermek, yüksek maliyet, zaman ve mekân yetersizliği, çoğu zaman uygulamanın birden fazla yapılamaması, birçok okulun hala eski teknolojilere sahip olması ve yapılan deneylerin bazı durumlarda tehlikelere yol açabilmesi gibi nedenlerle belirli bir düzeyde eksik kalabilmektedir. Sayılan sıkıntıların aşılabilmesi için düşük maliyetli, öğrencilerin daha rahat anlayıp üzerinde defalarca uygulama yaparak, farklı devre eleman değerleri için sistemin ne tür bir cevap vereceğini görebileceği ve üst üste grafikler çizdirerek karşılaştırmalar yapabileceği eğitimsel arayüzler gereklidir. Bu arayüz çalışmalarını eğitimin her alanında kullanılabilir.

Bahsedilen zorlukları aşmak için, eğitimsel arayüz tasarlama adına yapılan çalışmalar gün geçtikçe artmaktadır. Örneğin; Çankaya ve arkadaşları tarafından 2009 yılında yapılan çalışmada RLC filtre devrelerinin eğitimi için kullanılacak bir arayüz tasarımı, Matlab Gui kullanılarak yapılmıştır [1]. Öztürk, 2009 yılında yaptığı

çalışmada genelleştirilmiş harmonik denge metodu kullanarak doğrusal olmayan sistemlerin analizine yönelik bir arayüz tasarlamıştır [2]. Yine 2009 yılında Kaçar ve arkadaşları tarafından yapılan bir başka çalışmada kablosuz algılayıcı ağlar için Matlab Builder Ne ve Matlab WebFigure ile Asp.Net tabanlı web arayüzü tasarımı yapılmıştır [3]. Akgün ve arkadaşları doğrusal olmayan sistemlere yönelik bir simülatör tasarımı gerçekleştirmiştir [4].

Bu tez çalışmasında RLC filtre devrelerinin eğitimine yönelik bir arayüz tasarımı yapılmıştır. Yapılan tasarımın web tabanlı olmasından dolayı öğrenciler bilgisayar ve internetin bulunduğu herhangi bir yerden, istedikleri her an sisteme girerek, rahatlıkla belirleyecekleri devre ve filtre tipine göre seçtikleri bir yöntemle analiz yapabilmektedirler. Arayüzde Matlab WebFigure bileşeni kullanıldığından Matlab yazılımında oluşturulan grafiksel sonuçlar web sayfasında kolayca görüntülenebilmektedir.

İlerleyen bölümlerde, yapılmış olan tez çalışmasını aktarabilmek için, Bölüm 2’de RLC filtre devrelerinin özellikleri anlatılmış ve transfer fonksiyonlarının elde edilişi göz denklemleri, blok diyagramlar ve işaret akış şemaları kullanılarak bir örnek uygulama üzerinde gösterilmiştir. Elde edilen transfer fonksiyonları kullanılarak sisteme ait kökyer eğrisi, adım cevabı, Bode diyagramı ve Nyquist eğrisi analizi gerçekleştirilmiştir. Bölüm 3’te BDE’nin öneminden bahsedilerek gerçekleştirilen arayüz çalışması hakkında bilgi verilmiş ve bir örnek uygulama için arayüzde sonuçlar oluşturularak yorumlanmıştır. Bölüm 4’te yapılmış olan çalışma incelenmiş, sonuçları ve olumlu yanları ortaya konulmuştur. Bölüm 5’de ise olumsuz taraflar sergilenerek yapılabilecek iyileştirmelerden bahsedilmiştir.

BÖLÜM 2. RLC FİLTRE DEVRE ÇEŞİTLERİ VE TRANSFER FONKSİYONLARININ ELDE EDİLİŞİ

2.1. Giriş

Direnç, bobin ve kondansatör pasif devre, transistör, işlemsel yükselteç (opamp) gibi elemanlar ise aktif devre elemanları olarak adlandırılırlar. Pasif devre elemanlarının veya aktif devre elemanlarının çeşitli şekillerde bağlanması ile oluşmuş belirli bir frekans aralığını geçiren veya durduran devrelere filtre devreleri adı verilmektedir. Diğer bir deyişle filtreler; giriş ile çıkış arasında istenilen frekansların iletilmesi veya süzülmesi işleminin yapılmasını sağlayan sistemlerdir [5]. Çoğunlukla filtreler kullanılan elemanlara göre iki isim alırlar:

Aktif Filtreler: Direnç, bobin ve kondansatöre ek olarak transistör ve işlemsel yükselteç gibi devre elemanlarının çeşitli şekillerde bir araya getirilmesi ile oluşturulan filtrelerdir.

Pasif Filtreler: Direnç, bobin, kondansatör gibi devre elemanlarının seri veya paralel bağlanması ile oluşturulan filtrelerdir. Çıkışın hangi elemandan alındığına göre 4 ana başlık altında incelenebilirler:

- Alçak geçiren filtreler
- Yüksek geçiren filtreler
- Bant geçiren filtreler
- Bant durduran filtreler

Hem pasif hem de aktif filtreler analog filtrelerdir. Bu filtrelerde geriye dönüş yoktur. Filtrelenip arındırılan bir frekans tekrar eski haline getirilemez. Atılan kısımlara tekrar ulaşamaz. Filtre devreleri hoparlör, amplifikatör, analog ve dijital

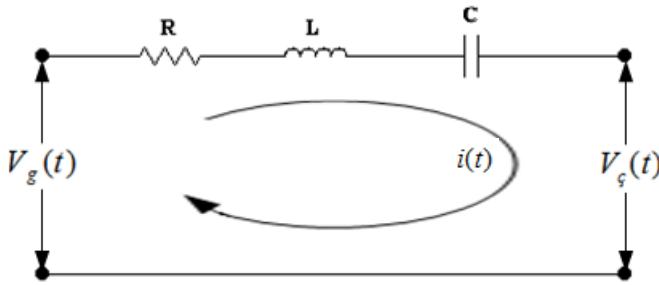
radyolar, haberleşme sistemleri, doğrultmaçlar, ekolayzerler, gibi birçok alanda kullanılmaktadır [6].

RLC filtre devreleri bobin, kondansatör ve direncin devreye bağlanış şekillerine göre iki bölümde incelenebilirler.

- Seri RLC filtre devreleri
- Paralel RLC filtre devreleri

2.2. Seri RLC Filtre Devreleri

Seri RLC devreleri direnç, bobin ve kondansatörün birbirine seri bir şekilde bağlanmasıyla oluşan devrelerdir (Şekil 2.1).

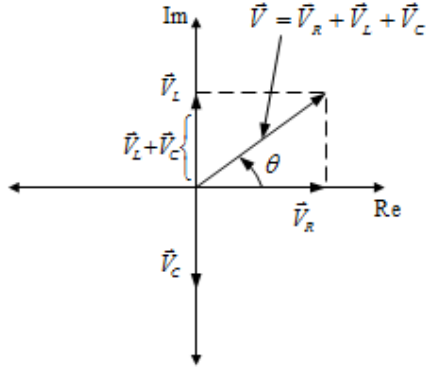


Şekil 2.1. Seri RLC filtre devresi

Bu tür devrelerde kondansatör ve bobin farklı frekans aralıklarında farklı özellikler göstermektedirler. Kondansatörler yüksek frekanslarda kısa devre gibi alçak frekanslarda ise açık devre gibi davranırken bobinler yüksek frekanslarda açık devre gibi, alçak frekanslarda ise kısa devre gibi davranırlar. Bir RLC devresinin girişine AC veya DC olmak üzere iki gerilim uygulanabilir. DC gerilimde kondansatör belirli bir zaman sonra açık devre gibi davranır. Bu nedenle devreden akım geçmez. AC gerilim uygulandığında ise akım; dirence, kondansatörün AC gerilime karşı gösterdiği dirence (kapasitif reaktans) ve bobinin AC gerilime karşı gösterdiği dirence (endüktif reaktans) göre değişiklik gösterir. Seri RLC devrelerindeki gerilim düşümleri denklem 2.1’de gösterildiği şekilde hesaplanmaktadır [7].

$$\vec{V} = \vec{V}_R + \vec{V}_L + \vec{V}_C \quad (2.1)$$

Girişine AC gerilim uygulanan endüktif bir seri RLC devresindeki direnç, bobin ve kondansatöre ait gerilim düşümleri Şekil 2.2’de gösterildiği gibidir.

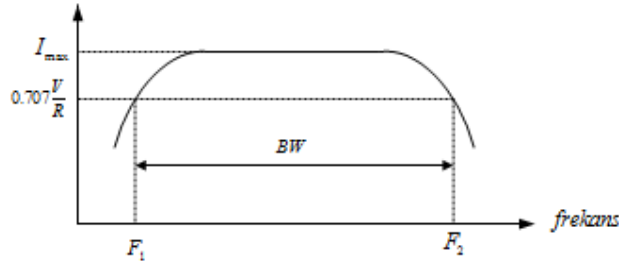


Şekil 2.2. AC girişli endüktif bir seri RLC devresinde faz farkı ve toplam gerilimin vektörel gösterimi

AC gerilimde kondansatör ve bobinde akım ve gerilim arasında faz farkı oluşur. Bu nedenle işlemler de vektörel olarak ifade edilir. İşlemler vektörel olarak yapılacağı için aritmetiksel olarak toplama işlemi yapılamaz. Bobin, kondansatör ve dirence ait gerilim değerlerinin hesaplanması denklem 2.2’de görüldüğü şekildedir.

$$V_R = I \times R, \quad V_L = I \times X_L, \quad V_C = I \times X_C \quad (2.2)$$

Burada X_C kapasitif reaktansı, X_L ise endüktif reaktansı göstermektedir. Seri RLC devrelerindeki bant genişliğine (BW) bakıldığında devre rezistif iken yani akım maksimum değerinde iken bu değer 0.707 'sine denk gelen kısımlardan frekans eksenine birer dik (F_1, F_2) çizildiğinde bu iki nokta arasında kalan kısım devrenin bant genişliğini verir. Bant genişliği devrenin etkin olarak kullanılabileceği frekans aralığı demektir. Şekil 2.3’te bu durum açıkça gösterilmiştir.



Şekil 2.3. Seri RLC devresi bant genişliği

Bant genişliğinin sınırı devrede kullanılan bobin ve kondansatörün aldıkları değerlere göre değişiklik gösterir. Eğrinin şekli bobinin iç direncine bağlıdır. Bobinin iç direncinin düşük olması kalitesini gösterir. İç direnci ne kadar düşük olursa eğri o kadar sivrilir. Bu durumda bant genişliği daralır. Bir sistemde bant genişliğinin dar olması sadece o anda istenilen sinyallere ulaşılmasını sağlar. Bu tip devrelerde bobinin iç direnci düşük olmalıdır. Bant genişliği dar olan sistemlerde kazanç artar, devre daha seçici davranır.

Bir seri RLC devresi bobin ve kondansatörün aldığı değere göre üç tip özellik göstermektedir. Bunlar:

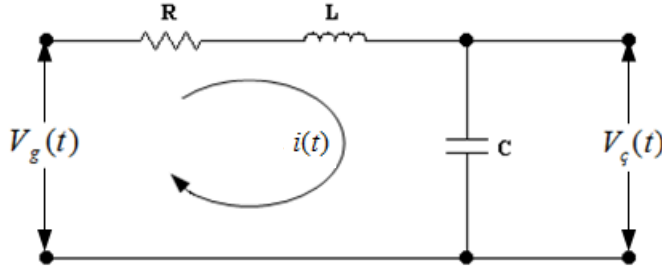
- Rezonans ($X_L = X_C$)
- Rezonans frekansının üzerinde çalışma ($X_L > X_C$)
- Rezonans frekansının altında çalışma ($X_L < X_C$) dır.

Seri RLC devreleri çıkışın alındığı elemana göre 4'e ayrılır:

- Seri RLC alçak geçiren filtre devreleri
- Seri RLC yüksek geçiren filtre devreleri
- Seri RLC bant geçiren filtre devreleri
- Seri RLC bant durduran filtre devreleri

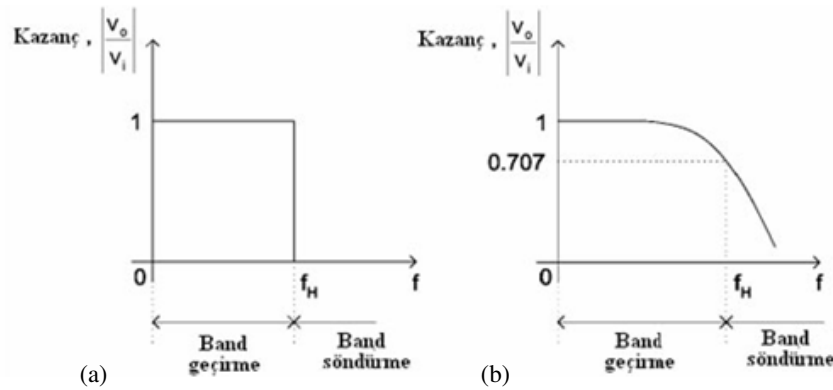
2.2.1. Seri RLC alçak geçiren filtre devreleri

Seri RLC devresinde (Şekil 2.1) çıkışın kondansatör üzerinden alınması durumunda alçak geçiren filtre devresi elde edilir. Devre şeması Şekil 2.4'te gösterilmiştir.



Şekil 2.4. Seri RLC alçak geçiren filtre devresi

Her filtrenin bir kesim frekansı vardır. Kesim frekansı; filtre, kuvvetlendirici gibi elektronik devrelerde frekans cevabı ile ilgili bilgi verir. Kesim frekansının altındaki frekansları olduğu gibi geçiren, üstündekileri hızla zayıflatıp önemsiz hale getiren filtrelere alçak geçiren filtreler denir. Bu filtrelerde alçak frekanslardaki çıkış gerilimi yüksek olur [8]. Teorikte alçak geçiren filtrelerde 0 Hz ile kesim frekansı arasında sabit bir kazanç mevcuttur. 0 Hz ile kesim frekansı arasındaki frekanslar bant geçirme frekansı, kesim frekansından büyük frekanslar ise bant söndürme frekansı olarak adlandırılır. Uygulamada ise kondansatörün yapısından dolayı kesim frekansı %10 toleranslı olarak hesaplanır. Tüm filtre tasarımları bu şekildedir. RLC alçak geçiren ideal ve pratik filtre karakteristikleri Şekil 2.5'te gösterilmiştir.



Şekil 2.5. RLC alçak geçiren filtre karakteristiği a) ideal filtre b) pratik filtre [9]

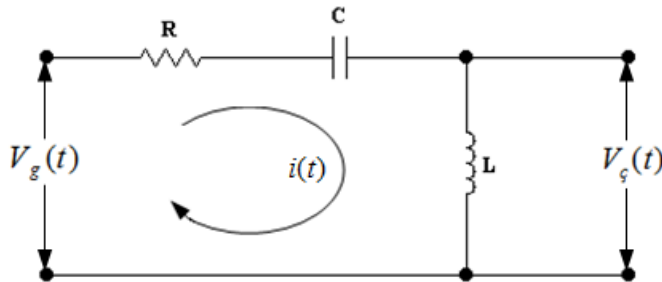
Alçak geçiren filtre devreleri hoparlörlerde, radyolarda, PLL (faz kilitlemeli döngü) devrelerinde (faz kilitlemeli döngü) gibi birçok alanda kullanılırlar. PLL'in; denizcilikte kullanılan radyo bantı biriminin çoklu kanalları, FM demodülasyon devreleri, modemler, ton kod çözücüleri, genlik modülasyonu (AM) dedektörleri ve izleme filtreleri gibi birçok uygulama alanı vardır.

Seri RLC alçak geçiren filtre devresinde devrenin davranışlarının analiz edilebilmesi için transfer fonksiyonunun bilinmesi gerekir. Bir devrenin transfer fonksiyonunun bulunabilmesi için çıkış geriliminin giriş gerilimine oranı yazılmalıdır. Devreye ait transfer fonksiyonu Şekil 2.4 kullanılarak denklem 2.3'te gösterildiği şekilde bulunabilir.

$$TF(s) = \frac{1}{s^2 + \frac{R}{L}s + \frac{1}{LC}} \quad (2.3)$$

2.2.2. Seri RLC yüksek geçiren filtre devreleri

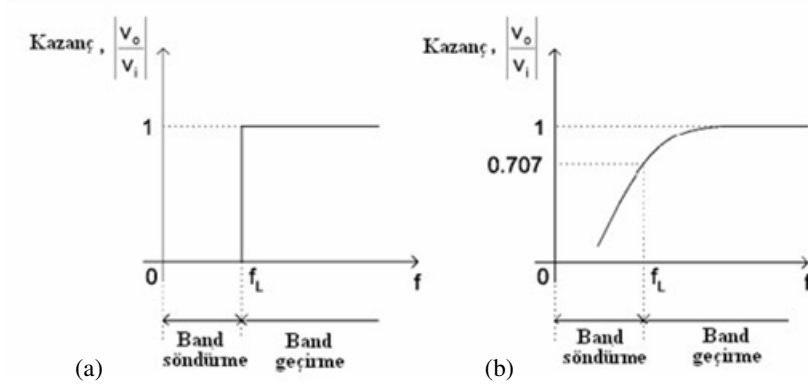
Seri RLC devresinde (Şekil 2.1) çıkışın bobin üzerinden alınması durumunda bu devre yüksek geçiren filtre devresi olur. Devre şeması Şekil 2.6'da gösterilmiştir.



Şekil 2.6. Seri RLC yüksek geçiren filtre devresi

Kesim frekansının üstündeki frekansları olduğu gibi geçiren, altında kalan frekansları hızla zayıflatarak önemsiz hale getiren filtrelere yüksek geçiren filtreler denir. Bu filtrelerde yüksek frekanslardaki çıkış gerilimi yüksek olur. Yüksek geçiren filtrelerde kesim frekansından daha büyük sabit bir kazanç vardır. 0 Hz ile kesim

frekansı arasındaki frekanslar bant söndürme frekansı, kesim frekansından büyük frekanslar ise bant geçirme frekansdır. RLC yüksek geçiren ideal ve pratik filtre karakteristikleri Şekil 2.7’de gösterilmiştir.



Şekil 2.7. RLC yüksek geçiren filtre karakteristiği a) ideal filtre b) pratik filtre [9]

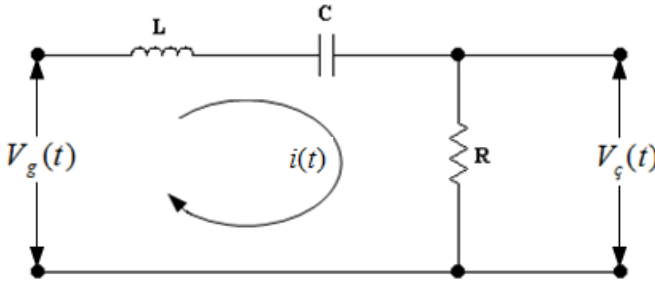
Yüksek geçiren filtre devreleri hoparlörler, radyolar, ekolayzerler gibi alanlarda kullanılmaktadır

Seri RLC yüksek geçiren filtre devresinin transfer fonksiyonunun bulunabilmesi için Şekil 2.6’dan hareketle çıkış geriliminin giriş gerilimine oranı yazılır. Devreye ait transfer fonksiyonu denklem 2.4’de gösterildiği şekilde bulunabilir.

$$TF(s) = \frac{s^2}{s^2 + \frac{R}{L}s + \frac{1}{LC}} \quad (2.4)$$

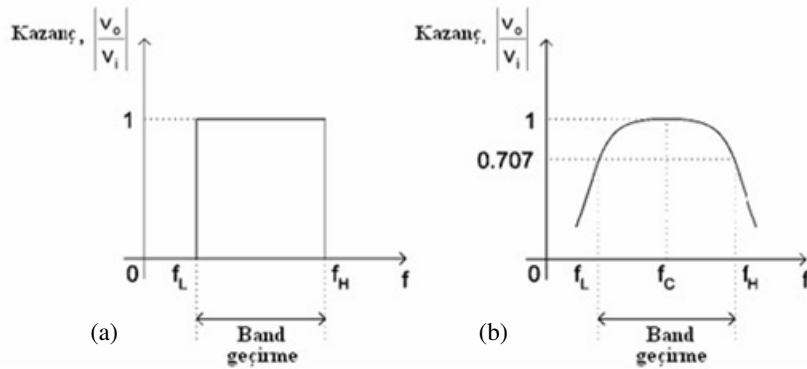
2.2.3. Seri RLC bant geçiren filtre devreleri

Seri RLC devresinde (Şekil 2.1) çıkışın direnç üzerinden alınması durumunda bu devre bant geçiren filtre devresi olur. Devre şeması Şekil 2.8’de gösterilmiştir.



Şekil 2.8. Seri RLC bant geçiren filtre devresi

Alçak geçiren ve yüksek geçiren filtrelerin birleşiminden oluşur. Sadece belirli bir frekans aralığını geçirir. Diğer kısımları ise söndürür. Yüksek geçiren filtrenin kesim frekansı (f_L) ile alçak geçiren filtrenin kesim frekansı (f_H) arasında kalan frekansları geçiren diğer tüm frekansları söndüren filtrelere bant geçiren filtreler denir [21]. Yüksek geçiren filtrenin kesim frekansı (f_L) ile alçak geçiren filtrenin kesim frekansı (f_H) arasında kalan frekanslar bant geçirme frekansıdır. Bu frekansın bant genişliği $f_H - f_L$ şeklinde hesaplanır. RLC bant geçiren ideal ve pratik filtre karakteristikleri Şekil 2.9'da gösterilmiştir [10].



Şekil 2.9. RLC bant geçiren filtre karakteristiği a) ideal filtre b) pratik filtre [9]

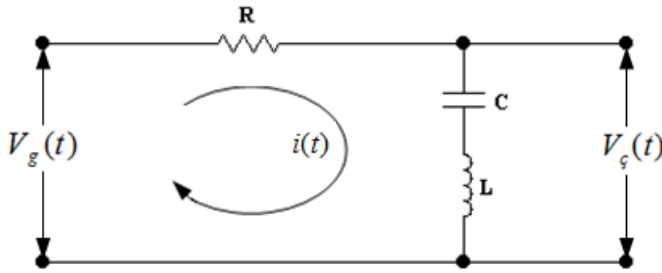
Bant geçiren filtre devreleri hoparlörler, radyolar, ekolayzerler, sağlık sistemleri gibi alanlarda kullanılmaktadır

Seri RLC bant geçiren filtre devresinin transfer fonksiyonunun bulunabilmesi için Şekil 2.8'den hareketle çıkış geriliminin giriş gerilimine oranı yazılır. Devreye ait transfer fonksiyonu denklem 2.5'de gösterildiği şekilde bulunabilir.

$$TF(s) = \frac{\frac{R}{L}s}{s^2 + \frac{R}{L}s + \frac{1}{LC}} \quad (2.5)$$

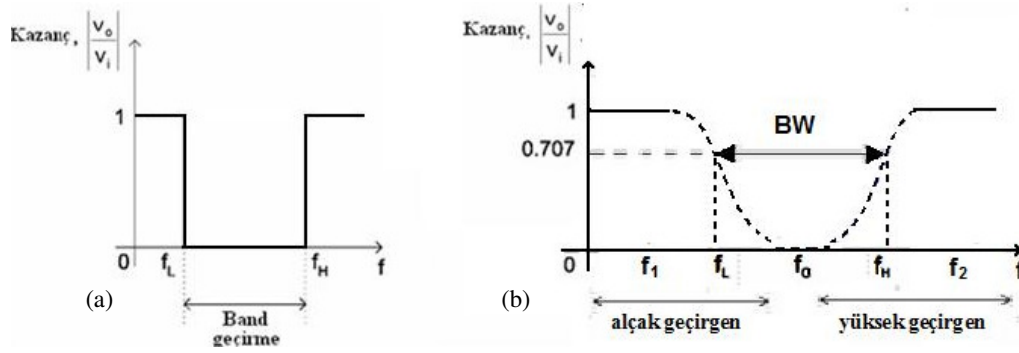
2.2.4. Seri RLC bant durduran filtre devreleri

Seri RLC devresinde (Şekil 2.1) çıkışın birbirine seri bağlı kondansatör ve bobin üzerinden alınması durumunda bu devre bant durduran filtre devresi olur. Devre şeması Şekil 2.10'da gösterilmiştir.



Şekil 2.10. Seri RLC bant durduran filtre devresi

Bir alçak geçiren filtre ve bir yüksek geçiren filtrenin paralel bağlanmış hali gibi çalışır. Sadece belirli bir frekans aralığını söndürür. Diğer kısımları ise geçirir. Yüksek geçiren filtrenin kesim frekansı (f_L) ile alçak geçiren filtrenin kesim frekansı (f_H) arasında kalan frekansları hızlıca söndüren diğer tüm frekansları geçiren filtrelere bant durduran filtreler denir. Yüksek geçiren filtrenin kesim frekansı (f_L) ile alçak geçiren filtrenin kesim frekansı (f_H) ise bu durumda f_L frekansından düşük olan frekanslar alçak geçirgen olarak, f_H frekansından yüksek olan frekanslar ise yüksek geçirgen olarak işleyecektir. RLC bant durduran ideal ve pratik filtre karakteristikleri Şekil 2.11'de gösterilmiştir [10, 11].



Şekil 2.11. RLC bant durdurucu filtre karakteristiği a) ideal filtre b) pratik filtre [12]

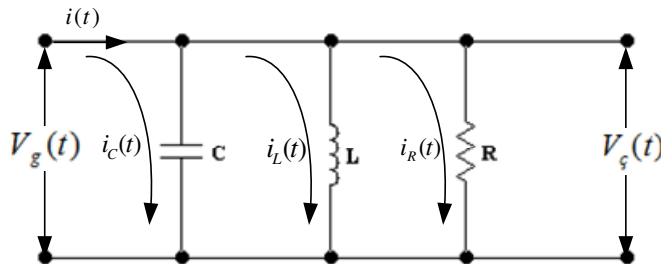
Bant durdurucu filtre devreleri hoparlörler, radyolar, ekolayzerler, sağlık sistemleri gibi alanlarda kullanılmaktadır.

Seri RLC bant durdurucu filtre devresinin transfer fonksiyonunun bulunabilmesi için Şekil 2.10'dan hareketle çıkış geriliminin giriş gerilimine oranı yazılır. Devreye ait transfer fonksiyonu denklem 2.6'de gösterildiği şekilde bulunabilir.

$$TF(s) = \frac{s^2 + \frac{1}{LC}}{s^2 + \frac{R}{L}s + \frac{1}{LC}} \quad (2.6)$$

2.3. Paralel RLC Filtre Devreleri

Paralel RLC devreleri direnç, bobin ve kondansatörün birbirine paralel bir şekilde bağlanmasıyla oluşan devrelerdir (Şekil 2.12). Filtre devresi olarak kullanıldıklarında ise kaynak ile harmonik üreten eleman arasında paralel olarak bağlanan kondansatör, bobin veya dirençten oluşmaktadır.



Şekil 2.12. Paralel RLC filtre devresi

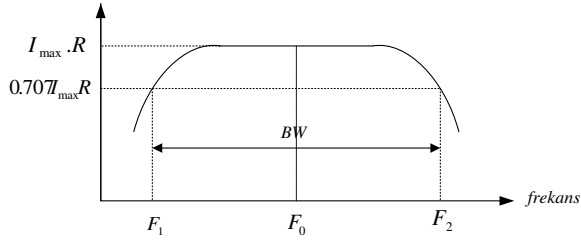
Hatırlanacağı üzere rezonans olayının gerçekleşme şartı X_C ve X_L 'nin birbirine eşit olması durumuydu. Seri RLC devrelerine karşın paralel RLC devrelerinde üç farklı kol vardır. Her bir koldan geçen akım bir diğerinden farklıdır. Seri devrelerde; elemanların akımları birbirlerine ve devrenin ana akımına eşit iken paralel devrelerde; elemanların gerilimlerinin devrenin kaynak gerilimine eşit, akımlarının ise birbirlerinden farklı olduğu bilinmektedir. Kollardan geçen akım gerilim değerleri sabit olduğu için elemanların alacağı değerlere göre değişiklik gösterir. Kirchoff'un akımlar kanununa göre bir noktaya giren akımların toplamı, çıkan akımların toplamına eşittir. Bu nedenle paralel kollardaki akımların (i_R , i_L , i_C) toplamı, temel akıma (i_T) eşittir. Toplam akım faz farkından dolayı vektörel olarak hesaplanır. Bu durum denklem 2.7'te gösterilmiştir [13].

$$\vec{i}_T = \vec{i}_R + \vec{i}_C + \vec{i}_L \quad (2.7)$$

AC gerilimde bobin üzerindeki akım gerilime göre 90° geride, kondansatörden geçen akım gerilime göre 90° ileride, dirençten geçen akım ise gerilim ile aynı yönde olacaktır. Bobin, kondansatör ve dirence ait akım değerlerinin hesaplanması denklem 2.8'de görüldüğü şekildedir.

$$i_L = \frac{V}{\omega C}, \quad i_R = \frac{V}{R}, \quad i_C = V.C\omega \quad (2.8)$$

Paralel RLC devrelerinde frekans, seri RLC devrelerinde olduğu gibi $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ formülü ile bulunur. Devrede etkin olarak kullanılabilen frekans aralığı o devrenin bant genişliğini (BW) verir. Bant genişliği ise devre rezistif iken yani gerilim maksimum değerinde iken bu değer 0.707 'sine denk gelen kısımlardan frekans eksenine birer dik (F_1, F_2) çizildiğinde bu iki nokta arasında kalan kısımdır. Şekil 2.13'te bu durum gösterilmiştir.



Şekil 2.13. Paralel RLC devresi bant genişliği [14]

Paralel RLC devresi de bobin ve kondansatörün aldığı değere göre üç tip özellik göstermektedir. Bunlar:

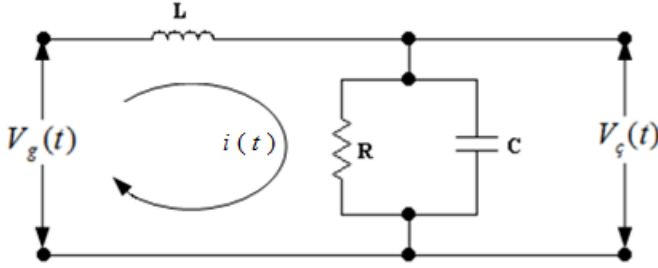
- Rezonans ($X_L = X_C$)
- Rezonans frekansının üzerinde çalışma ($X_L > X_C$)
- Rezonans frekansının altında çalışma ($X_L < X_C$) dır.

Paralel RLC devreleri çıkışın alındığı elemana göre 4'e ayrılır:

- Paralel RLC Alçak Geçiren Filtre Devreleri
- Paralel RLC Yüksek Geçiren Filtre Devreleri
- Paralel RLC Bant Geçiren Filtre Devreleri
- Paralel RLC Bant Durduran Filtre Devreleri

2.3.1. Paralel RLC alçak geçiren filtre devreleri

Bir bobine, birbirine paralel bağlanmış kondansatör ve direncin seri bağlanması ve çıkışın paralel bağlı iki elemandan alınması durumunda bu devre paralel alçak geçiren filtre devresi olur. Devre şeması Şekil 2.14'te gösterilmiştir.



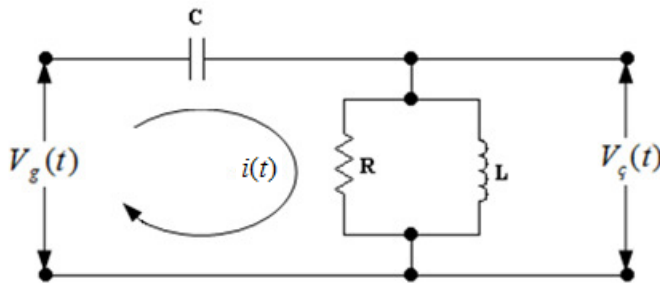
Şekil 2.14. Paralel RLC alçak geçiren filtre devresi

Paralel RLC alçak geçiren filtre devresinin transfer fonksiyonunun bulunabilmesi için Şekil 2.14'den hareketle çıkış geriliminin giriş gerilimine oranı yazılır. Devreye ait transfer fonksiyonu denklem 2.9'da gösterildiği şekilde bulunabilir.

$$TF(s) = \frac{V_f(s)}{V_g(s)} = \frac{1}{s^2 + \frac{1}{RC}s + \frac{1}{LC}} \quad (2.9)$$

2.3.2. Paralel RLC yüksek geçiren filtre devreleri

Paralel RLC devresinde çıkışın bobin ve direnç üzerinden alınması durumunda bu devre yüksek geçiren filtre devresi olur. Devre şeması Şekil 2.15'de gösterilmiştir.



Şekil 2.15. Paralel RLC yüksek geçiren filtre devresi

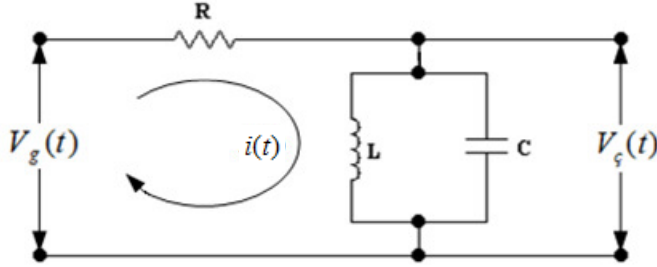
Yüksek geçiren filtre devreleri bilgisayarlar, sağlık sistemleri, hoparlörler, radyolar, ekolayzerler gibi birçok alanda kullanılmaktadır

Paralel RLC yüksek geçiren filtre devresinin transfer fonksiyonunun bulunabilmesi için Şekil 2.15'den hareketle çıkış geriliminin giriş gerilimine oranı yazılır. Devreye ait transfer fonksiyonu denklem 2.10'da gösterildiği şekilde bulunabilir.

$$TF(s) = \frac{s^2}{s^2 + \frac{1}{RC}s + \frac{1}{LC}} \quad (2.10)$$

2.3.3. Paralel RLC bant geçiren filtre devreleri

Çıkışın kondansatör ve bobinin üzerinden alınması durumunda bu devre bant geçiren filtre devresi olur. Devre şeması Şekil 2.16'da gösterilmiştir.



Şekil 2.16. Paralel RLC bant geçiren filtre devresi

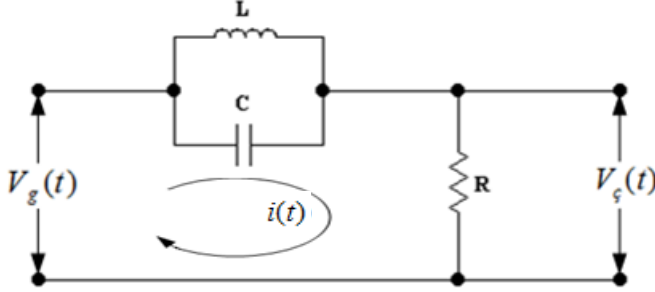
Bant geçiren filtre devreleri televizyonlar, bilgisayarlar, hoparlörler, radyolar, ekolayzerler, sağlık sistemleri gibi alanlarda kullanılmaktadır

Paralel RLC bant geçiren filtre devresinin transfer fonksiyonunun bulunabilmesi için Şekil 2.16'dan hareketle çıkış geriliminin giriş gerilimine oranı yazılır. Devreye ait transfer fonksiyonu denklem 2.11'de gösterildiği şekilde bulunabilir.

$$TF(s) = \frac{\frac{1}{RC}s}{s^2 + \frac{1}{RC}s + \frac{1}{LC}} \quad (2.11)$$

2.3.4. Paralel RLC bant durduran filtre devreleri

Çıkışın direnç üzerinden alınması durumudur. Kondansatör ve bobin birbirine seri bağlıdır. Devre şeması Şekil 2.17’de gösterilmiştir.



Şekil 2.17. Paralel RLC bant durduran filtre devresi

Bant durduran filtre devreleri hoparlörler, radyolar, ekolayzerler, sağlık sistemleri gibi alanlarda kullanılmaktadır.

Paralel RLC bant durduran filtre devresinin transfer fonksiyonunun bulunabilmesi için Şekil 2.17’den hareketle çıkış geriliminin giriş gerilimine oranı yazılır. Devreye ait transfer fonksiyonu denklem 2.12’de gösterildiği şekilde bulunabilir.

$$TF(s) = \frac{s^2 + \frac{1}{LC}}{s^2 + \frac{1}{RC}s + \frac{1}{LC}} \quad (2.12)$$

2.4. RLC Filtre Devrelerinin Transfer Fonksiyonlarının Elde Ediliş Yöntemleri

Bu bölümde transfer fonksiyonu çıkartılırken kullanılan yöntemler sunulup, Paralel RLC alçak geçiren filtre devresi için bu yöntemlerin uygulanışı anlatılacaktır. Bir devreye ait transfer fonksiyonunun bulunabilmesi için 3 yöntem vardır. Bunlar:

1. Devre analizi uygulaması ile (Göz denklemleri kullanılarak) transfer fonksiyonunun bulunması.

2. Blok diyagrama dönüştürerek transfer fonksiyonunun bulunması.
3. İşaret akış diyagramına dönüştürülerek transfer fonksiyonunun bulunması şeklinde sıralanır.

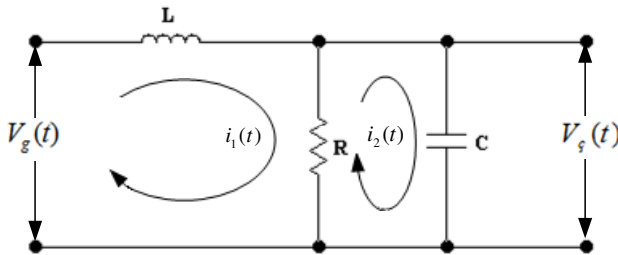
2.4.1. Devre analizi uygulaması ile (Göz denklemleri kullanılarak) transfer fonksiyonunun bulunması

Bir devreye ait olan tüm akım ve gerilim değerleri ile devrenin uygulanan giriş işaretine veya fonksiyonuna (örn: adım, rampa vs.) karşılık verdiği çıkış cevabını tespit etmeye yarayan yöntemlerin tamamına devre analizi denir. Devre analizi ile matematiksel yöntemler kullanarak sonuca ulaşmak hedeflenmektedir. İki tür devre analizi yöntemi vardır.

Düğüm analizi yöntemi: Devredeki elemanların bulunduğu kolların birbirine bağlandığı düğümler arasındaki gerilimi belirler. Bu yöntemde devredeki bütün düğümler numaralandırılır. En çok bağlantının olduğu düğüm referans düğüm olarak seçilir. Kirchhoff akımlar kanunu kullanılarak akım ve gerilimler elde edilir.

Göz analizi yöntemi: . Kirchhoff'un gerilimler kanunu ve ohm kanunu kullanılarak devredeki istenilen bir bölgedeki gerilim ve akımın bulunmasını sağlayan bir yöntemdir.

Bu çalışmada paralel RLC devresine ait kol akımları, çıkış gerilimi ve transfer fonksiyonunu bulmak için göz analizi yöntemi kullanılmıştır. Şekil 2.14'te görülen paralel RLC alçak geçiren filtre devresi yeniden düzenlenirse Şekil 2.18 elde edilir.



Şekil 2.18. Paralel RLC alçak geçiren filtre devresi

Şekil 2.18 paralel RLC alçak geçiren filtre devresine bakıldığında devrenin iki gözden oluştuğu görülmektedir. Birinci gözün akımı $i_1(t)$, ikinci gözün akımı $i_2(t)$ olarak alınmıştır. Buna göre $i_1(t)$ bobinin ve direncin üzerinden geçmekte iken $i_2(t)$ kondansatörün ve direncin üzerinden geçmektedir. Görüldüğü gibi direncin üzerinden hem $i_1(t)$ hem de $i_2(t)$ akımı geçmektedir. Direncin üzerinden akan akım birinci göz için $i_1(t) - i_2(t)$ şeklinde iken ikinci göz için $i_2(t) - i_1(t)$ şeklindedir.

Kapalı bir çevrede harcanan gerilimlerin toplamı, sağlanan gerilimlerin toplamına eşittir. Başka bir ifade ile kapalı bir göz içerisindeki toplam gerilim düşümü sıfırdır. Bu yasadan hareketle 1. göz için denklem 2.13 elde edilir.

$$V_s(t) = L \frac{di_1(t)}{dt} + R(i_1(t) - i_2(t)) \quad (2.13)$$

2.göz için denklem 2.14 elde edilir.

$$0 = \frac{1}{C} \int i_2(t) dt + R(i_2(t) - i_1(t)) \quad (2.14)$$

Günlük hayatta bütün olaylar zaman boyutunda gerçekleşir. Ancak bazen zaman boyutunda işlem yaparken türev, integral gibi hesaplaması oldukça zor işlemlerle karşılaşılabilir. Bu tip durumlarda zaman boyutundaki analizi yapılacak denklem frekans boyutuna (s-domeni) çevrilip, türev ve integral yerine toplama, çıkarma, çarpma ve bölme gibi işlemlerle denklem oldukça pratik bir şekilde çözümlenir. Sonucun anlaşılması için tekrar zaman boyutuna çevrilir. Bu dönüşüm işlemleri için Laplace ve ters Laplace işlemleri kullanılır. Laplace dönüşümünün bir diğer avantajı ise sistemin diferansiyel denklemlerini tamamen çözmeden sistem performansını ölçmek için grafiksel tekniklerin kullanılmasını sağlamasıdır [15]. İşlemlerin daha kolay yapılması ve daha anlaşılır olması için bundan sonraki işlemler frekans boyutunda yapılacaktır. Devrenin çıkış gerilimi denklem 2.15'te görüldüğü şekilde yazılabilir.

$$V_f(s) = I_1(s) \cdot \frac{R}{1 + RCs} \quad (2.15)$$

Denklem 2.13 ve 2.14 frekans boyutuna dönüştürülürse denklem 2.16 ve 2.17 elde edilir.

$$V_g(s) = LsI_1(s) + RI_1(s) - RI_2(s) \quad (2.16)$$

$$0 = \frac{1}{Cs}I_2(s) + RI_2(s) - RI_1(s) \quad (2.17)$$

Transfer fonksiyonunun bulunabilmesi için çıkış geriliminin giriş gerilimine oranı bilinmelidir. Giriş gerilimine bakıldığında birden fazla bilinmeyen ($I_1(s), I_2(s)$) içerirken, çıkış gerilimi tek bir bilinmeyen ($I_1(s)$) içermektedir. Denklem 2.16 için giriş gerilimini tek bilinmeyenli hale çevirmek gerekmektedir. Burada izlenmesi gereken yol giriş geriliminde bulunan $I_2(s)$ akımını, çıkış geriliminin akımı olan $I_1(s)$ cinsinden yazmak olmalıdır. 2.16 ve 2.17 denklemlerini taraf tarafa toplayarak gerekli düzenlemeler yapılırsa denklem 2.18 elde edilir.

$$V_g(s) = I_1(s) \left(\frac{Ls + R + RLCs^2}{1 + RCs} \right) \quad (2.18)$$

$V_g(s)$ ve $V_f(s)$ değerleri bilindiğine göre devrenin transfer fonksiyonunu bulabilmek için iki değer birbirine oranı denklem 2.19'da görüldüğü şekilde yazılır.

$$\frac{V_f(s)}{V_g(s)} = \frac{I_1(s) \cdot \frac{R}{1 + RCs}}{I_1(s) \cdot \left(\frac{Ls + R + RLCs^2}{1 + RCs} \right)} \quad (2.19)$$

Pay ve paydadaki $I_1(s)$ akımları ve payda değerleri bölme işleminin kuralı gereği birbirini yok eder. Böylece denklem 2.20'ye ulaşılmış olur.

$$\frac{V_f(s)}{V_g(s)} = \frac{R}{RLCs^2 + Ls + R} \quad (2.20)$$

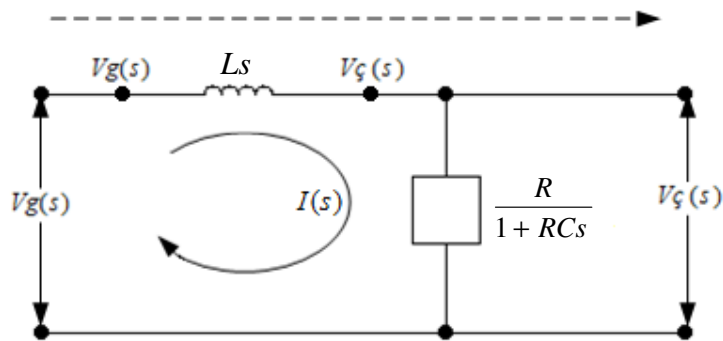
Paydada elde edilen terimdeki s'nin en büyük kuvvet değerini yalnız bırakmak için çarpan değeri olan RLC 'ye bütün değerler bölünerek gerekli düzenlemeler yapıldığında denklem 2.21 elde edilir.

$$TF(s) = \frac{V_f(s)}{V_g(s)} = \frac{\frac{1}{LC}}{s^2 + \frac{1}{RC}s + \frac{1}{LC}} \quad (2.21)$$

2.4.2. Blok diyagrama dönüştürerek transfer fonksiyonunun bulunması

Karmaşık sistemlerin tek bir transfer fonksiyonuna indirgenebilmesi için blok diyagramlar kullanılır. Bir sistemin blok diyagramı, sistemin her bir elemanı tarafından işlenen fonksiyonlar ve sinyaller akışının grafiksel gösterimidir [15, 16]. Sistemin blok diyagramı çıkartılıp indirgenildiğinde sisteme ait transfer fonksiyonu bir blok halinde gösterilir. Böylece sistemin giriş-çıkış bağıntısı elde edilir.

Şekil 2.14'deki devre R ve C tek bir eleman olarak gösterilecek şekilde yeniden düzenlenirse Şekil 2.19 elde edilir. Burada giriş ve çıkış arasında doğrusal bir yapı vardır. Akım bobinden geçerek çıkışa doğru gider.



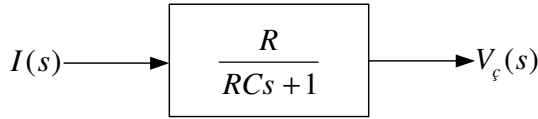
Şekil 2.19. Paralel RLC alçak geçiren filtre devresinin sadeleştirilmiş hali

Yukarıdaki devreden hareketle devreye ait çıkış gerilimi ve akım değeri bulunur.

Çıkış gerilimi $\frac{R}{1+RCs}$ eşdeğer empedansının üzerine düşen gerilimdir. Çıkış gerilimi akım cinsinden yazılırsa denklem 2.22. elde edilir.

$$V_{\phi}(s) = I(s) \cdot \frac{R}{1+RCs} \quad (2.22)$$

Denklem 2.22'den hareketle akım-empedans-çıkış ilişkisi Şekil 2.20'de gösterilen blok diyagram gibidir.



Şekil 2.20. Akım-Empedans-Çıkış ilişkisini gösteren blok diyagram

Akım değeri ise bobin üzerine düşen giriş geriliminden çıkış gerilimi çıkartılıp, bobinin değerine bölünerek bulunur. Denklem 2.23 bu durumu göstermektedir.

$$I(s) = \frac{V_g(s) - V_{\phi}(s)}{Ls} \quad (2.23)$$

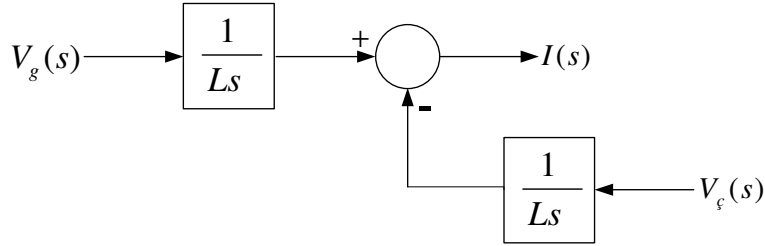
2.23 eşitliğinin kullanım yapısına göre blok diyagram çiziminin iki yolu vardır.

1.YOL: Akım değeri bulunurken bobin değeri hem giriş gerilimine hem de çıkış gerilimine ayrı ayrı bölünür. Bulunan değerler birbirinden çıkarılır. Bu durum denklem 2.24'te gösterildiği şekildedir.

$$I(s) = \frac{1}{Ls} V_g(s) - \frac{1}{Ls} V_{\phi}(s) \quad (2.24)$$

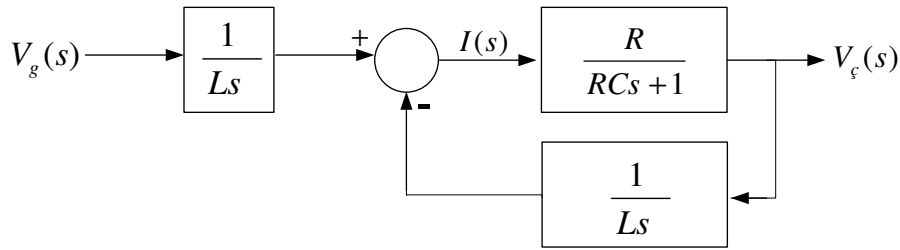
Denklem 2.24'te ifade edilen eşitlik Şekil 2.21'de gösterildiği şekilde blok diyagrama çevrilir. Denklem blok diyagrama çevrilirken aradaki eksi(-) işaretinden

dolaylı bir toplama noktası eklenir. Giriş gerilimi toplama noktasının artı ucuna, çıkış ise eksi ucuna geri besleme şeklinde bağlanır.



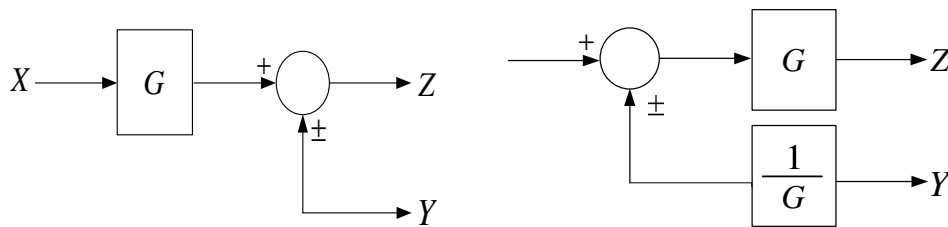
Şekil 2.21. $I(s)$ akımına ait blok diyagram tanımlaması

Şekil 2.20 ve Şekil 2.21 birleştirildiğinde filtre devresine ait blok diyagram elde edilir. Bu durumda Şekil 2.22 elde edilir.



Şekil 2.22. Uygulamaya ait blok diyagram örneği

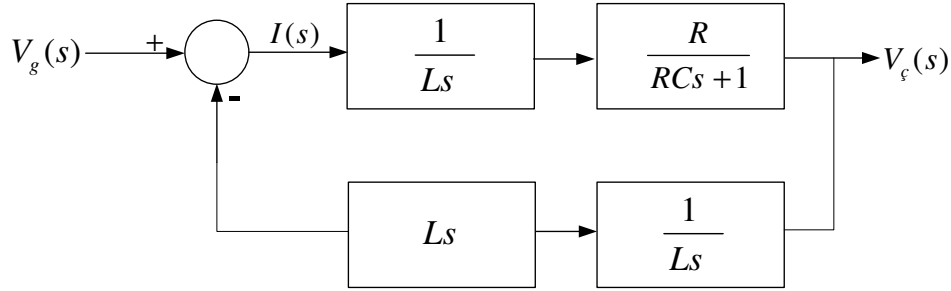
Blok diyagram indirgeme kurallarına göre toplama noktası bir bloğun önüne kaydırılmak istenirse yer değiştirilecek blok hem toplama noktasının arkasına kendi değeri ile hem de geri besleme noktasına kesirli olarak eklenir. Bu durum Şekil 2.23 a ve b'de gösterilmiştir.



Şekil 2.23. a) İndirgenecek blok diyagram

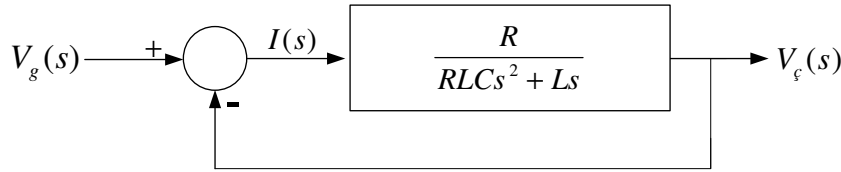
b) Toplama noktasının bloğun önüne kaydırılması

Bu kural kullanılarak Şekil 2.22 indirgenğinde Şekil 2.24 elde edilir.



Şekil 2.24. Uygulamaya ait blok diyagram örneği

Birbiri ardına bağlı bloklar indirgenirken iki blok birbiri ile çarpılır. Bu durumda blok diyagramın yeni hali Şekil 2.25’de görülmektedir.

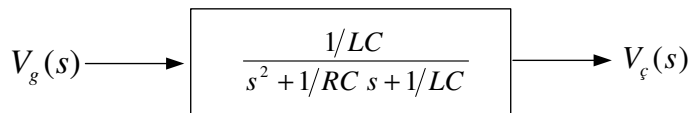


Şekil 2.25. Uygulamaya ait blok diyagram örneği

Bir blok diyagramda geri besleme döngüsü indirgenirken birinci blok payaya yazılır, birinci blok ve geri beslemenin çarpımına bir eklenerek paydaya yazılır. Bu durum denklem 2.25’te gösterilmiştir.

$$TF(s) = \frac{R}{RLCs^2 + Ls + R} \quad (2.25)$$

Gerekli düzenlemeler yapıldığında Şekil 2.26’da görülen Paralel RLC alçak geçiren filtre devresine ait transfer fonksiyonu bulunur.

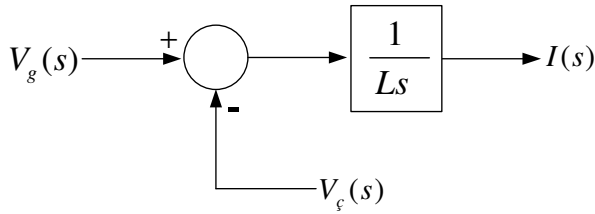


Şekil 2.26. Paralel alçak geçiren filtre devresinin indirgenmiş blok diyagramı

II.YOL: Akım değeri bulunurken giriş geriliminden çıkış gerilimi çıkartılıp bulunan sonuç Ls 'ye bölünür. Bu durum denklem 2.26'da gösterildiği şekildedir.

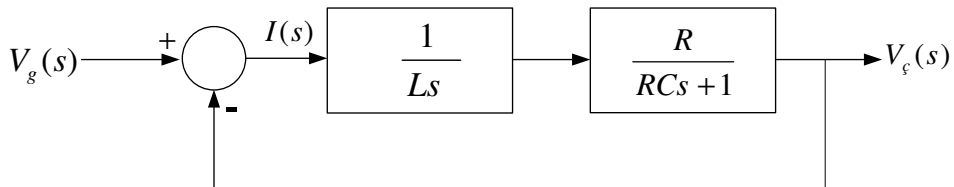
$$I(s) = (V_g(s) - V_\varphi(s)) \cdot \frac{1}{Ls} \quad (2.26)$$

Denklem 2.26'da ifade edilen eşitlik Şekil 2.23'te gösterildiği şekilde blok diyagrama çevrilir. Önce parantezin içindeki ifade için işlem gerçekleştirilir. İki terim arasındaki çıkarma işlemi blok diyagram uygulamasında toplanma noktasına karşılık gelir. Bu durumda pozitif $V_g(s)$ ile negatif $V_\varphi(s)$ burada bir araya geliyor demektir. Toplanma noktasının çıkışında eşitlikte bu parantezli ifadeye çarpan durumda olan terime bağlanır.



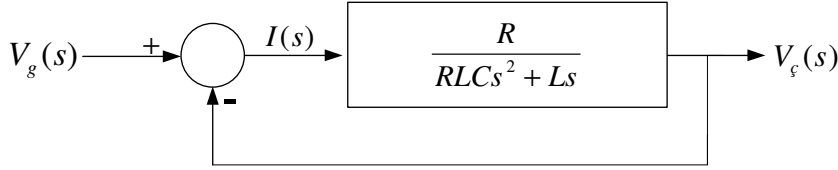
Şekil 2.27. $I(s)$ akımına ait blok diyagram örneği

Şekil 2.27'deki blok diyagramın $I(s)$ ile gösterilen ucuna akım değeriyle ilgili kısmı eklendiğinde $\frac{R}{1+RCs}$ empedansından geçen akım bu değerle çarpılarak çıkış gerilimini verir. Şekil 2.27'de görülen toplama noktasına negatif olarak bağlanan bloğun girişi de çıkış gerilimine eşittir. Bu durumda bu iki nokta birleştirilir. Bu durum Şekil 2.28'de gösterilmiştir.



Şekil 2.28. Uygulamaya ait blok diyagram örneği

Blok diyagram indirgeme kurallarına göre birbiri ardına bağlı bloklar indirgenirken iki blok birbiri ile çarpılır. Bu durumda blok diyagramın yeni hali Şekil 2.29'da görülmektedir.



Şekil 2.29. Uygulamaya ait blok diyagram örneği

Blok diyagram indirgeme kuralları kullanılarak Şekil 2.29 düzenlendiğinde bir önceki kısımda elde edilen eşitlik yani transfer fonksiyonu elde edilir.

Görüldüğü gibi anlatılan iki yoldan ikinci yol çok daha anlaşılır, kısa, basit ve pratiktir. Bu nedenle ikinci yol tercih edilir.

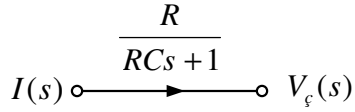
2.4.3. İşaret akış diyagramına dönüştürülerek transfer fonksiyonunun bulunması

Bir sistemi en basit hale indirgemenin bir diğer yolu işaret akış diyagramlarıdır. İşaret akış diyagramı, alt sistemi ifade eden dallardan ve işaretleri ifade eden düğümlerden oluşur. İşaret akış diyagramlarında blok diyagramlarda olduğu gibi bloklar, işaretler, toplama noktaları, ayrılma noktaları yoktur. Sistem dallar ve düğümlerle tanımlanır. İşaret akış diyagramlarında düğümler değişkenleri ifade etmektedir. Oklar işaretin yönünü belirtir. Dallarda bulunan okların üzerine o dalda bulunan sistemin transfer fonksiyonu yazılır [7, 12, 16].

Blok diyagram yöntemi ile transfer fonksiyonu bulunurken iki yöntem olduğu anlatılmıştı. Bu yöntemlerden ikinci yolun tercih edildiği söylenmişti. İşaret akış diyagramı ile işlem yaparken yine bu ikinci yol kullanılacaktır. Buna göre denklem 2.22'de gösterilen çıkış gerilimi ifadesinde $V_c(s)$ ve $I(s)$ değerleri sisteme

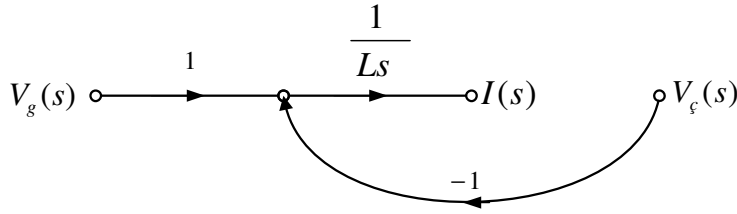
ait düğümleri, $\frac{R}{1+RCs}$ ifadesi ise dal kazancını göstermektedir. Buna göre

Şekil 2.30 bu durumu ifade etmektedir.



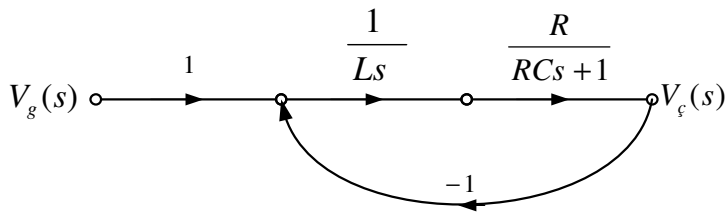
Şekil 2.30. $V_\phi(s)$ gerilimine ait işaret akış diyagramı

$I(s)$ akımı giriş ve çıkış cinsinden denklem 2.26'da görüldüğü şekilde ifade edilir. İşaret akış diyagramlarında blok diyagramlarda olduğu gibi toplanma noktası yoktur. Bunun yerine elemanlar düğümlerde birleşir. Bu durumda denklem 2.26'ya ait işaret akış diyagramı Şekil 2.31'de görüldüğü gibi oluşturulur.



Şekil 2.31. $I(s)$ akımına ait işaret akış diyagramı

Şekil 2.30 ve Şekil 2.31 birleştirilirse Şekil 2.32 ile gösterilen paralel RLC alçak geçiren filtre devresine ait işaret akış diyagramı elde edilir.



Şekil 2.32. Paralel RLC alçak geçiren filtre devresinin işaret akış diyagramı

İşaret akış şeması oluşturulduktan sonra Mason kazanç formülü kullanılarak transfer fonksiyonu oluşturulmalıdır. Mason kazanç formülü denklem 2.27'de gösterilmiştir.

$$TF(s) = M(s) = \frac{V_\phi(s)}{V_g(s)} = \frac{1}{\Delta} \sum_{k=1}^n P_k \Delta_k \quad (2.27)$$

Mason kazanç formülüne göre;

- İleri yolların sayısı (n),
 - k 'inci ileri yolun kazancı (P_k),
 - $1 -$ (döngü kazançlarının toplamı) + (ikili çarpım temassız döngü kazançlarının toplamı) - (üçlü çarpım temassız döngü kazançlarının toplamı) + (dörtlü çarpım temassız döngü kazançlarının toplamı) (Δ),
 - Δ 'nın k 'inci ileri yoluna temas etmeyen kısımların döngü kazancı (Δ_k),
- değerleri biliniyor olmalıdır.

Şekil 2.32'de gösterilen işaret akış şemasından hareketle n , P_k , Δ ve Δ_k değerleri ve nasıl elde edildikleri denklem 2.28' de basamaklar halinde gösterilmiştir.

Sadece bir tane ileri yol olduğu için $n=1$,

$$\text{Sadece bir ileri yol olduğu için } P_1 = \frac{1}{Ls} \cdot \frac{R}{1+RCs} = \frac{R}{RLCs^2 + Ls},$$

$$\Delta = 1 - \left(\frac{1}{Ls} \cdot \frac{R}{1+RCs} \cdot -1 \right) = 1 + \left(\frac{R}{RLCs^2 + Ls} \right),$$

$$\Delta_1 = 1 \tag{2.28}$$

Bu durumda ileri yollar tüm elemanlar ile temaslıdır. Denklem 2.27'de denklem 2.28'de belirtilen değerler yerlerine konularak denklem 2.29 aşağıdaki şekilde oluşturulur.

$$\begin{aligned} TF(s) = M(s) &= \frac{V_f(s)}{V_g(s)} = \frac{1}{\Delta} \sum_{k=1}^n P_k \Delta_k \\ &= \frac{1}{1 + \left(\frac{R}{RLCs^2 + Ls} \right)} \left(\sum_{k=1}^1 \frac{R}{RLCs^2 + Ls} \cdot 1 \right) \\ &= \frac{1}{RLCs^2 + Ls + R} \left(\frac{R}{RLCs^2 + Ls} \right) \end{aligned} \tag{2.29}$$

Denklem 2.29 yeniden düzenlendiğinde $RLCs^2 + Ls$ ifadeleri birbirini yok eder. Paydada bulunan s^2 ifadesi yalnız bırakılır Bunun için s^2 'nin çarpanı olan RLC ifadesine tüm değerler bölünür. Paralel RLC alçak geçiren filtre devresine ait transfer fonksiyonu denklem 2.30'da görüldüğü gibi bulunur.

$$TF(s) = M(s) = \frac{1}{LC} \frac{1}{s^2 + \frac{1}{RC}s + \frac{1}{LC}} \quad (2.30)$$

2.5. Filtre Devrelerinin Analizinde Kullanılan Yöntemler

Bir sisteme ait transfer fonksiyonu bulunduktan sonra sistem analiz edilebilir. Bulunan transfer fonksiyonunun kaçınıcı dereceden olduğu sistemin kararlı olup olmadığı hakkında bilgi vericidir [17]. Transfer fonksiyonu bilinen bir sistemin analizi için kullanılan birçok yöntem vardır. Bunların başlıcaları;

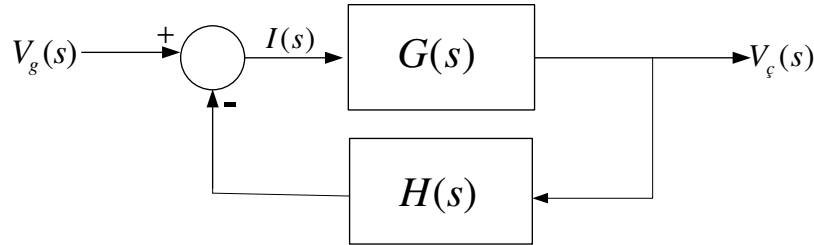
- Kök-yer eğrileri yöntemi
- Adım cevabı yöntemi
- Frekans cevabı yöntemleri (Bode diyagramları ve Nyquist eğrisi) dir.

Bu yöntemlerden örnek olarak; kök-yer eğrilerinin çıkarılışı adım adım anlatılıp, bir örnek üzerinde uygulaması yapılacaktır. Diğer üç yöntemde ise anlatım ve uygulama sonucunun verilmesi şeklinde bir sunum yapılacaktır.

2.5.1. Kök-yer eğrileri yöntemi

Lineer ve zamanla değişmeyen sistemlerin incelenmesinde ve tasarımında kapalı-döngü sisteminin kutuplarının bilinmesi büyük önem taşır. Kapalı-döngü sistemlerde karakteristik denklemin kökleri, açık-döngüye bağlıdır. Bu sistemlerde kutupların ve sıfırların s-düzleminde istenildiği şekilde yerleştirilmesi için açık-döngü kutuplarının ve sıfırlarının düzenlenmesi gerekir [15]. Açık-döngü analizi ile kapalı-döngü hakkında bazı bilgilere ulaşılabilir. Açık döngü sistemin giriş ve çıkıştan bağımsız ele

alınmasıdır. $G(s)H(s)$ şeklinde ifade edilir. Açık döngü sistemin kutupları ve sıfırları sistemin zaman ve kazanç sabitine bağlı olarak değişmektedir. Dolayısıyla açık döngü sistemin kutupları ve sıfırları bilinmekle beraber istenilen şekilde s-düzlemine yerleştirilebilmektedir. Şekil 2.33'de kapalı-döngü sisteme ait blok diyagram görülmektedir.



Şekil 2.33. Kapalı-döngü sistem blok diyagramı

Şekil 2.33'e ait transfer fonksiyonu, blok diyagram indirgeme kurallarından geri besleme ($H(s)$) döngüsü indirgeme kuralı kullanılarak elde edilir. Elde edilen denklem 2.31'de görüldüğü şekildedir.

$$\frac{V_{\check{c}}(s)}{V_g(s)} = \frac{G(s)}{1+G(s)H(s)} \quad (2.31)$$

Kök-yer eğrileri bir sistemin karakteristik köklerinin, belirli bir parametreye bağlı olarak değişim eğrisini elde etmeyi sağlar [18]. Kök-yer eğrisi yönteminde sisteme ait karakteristik denklem, verilen sistemin paydası 0'a eşitlenerek elde edilebilir. Değişim parametresi ise K (kazanç) olarak ifade edilir. Payda alınıp sıfıra eşitlenerek sistemin kutupları bulunur. Bu durumda denklem 2.31'in karakteristik denklemi denklem 2.32'de gösterilmiştir. Bu denklemde -1 değeri denklem 2.33 ile ifade edilir.

$$1+G(s)H(s) = 0 \quad \longrightarrow \quad G(s)H(s) = -1 \quad (2.32)$$

$$-1 = e^{j(2k+1)\pi}, \quad k = 0,1,2,3,\dots \quad (2.33)$$

Denklem 2.32 yeniden düzenlenirse denklem 2.34 elde edilir.

$$G(s)H(s) = U + jV \quad (2.34)$$

Denklem 2.34'te görüleceği üzere $G(s)H(s)$ rasyonel fonksiyonu karmaşık bir büyüklük olarak karşımıza çıkar. Bilindiği gibi karmaşık büyüklüklerin bir genlik birde açı bileşeni vardır. Bu değerler denklem 2.35'de görüleceği şekilde bulunabilir.

$$\begin{aligned} |G(s)H(s)| &= \sqrt{(U^2 + V^2)} = 1 \\ \angle G(s)H(s) &= \pm\pi(2k+1) = \pm 180^\circ(2k+1), \quad k = 0,1,2,3,\dots \end{aligned} \quad (2.35)$$

Çoğunlukla $G(s)H(s)$ fonksiyonu kazanç parametresi olan K 'yı içerir. $G(s)H(s)$ fonksiyonu K cinsinden yazılırsa denklem 2.36 elde edilir. Bu denkleme ait genlik ve açı değerleri ise denklem 2.37 ile gösterilmiştir.

$$G(s)H(s) = K \frac{p(s)}{q(s)} \quad (2.36)$$

$$\left| K \frac{p(s)}{q(s)} \right| = 1 \quad \angle K \frac{p(s)}{q(s)} = (2k+1)\pi, \quad k = 0,1,2,3,\dots \quad (2.37)$$

Burada $p(s) = (s + z_1)(s + z_2) \cdots (s + z_m)$, $q(s) = (s + p_1)(s + p_2) \cdots (s + p_n)$ şeklinde gösterilir. Böylece sisteme ait sıfırlar paydan, kutuplar ise paydadın bulunmuş olur. Denklem 2.35'deki genlik ve açı değeri koşullarını ayrı ayrı sağlayan s değerleri karakteristik denklemin kutuplarıdır. Sistemde K kazanç sabiti değiştiğinde kutuplar değişir. K sabiti 0 ve $+\infty$ arasında bir değer alabilir. Köklerin s düzleminde oluşturduğu noktaların birleştirilmesi ile köklerin yer eğrisi elde edilmiş olur [7]. Kök-yer eğrisi çiziminde amaç kökleri bulup s -düzlemine yerleştirdikten sonra sistem parametreleri ile oynayıp köklerde meydana gelen değişimi çizmektir. Kazanç parametresi bir sistem parametresidir. Bu değer genlikten yeniden ayarlanarak köklerdeki değişim izlenebilir.

Cywiak ve Castro'nun "Simple technique for root locus plotting", Barmish ve Tempo'nun "The robust root locus" adlı makalelerinden kök-yer eğrilerinin çözümüne yönelik geliştirme ve basitleştirme çalışmaları hakkında bilgi edinilebilir [19, 20].

Kök-yer eğrisi çiziminde uyulması gereken 8 kural vardır.

KURAL 1: $K=0$ iken kök-yer eğrisinin kol sayısı karakteristik denklemin derecesine yani açık-döngü kök sayısına eşittir [15]. $p(s)$ polinomu m 'inci dereceden, $q(s)$ n 'inci dereceden iki polinom ise; sistemin açık-döngü fonksiyonu $G(s)H(s)=K\frac{p(s)}{q(s)}$,

karakteristik denklemi ise $1+G(s)H(s)=1+K\frac{p(s)}{q(s)}=\frac{q(s)+Kp(s)}{q(s)}=0$ şeklinde olur.

$n>m$ olmak şartıyla yukarıdaki denklemin n tane kökü mevcuttur. $q(s)$ 'nin sıfır sayısı, açık-döngü transfer fonksiyonunun kutup sayısına eşittir. Açık-döngü transfer fonksiyonunun kutupları, paydada bulunan fonksiyonun kutuplarına eşittir. Bu durumda karakteristik denklemin n tane kökü ve kök-yer eğrisinin n tane kolu vardır.

Örnek: Paralel RLC alçak geçiren filtre devresine ait kök-yer eğrilerinin çizimi. Tüm kurallar bu örnek üzerinde gösterilecektir.

Bölüm 2.3.1'de paralel RLC alçak geçiren filtre devresine ait transfer fonksiyonu verilmişti. Bu fonksiyonda $R=1000 \Omega$, $L=0.1 \text{ H}$, $C=0.000001 \text{ F}$ için sistem yeniden düzenlenirse elde edilen fonksiyon denklem 2.38'de görüldüğü şekilde bulunur.

$$TF(s) = \frac{V_f(s)}{V_g(s)} = \frac{\frac{1}{LC}}{s^2 + \frac{1}{RC}s + \frac{1}{LC}} = \frac{10^7}{s^2 + 1000s + 10^7} \quad (2.38)$$

Karakteristik denklem $s^2 + 1000s + 10^7$ olduğuna göre denkleme ait kökleri diskriminant yöntemi (2.39) ile bulabiliriz. $ax^2 + bx + c = 0$ formunda bir denklemde kökler;

$$x_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \quad (2.39)$$

şeklinde bulunur.

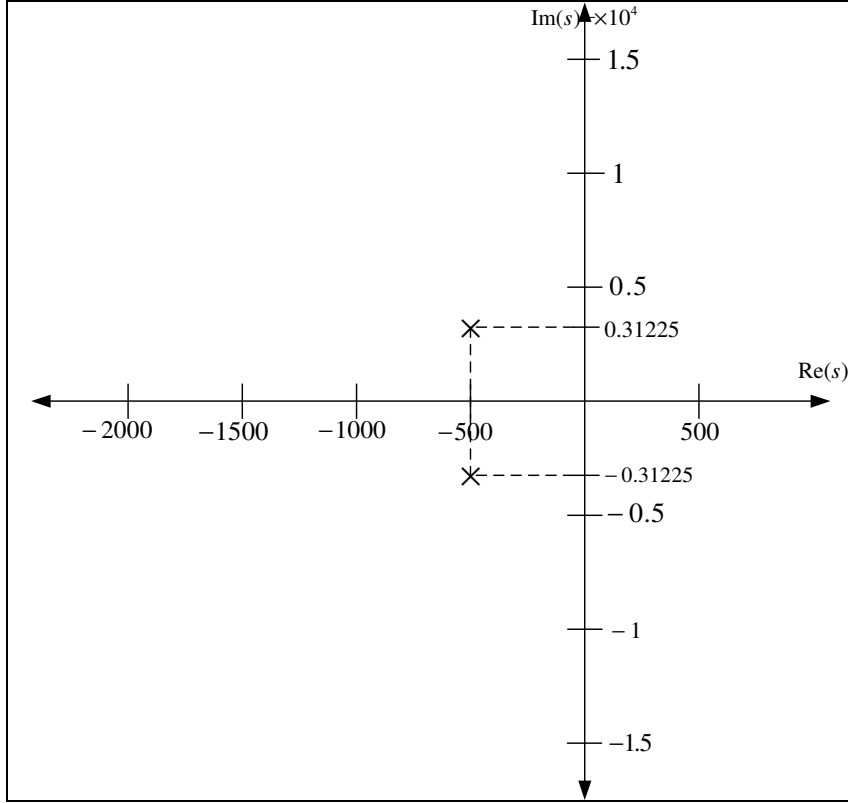
Buna göre karakteristik denklemde $a=1$, $b=1000$, $c=10^7$ 'dir. Verilen değerler denklem 2.39'da yerine konursa sisteme ait kutuplar (p_1, p_2) denklem 2.40 ve 2.41'de görüldüğü gibi elde edilir.

$$p_1 = \frac{-1000 + \sqrt{-39 \cdot 10^6}}{2.1} = -500 + 3122.5j \quad (2.40)$$

$$p_2 = \frac{-1000 - \sqrt{-39 \cdot 10^6}}{2.1} = -500 - 3122.5j \quad (2.41)$$

Burada n köklerin sayısı olmak üzere $n=2$ 'dir. K 'nın farklı değerleri için bir kökün kök-yer eğrisi üzerinde izlediği yola kol adı verilir [18]. Kök-yer eğrisinin kol sayısı, karakteristik denklemin kök sayısına eşit olduğu için *kök-yer eğrisinin kol sayısı* 2 olarak bulunur.

p_1 ve p_2 kökleri koordinat düzleminde gösterilecek olursa; gösterimin daha kolay olması açısından karmaşık sayıların bulunduğu eksendeki değerler 10^4 değerine bölünmüştür. Koordinat düzleminde yatay eksen gerçek eksen, dikey eksen karmaşık eksen temsil etmektedir. Buna göre kutupların yeri koordinat düzleminde Şekil 2.34'de görüldüğü gibidir.



Şekil 2.34. Paralel RLC alçak geçiren filtre devresine ait kök-yer eğrisinin çiziminde kutupların gösterimi

KURAL 2: Kök-yer eğrisi açık döngü kutuplarından başlar ve açık döngü sıfırlarında sona erer [21]. Açık döngü kutupları kök-yer eğrisinin başlangıç noktasını, sıfırları ise bitiş noktasını gösterir. Başlangıç noktasında $K = 0$, bitiş noktasında $K = \infty$ 'dur. $K = \infty$ için karakteristik denklemin kökleri açık döngü transfer fonksiyonunun sıfırlarıdır [15]. Eğer sistemin payının derecesi paydasının derecesinden büyük ise kök-yer eğrisi sonsuzda başlar. Paydasının derecesi payının derecesinden büyükse eğri sonsuzda biter.

Örnek: Paralel RLC alçak geçiren filtre devresinde; m sıfırların sayısı olmak üzere sisteme ait herhangi bir sıfır değeri yoktur. Bu nedenle $m=0$ olarak alınır. Kural 1'de $n=2$ olarak belirtilmişti. Bu durumda $n-m=2-0=2$ olduğu için kök-yer eğrisinin kolları sonsuza gider. Yani kök-yer eğrisinin kolları $K = 0$ için $p_1 = -500 + 3122.5j$, $p_2 = -500 - 3122.5j$ den başlar. $K = \infty$ için $z_1 = \infty$, $z_2 = \infty$ daki sıfırlarda son bulur.

KURAL 3: Reel ya da gerçek eksen üzerinde seçilen bir test noktasının köklerinin kök-yer eğrisi üzerinde bulunabilmesi için bu noktanın sağında bulunan açık döngü transfer fonksiyonunun gerçek değerli kutup ve sıfırların toplamının tek olması gerekir.

KURAL 4: Köklerin yer eğrisi gerçek eksene göre simetriktir. Çünkü karakteristik denklem bir fiziksel sisteme ilişkin olduğundan katsayıları reel ve kökler de birbirine göre karmaşık eşleniktir [18].

KURAL 5: Kök-yer eğrisinin asimptotları, sonsuza uzanan kolların doğrultu ve yönünü gösterir. Asimptotların gerçek eksenle yaptıkları açı n açık döngü kutuplarının, m sıfırlarının sayısı olmak üzere denklem 2.42 kullanılarak hesaplanır.

$$\theta_a = \frac{180^\circ(2k+1)}{n-m} \quad k = 0,1,2,3,\dots \quad (2.42)$$

Örnek: Paralel RLC alçak geçiren filtre devresinde; asimptotların gerçek eksenle yaptıkları açı değerleri denklem 2.42 kullanılarak 2.43 ve 2.44 denklemlerinde görüldüğü şekilde bulunur.

$$k = 0 \text{ için } \theta_a = \frac{180^\circ(2 \cdot 0 + 1)}{2 - 0} = \frac{180^\circ}{2} = 90^\circ \quad (2.43)$$

$$k = 1 \text{ için } \theta_a = \frac{180^\circ(2 \cdot 1 + 1)}{2 - 0} = \frac{180^\circ(3)}{2} = 270^\circ \quad (2.44)$$

$n-m=2$ olduğuna göre iki tane asimptot vardır. Bu asimptotlar görüldüğü gibi $k = 0$ için $\theta_a = 90^\circ$ ve $k = 1$ için $\theta_a = 270^\circ$ 'dir.

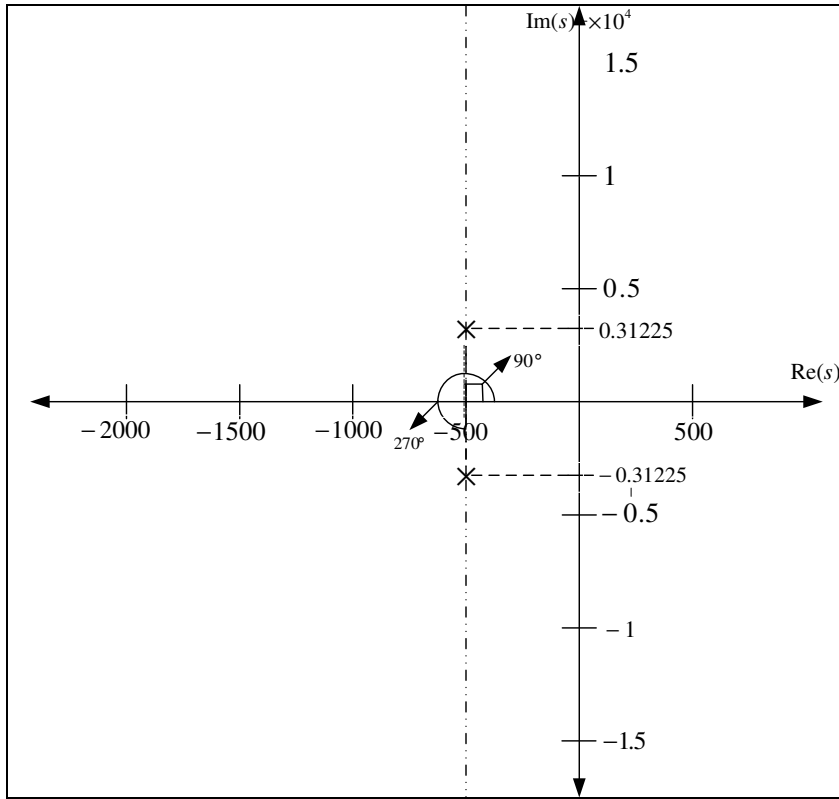
KURAL 6: Asimptotların gerçek ekseni kestikleri nokta denklem 2.45'te verilen formülle hesaplanır.

$$\sigma_a = \frac{\sum G(s)H(s) \text{ kutupları} - \sum G(s)H(s) \text{ sıfırlar}}{n-m} \quad (2.45)$$

Örnek: Paralel RLC alçak geçiren filtre devresinde; asimptotların gerçek eksenini kestikleri nokta denklem 2.45 kullanılarak denklem 2.46'da görüldüğü şekilde bulunur.

$$\sigma_a = \frac{\sum p_i - \sum z_i}{n - m} = \frac{-500 + 3122.5j - 500 - 3122.5j}{2} = \frac{-1000}{2} = -500 \quad (2.46)$$

Asimptotlar gerçek eksenini -500 noktasında keserler. Şekil 2.30 üzerinde asimptotların yerleştirilmiş hali Şekil 2.35'de görüldüğü gibidir.



Şekil 2.35. Paralel RLC alçak geçiren filtre devresine ait kök-yer eğrisinin çiziminde asimptotların gösterimi

KURAL 7: Kök-yer eğrisinin gerçek eksenden ayrılma ve gerçek eksene geliş noktası denklem 2.47 ile bulunur.

$$1 + K \frac{p(z)}{q(z)} = 0, \quad K = -\frac{q(z)}{p(z)} \quad (2.47)$$

Burada ikinci eşitliğin z 'ye göre türevi alınırsa denklem 2.48 elde edilir.

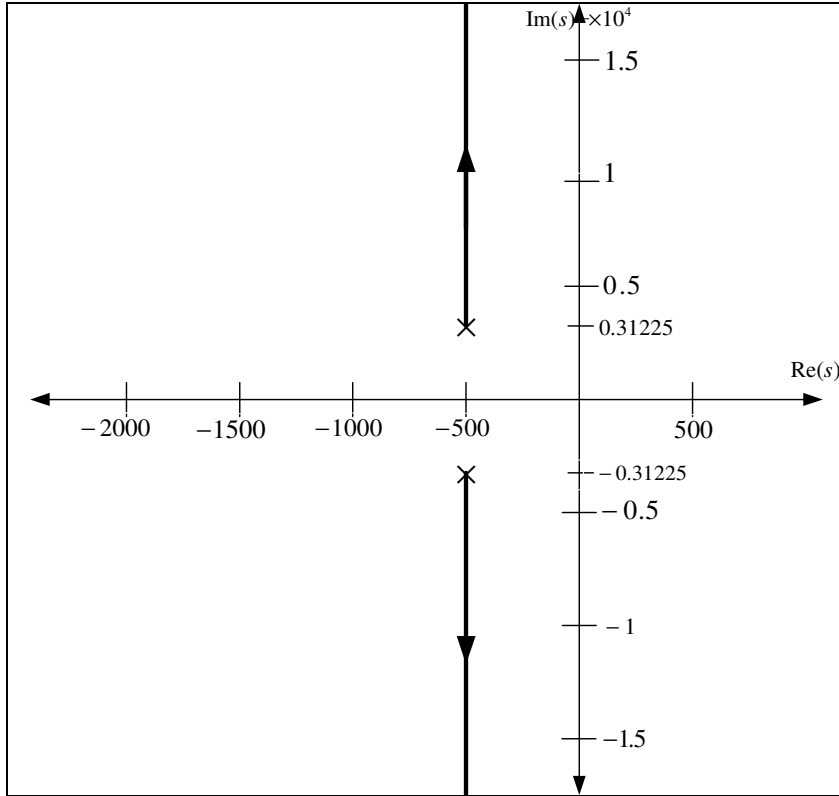
$$\frac{dK}{dz} = \frac{[q'(z)p(z) - q(z)p'(z)]}{p^2(z)} = 0 \quad (2.48)$$

Örnek: Paralel RLC alçak geçiren filtre devresinde; kök-yer eğrileri gerçek eksen kesmedikleri için gerçek eksenden ayrılma ve gerçek eksene giriş değerleri yoktur.

KURAL 8: Kök-yer eğrilerinin karmaşık eksen kestiği noktalar bulunur. Bunun için iki yöntem vardır. Birinci yöntemde laplace değişkeni olan s yerine $j\omega$ değeri konulur ve elde edilen ifadenin gerçek ve sanal kısımları sıfıra eşitlenerek ω ve K değerleri için çözülür. ω kök-yer eğrisinin sanal eksen kestiği yerdeki frekans, K ise kritik kararlı durumdur [15]. İkinci yöntem Routh-Hurwitz kararlılık ölçütüdür.

Örnek: Paralel RLC alçak geçiren filtre devresinde; kök-yer eğrileri sanal eksen kesmezler, bu nedenle kök-yer eğrilerinin karmaşık eksen kesme noktası yoktur.

Tüm bu kurallar uygulandığında kök-yer eğrisinin kolları $K = 0$ için $p_1 = -500 + 3122.5j$, $p_2 = -500 - 3122.5j$ den başlar. $K = \infty$ için $z_1 = \infty$, $z_2 = \infty$ daki sıfırlarda son bulur. Şekil 2.36'da paralel RLC alçak geçiren filtre devresine ait kök-yer eğrileri görülmektedir.



Şekil 2.36. Paralel RLC alçak geçiren filtre devresine ait kök-yer eğrisi

Şekil 2.36’da görüleceği gibi sistemin koordinat düzleminin pozitif alanında kökleri yoktur. Bu nedenle paralel RLC alçak geçiren filtre devresi için kararlı bir yapıya sahiptir denilir.

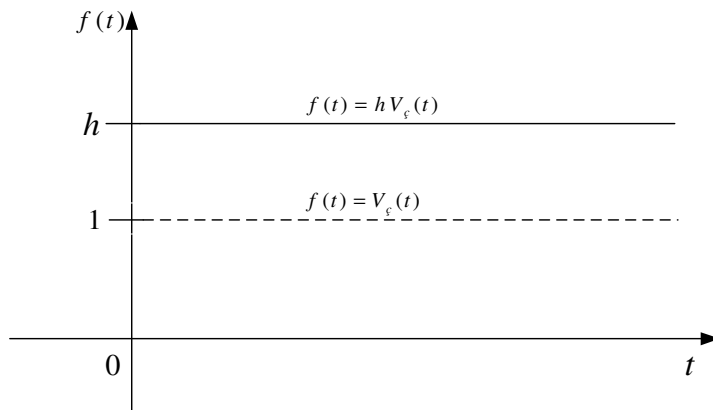
Bütün bu işlemler Matlab programında bulunan Pole, Zero ve Rlocus komutları ile çok kısa sürede yapılabilir. Bunun için sisteme ait transfer fonksiyonunun bilinmesi yeterlidir. Bir sisteme ait kutupların bulunması için K ve S matris formatında birer değişken olmak üzere; $K = pole(sistem)$, sıfırların bulunabilmesi için $S = zero(sistem)$ fonksiyonları kullanılır. Kök-yer eğrisine ait grafiğin çizilebilmesi için ise `rlocus [sistem1, 'stil1', sistem2, 'stil2',..., sistemn, 'stiln']` komutunun kullanılması yeterlidir. Fonksiyonların kullanımı hakkında açıklama, program içerisinde kullanımı ve sonuçları bir örnek uygulama üzerinde bölüm 3.4.1.1. Kök-Yer analizi için oluşturulan fonksiyonlar başlığı altında verilmiştir.

2.5.2. Adım cevabı yöntemi

Zamanın 0'dan küçük olduğu durumlarda 0, 0'dan büyük olduğu durumlarda ise bir h sabitine eşit olan fonksiyonlara adım (basamak) fonksiyonu adı verilir. Bu durum denklem 2.49 ile ifade edilir.

$$f(t) = \begin{cases} h, & t \geq 0 \\ 0, & t < 0 \end{cases} \quad (2.49)$$

$h=1$ değeri için fonksiyon birim basamak fonksiyonu olarak adlandırılır. h sabitli ve basamak fonksiyonu Şekil 2.37'de gösterilmiştir.



Şekil 2.37. Birim basamak ve h sabitli basamak fonksiyonu

Basamak fonksiyonu bir sistemin girişindeki sıçramaya göre sistemin ani değişimlere karşı davranışını ölçmede çok kullanışlı olan bir analiz çeşididir. Basamak fonksiyonu uygulanan bir sistem cevabı, başlangıçta meydana gelen sıçramadan sonra sabit giriş değerini yakalamak için dalgalanmalar yapar ve bu değeri yakaladığında “Sistem kararlıdır.” denir. Bu süre ne kadar kısa olursa sistemin kararlılığa geçiş süresi o kadar hızlanmış olur.

Adım cevabını kompleks formda elde edilebilmesi için önce sistemin girişine adım sinyali uygulanır. Elde edilen çıkış sinyalinin zaman boyutundaki alacağı değerleri bulmak için ters Laplace dönüşümü kullanılır ve t 'ye sayısal değerler verilir. Elde

edilen değerler dikey eksen, zaman (t) ise yatay eksen oluşturacak şekilde çizilir. Bu şekilde adım cevabı elde edilmiş olur.

ÖRNEK: Paralel RLC alçak geçiren filtre devresine ilişkin adım cevabının elde edilişi sıralı bir şekilde verilmiştir. Değerler kök-yer eğrisinde kullanıldığı şekilde seçilmiştir.

Sistemin girişine adım sinyali uygulandığı için transfer fonksiyonu $\frac{1}{s}$ ile çarpılarak çıkış sinyalinin eşitliği elde edilir. Bu durum denklem 2.50'de görüldüğü gibidir.

$$TF(s) = \frac{C(s)}{R(s)} = \frac{10^7}{s^2 + 10^3 s + 10^7} \Rightarrow C(s) = \frac{1}{s} \left(\frac{10^7}{s^2 + 10^3 s + 10^7} \right) \quad (2.50)$$

Frekans boyutundan zaman boyutuna geçişin daha kolay yapılabilmesi için 2.50'deki denklemi basit kesirler yöntemi ile kesirlerine ayırmak gerekir. Buna göre elde edilen denklem 2.51'de görülmektedir.

$$C(s) = \frac{A}{s} + \frac{B}{(s + 500 - 3122.5j)} + \frac{C}{(s + 500 + 3122.5j)} \quad (2.51)$$

A, B ve C değerleri bulunduktan sonra denklem 2.51 yeniden düzenlenirse denklem 2.52 elde edilir.

$$C(s) = \frac{1}{s} + \frac{1}{(s + 500 - 3122.5j)} + \frac{1}{(s + 500 + 3122.5j)} \quad (2.52)$$

Frekans boyutundan zaman boyutuna geçilirse denklem 2.53 elde edilir.

$$c(t) = 1 + \frac{1}{-0.31225j - 1.95} e^{-(500-3122.5j)t} + \frac{1}{0.31225j - 1.95} e^{-(500+3122.5j)t} \quad (2.53)$$

Denklem 2.53'te t değerleri değiştirilerek sisteme ait adım cevabı bulunur. Matlab programı ile denklem 2.53'e ait adım cevabını oluşturan program kodları Şekil 2.38'de verilmiştir.

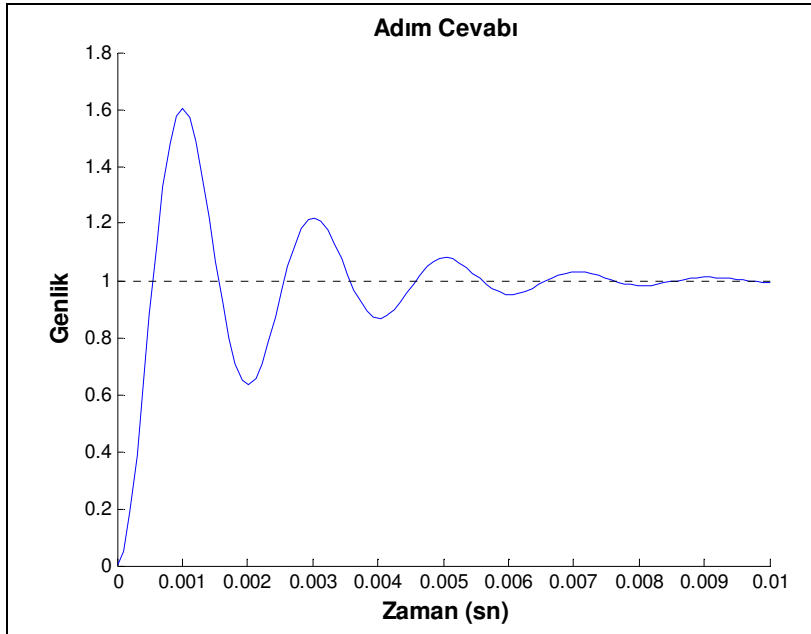
```

syms s t
c=1+((1/(-0.31225i-1.95))*exp((-500+3122.5i)*t))...
    +(1/(0.31225i-1.95))*exp((-500-3122.5i)*t);
c=inline(c);
t=linspace(0,0.01);
sonuc=c(t);
hold on
plot(t,sonuc)
plot([0 0.01],[1 1],'k:')
title('\bf Adım Cevabı','fontsize',12)
xlabel('\bf Zaman (sn)','fontsize',12)
ylabel('\bf Genlik','fontsize',12)

```

Şekil 2.38. Paralel RLC alçak geçiren filtre devresine ait adım cevabı çizim programı

Fonksiyon çalıştırıldığında elde edilen grafik Şekil 2.39'da gösterilmiştir.

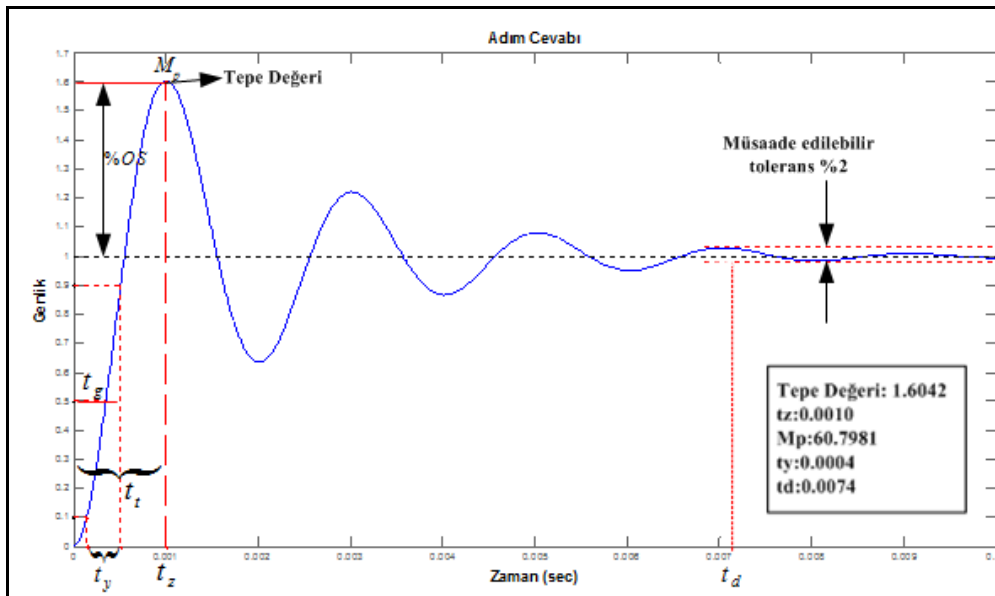


Şekil 2.39. Paralel RLC alçak geçiren filtre devresine ait adım cevabı grafiği

Bir sistemin adım cevabını bulmanın bir diğer yolu da Matlab programında *Step* komutunu kullanmaktır. Bu komutun kullanımı iki şekildedir. Birinci kullanım

$step(sistem, 'stil')$ şeklindedir. Bu kullanım ile grafikler oluşturulabilir. İkinci kullanım $[G,Z]=step(sistem)$ şeklindedir. Bu kullanımda ise adım cevabı grafiğini oluşturan veriler elde edilir. Bu fonksiyonun kullanımı Bölüm 3.4.1.2 Adım Cevabı analizi için oluşturulan fonksiyonlar başlığında bir fonksiyon içerisinde gösterilmiştir.

Bir sisteme ait adım cevabında incelenmesi gereken 6 özellik bulunmaktadır. Bunlar; tepe değeri, tepe zamanı, yüzde aşımı, yükselme zamanı, durulma zamanı ve gecikme zamanıdır. Bu değerler Şekil 2.40'da gösterilmiştir.



Şekil 2.40. Paralel RLC alçak geçiren filtre devresine ait adım cevabı grafiği

Tepe Değeri (M_p): Sistemin ilk defa en yüksek değere ulaştığı noktadır. Bu noktalarda türev sıfırdır. Yukarıda verilen örnek için tepe değeri grafik üzerinden de rahatça okunabileceği gibi 1.6 seviyesindedir. Matlab programı ile tam değer hesaplandığında tepe değerinin 1.6042 olduğu görülür.

Tepe Zamanı (t_t): Sistem cevabının ulaşacağı son değeri ilk defa aşarak tepe yaptığı noktaya kadar geçen süredir. Verilen örnekte sistem en son 1'e yakın bir değere oturmaktadır. 1 değerini ilk defa birinci sinüs dalgasında aşmıştır. Bu arada geçen süre (tepe zamanı) grafikte görüldüğü üzere 0.0010 saniyedir.

Yüzde Aşımı (%OS): Cevap eğrisinin son değerinde ulaşması gereken değerden itibaren ölçülen maksimum tepe değeridir. Yüzde aşımı genellikle bir kontrol sisteminin kararlılığını ölçmek için kullanılır. Sistemlerin tasarımında aşımın büyük olması istenmez [15, 18]. Sistemin en son ulaşacağı değer 1'den farklı ise denklem 2.54 ile yüzde aşım değeri hesaplanabilir.

$$\%OS = \% \frac{c(t_1) - c(\infty)}{c(\infty)} \times 100 \quad (2.54)$$

2.54 denklemi ile verilen formül kullanıldığında yüzde aşımı *60.7981* olarak bulunmuştur.

Yükselme Zamanı (t_y): Sistem cevabının son değerinin %10'undan %90'ına kadar ulaşması için geçen zamandır. Örnek verilen sistemde yükselme zamanının küçük tutulması için $\frac{1}{\sqrt{LC}}$ değerinin büyük tutulması gerekir. Matlab programı ile oluşturulan diziden sistemin en son değeri alınarak bu değerin %10'u ve %90'ı elde edilir. Bulunan değer zaman dizisinden bulunur. Buna göre yükselme zamanı verilen örnek için *0.0004* tür.

Durulma Zamanı (t_d): Durulma zamanı, cevap eğrisinin müsaade edilebilir tolerans eğrisine girdiği ilk andır. Bu değer %2 veya %5 olabilir. Yukarıdaki sistemde bu değer *0.0074* olarak bulunmuştur.

Gecikme Zamanı (t_g): Cevabın son değerinin %50'sine ilk defa ulaşması sürecinde geçen zamandır.

Bu değerler sistemlerin uygun cevap hızlarına göre tasarımlarında çok önemlidir. Belirlenebildikleri takdirde sistemin cevap eğrisi tahmin edilebilir.

2.5.3. Frekans cevabı yöntemleri

Bir sistemin gerçeğe en yakın olan davranışı zaman boyutundaki analiz ile elde edilebilir. Ancak zaman boyutundaki analiz işlemlerinin zorluğu ve uzun zaman istemesi, bununla beraber sistem tasarımında aşım, yükselme zamanı, gecikme zamanı gibi kriterlerin ölçümüne yönelik bir yöntemin olmaması gibi sebeplerden dolayı analiz işlemleri önce frekans boyutunda yapılmakta daha sonra yeniden zaman boyutuna dönülmektedir. Daha öncede belirtildiği gibi bu işlemler Laplace ve Ters Laplace dönüşümleri ile yapılmaktadır. Frekans boyutunda yapılan işlemler hem daha kolaydır hem de sistemin analizine yönelik uygun analitik yöntemleri içerir. Frekans cevabı bir sistemin girişine uygulanan sinüzoidal sinyale karşı gösterdiği kalıcı-durum cevabıdır. Bir sisteme uygulanan sinüs sinyali geçici-durum hali ortadan kalktıktan sonra çıkışa da sinüs sinyali olarak yansır. Ancak bu sinyalin genliği ve faz açısı giriş sinyalinden farklılık arz eder [15, 18].

Frekans cevabı yönteminde genelde 3 temel çizim tekniği kullanılır. Bunlar:

- Logaritmik eğriler veya Bode diyagramları
- Kutupsal eğriler veya Nyquist eğrisi
- Log modül-faz açısı veya Nichols diyagramlarıdır.

Bu çalışmada Bode diyagramları ve Nyquist eğrisi kullanılarak bir sistemin frekans cevabı incelenecektir.

2.5.3.1. Bode diyagramları

$G(j\omega)$ fonksiyonunun Bode diyagramı genlik ve faz olmak üzere iki çizimden oluşur. Genlik desibel, faz ise derece cinsinden $\log_{10} \omega$ yada ω 'ya bağlı çizimdir.

Bode diyagramları logaritmik ölçekte logaritmik eğriler ile oluşturulur. Bu eğrilerin en önemli özelliği, genlik değeri desibel cinsinden ifade edildiğinden, $G(j\omega)$ 'de çarpım halindeki büyüklükleri toplam haline, bölüm halindeki büyüklükleri farklara

dönüştürebilmesidir. Faz değerleri ise matematiksel olarak toplanıp çıkarılan büyüklüklerdir.

Genlik için Bode diyagramı düz çizgi asimptotu yaklaşımıyla yaklaşık doğru parçacıkları şeklinde ifade edilebilir. Bu yaklaşım karakteristik üzerinde genel bilgi edinilmesini sağlar. Böylece fazla bir işlem gerektirmeden genlik değerine ait Bode diyagramı kolaylıkla çizilebilir. Faz açısı çiziminde ise düz çizgi yaklaşımı yerine belli karakteristik değerler için faz açısı hesaplanır. Böylece yaklaşık olarak faz açısı oluşturulabilir [15, 18].

Bode diyagramlarında alçak ve yüksek frekanslara ait karakteristikler tek bir diyagramda gösterilebilir. Bu özellik Bode diyagramlarını çok kullanışlı kılmaktadır.

Bode diyagramları çizilirken öncelikle sisteme ait transfer fonksiyonunda s yerine $j\omega$ koyarak, temel çarpanlarına ayrılarak, iki polinomun oranı olarak verilir. Frekans cevabı yöntemleri sistemlerin açık-döngü transfer fonksiyonlarına $GH(j\omega)$ uygulanabilir. Bu nedenle kapalı-döngü sistemin toplama noktasından açılan açık-döngü halini transfer fonksiyonu olarak almak gerekmektedir. Her bir çarpana ait kırılma frekansı bulunur ve asimptot denklemleri elde edilir. Asimptotlar ve gerekli ise tam eğriler çizilir. Genlik eğrileri toplanarak bileşke genlik eğrisi elde edilir. Tüm çarpanlara ait faz açısı eğrilerini toplanarak faz açısı elde edilir. Sisteme ait genlik ve faz açısı değerleri frekansın logaritmik fonksiyonları olarak çizilirse sonuçta Bode diyagramları oluşturulmuş olur [15, 18].

ÖRNEK: Paralel RLC filtre devresi için Bode diyagramlarının oluşturulması.

Öncelikle sistemin transfer fonksiyonunda s görülen yere $j\omega$ değeri konulur ve denklem 2.55'de görüldüğü gibi payda çarpanlarına ayrılır.

$$TF(j\omega) = \frac{10^7}{(j\omega + 500 - 3122.5j)(j\omega + 500 + 3122.5j)} \quad (2.55)$$

$TF(j\omega)$ 'ya ait kazanç (genlik) değerleri denklem 2.56 ve 2.57'de görüldüğü gibi bulunur.

$$\text{Kazanç} = \frac{|10^7|}{|(j\omega + 500 - 3122.5j)(j\omega + 500 + 3122.5j)|} \quad (2.56)$$

$a+bj$ formatında bir denklemde genlik = $\sqrt{a^2 + b^2}$ ve faz = $\tan^{-1}(\frac{b}{a})$ şeklinde bulunduğu bilindiğine göre denklem yeniden düzenlenirse;

$$\text{Kazanç} = \frac{\sqrt{10^{14}}}{\sqrt{(500^2 + (\omega - 3122.5)^2)} \sqrt{(500^2 + (\omega + 3122.5)^2)}} \quad (2.57)$$

Kazanç desibel cinsinden ifade edilirse denklem 2.58 elde edilir;

$$dBG = 20 * \log_{10}(\text{Kazanç}) \quad (2.58)$$

Çizimin ikinci bölümünün yapılabilmesi için faz açılarının değerlerinin de bilinmesi gereklidir. Buna göre yukarıda verilen faz açısı hesaplama yöntemi kullanılarak sisteme ait faz açıları nasıl hesaplanabileceği denklem 2.59'de gösterilmiştir.

$$\text{Faz} = \tan^{-1}\left(\frac{0}{10^7}\right) - \tan^{-1}\left(\frac{\omega + 3122.5}{500}\right) - \tan^{-1}\left(\frac{\omega - 3122.5}{500}\right) \quad (2.59)$$

Hesaplanan genlik ve faz değerleri ω 'nın 0'dan ∞ 'a kadar olan değerleri için Matlab programında çizdirilebilir. Denklem 2.57 ve 2.59'dan hareketle oluşturulan Matlab program kodları Şekil 2.41'de görüldüğü gibidir.

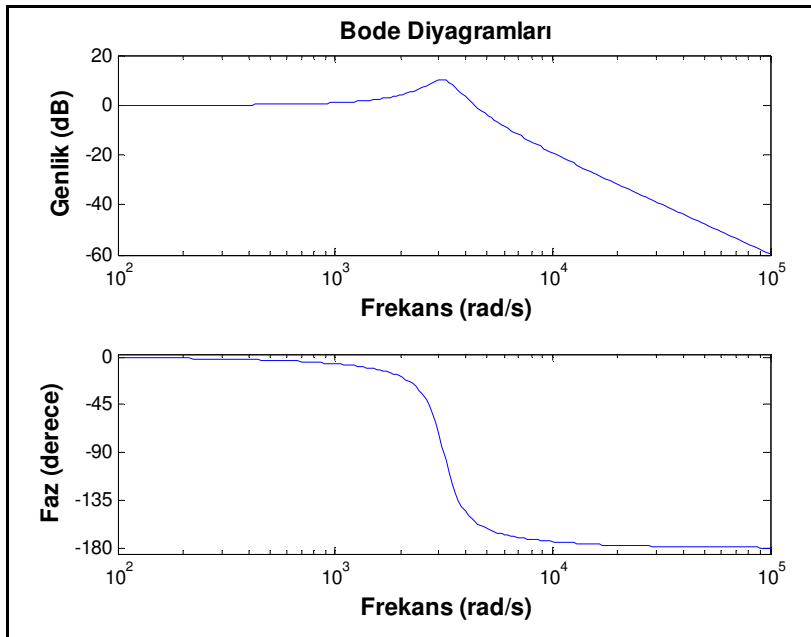
```

genlik=[];
for w=logspace(2,5,200)
genlik=[genlik sqrt(10^14)/(sqrt(500^2+(w+3122.5)^2)*sqrt(500^2+(w-3122.5)^2))];
end
dg=20*log10(genlik);
w=logspace(2,5,200);
subplot(211)
semilogx(w,dg)
title('\bf Bode Diyagramları','fontsize',12)
xlabel('\bf Frekans (rad/s)','fontsize',12)
ylabel('\bf Genlik (dB)','fontsize',12)
faz=[];
for w=logspace(2,5,200)
faz=[faz atan(0)-atan((w+3122.5)/500)-atan((w-3122.5)/500)];
end
w=logspace(2,5,200);
df=faz*180/pi;
subplot(212)
semilogx(w,df)
xlabel('\bf Frekans (rad/s)','fontsize',12)
ylabel('\bf Faz (derece)','fontsize',12)
axis([100 100000 -185 3])
set(gca,'ytick',[-180 -135 -90 -45 0])

```

Şekil 2.41. Paralel RLC alçak geçiren filtre devresine ait Bode diyagramını hesaplayan program

Şekil 2.41 ile verilen program çalıştırıldığında Şekil 2.42’de görülen Bode diyagramları elde edilir.



Şekil 2.42. Paralel RLC alçak geçiren filtre devresine ait Bode diyagramları

Bode diyagramlarında kararlılığa bakılırken faz eğrisinin -180° kestiği noktadan genlik eğrisine doğru bir dik çizilir. -180° ile eğri arasında kalan kısım sisteme ait faz payını verir. Genlik eğrisinin 0 dB'yi kestiği yerden faz eğrisine bir dik çizilirse, 0 dB ile eğri arasında kalan kısım kazanç payını verir. Faz payı -180° 'nin üstünde ve kazanç payı 0 dB'nin altında oluşmuşsa sistem kararlı, aksi halde ise sistem kararsızdır. Şekil 2.42'de kararlılık analizi yapıldığında faz payı -180° 'nin üstünde olduğu için sistemin *kararlı* olduğu görülür.

Bu işlemleri yapmanın bir diğer yolu Matlab programında *Bode* komutunu kullanmaktır. Bode fonksiyonunun kullanımı *Bode(sistem, 'stil')* şeklindedir.

Bode diyagramı oluşturulduktan sonra bu diyagrama ait kazanç payı, faz payı, kazanç açısal hız ve faz açısal hız değerlerini bulabilmek için ise *margin* komutu kullanılır. Bu komutun kullanımı $[Gm, Pm, Wg, Wp] = \text{margin}(\text{sistem})$ şeklindedir. Buna göre verilen örnekte *Kazanç payı* = *inf*, *Faz payı* = 25.84, *Kazanç açısal hız* = *inf*, *Faz açısal hız* = 4.3589 şeklinde bulunmuştur.

Bu komutların kullanımı Bölüm 3.4.1.3 Bode diyagramları analizi için oluşturulan fonksiyonlar başlığında detaylı bir şekilde anlatılmıştır.

2.5.3.2. Nyquist eğrisi

$GH(j\omega)$ frekans transfer fonksiyonunda, ω değeri 0 ile ∞ arasında değiştirilerek kutupsal koordinatlarda yapılan genlik $|GH(j\omega)|$ ve faz açısı $\angle GH(j\omega)$ çizimlerine Nyquist eğrisi adı verilir. ω değeri değiştirildikçe yeni değer için genlik ve faz açısı tanımlanır. $GH(j\omega)$ eğrisinde ω değerlerine karşılık gelen noktaların gerçekte ve sanal eksenlerdeki izdüşümleri, $\text{Re}[GH(j\omega)]$ gerçekte ve $\text{Im}[GH(j\omega)]$ sanal bileşenlerini oluşturur.

Nyquist eğrisinde Bode diyagramlarında olduğu gibi tek bir grafik üzerinde tüm frekanslara karşılık gelen frekans cevabı eğrisi oluşturulur. Nyquist eğrileri ile sistemin teorikteki kararlılığı (mutlak kararlılık), kararlı sistemin pratikteki kararlılığı

(görelî kararlılık) ve kararsız sistemler hakkında bilgi sağlar. Nyquist eğrileri için sistemin açık-döngü kazancı ($G(s)H(s)$) çok kolay oluşturulabilir. Rezonans tepesi, rezonans frekansı, bant genişliği gibi frekans tanım karakteristikleri ile ilgili bilgi elde edilebilir. Ölü zamanlı sistemler değerlendirilebilir. Nyquist eğrileri oluşturulurken kararlılığa bakılır. Buna göre bir denklemin kökleri sol yarı düzlemde ise sistem kararlı anlamına gelir.

ÖRNEK: Verilen örneğe ait Nyquist eğrisinin bulunabilmesi için öncelikle transfer fonksiyonunda s yerine $j\omega$ konulur. Elde edilen bu denklem $a+bj$ formuna çevrilmeye çalışılır. Bu nedenle öncelikle payda j 'li terimlerden arındırılmak için eşleniğiyle çarpılır. Denklem 2.60 ve 2.61 bu durumu göstermektedir

$$TF(j\omega) = \frac{10^7}{(j\omega)^2 + 10^3 j\omega + 10^7} = \frac{10^7}{-\omega^2 + 10^3 j\omega + 10^7} \quad (2.60)$$

Payda $a+bj$ formunda ifade edilirse;

$$TF(j\omega) = \frac{10^7}{(-\omega^2 + 10^7) + 10^3 j\omega} \times \frac{(-\omega^2 + 10^7) - 10^3 j\omega}{(-\omega^2 + 10^7) - 10^3 j\omega} \quad (2.61)$$

Denklem 2.61 gerekli işlemler yapıp düzenlendiğinde denklem 2.62 elde edilir.

$$TF(j\omega) = \frac{10^{14} - 10^7 \omega^2}{\omega^4 - 19 \cdot 10^6 \omega^2 + 10^{14}} + \frac{-10^{10} \omega}{\omega^4 - 19 \cdot 10^6 \omega^2 + 10^{14}} j \quad (2.62)$$

Denklem 2.62'de görüldüğü gibi sistem istenilen forma dönüştürülmüş oldu. Burada ω 'nın 0'dan ∞ 'a kadar olan değerleri için gerçek ve sanal değerlerinin bulunması ve birbirlerine göre çizdirilmesi gerekmektedir. Bu işlemlerin yapılabilmesi için Matlab programı kullanılmıştır. Şekil 2.43'de bu amaçla hazırlanmış bir Matlab programı gösterilmektedir.

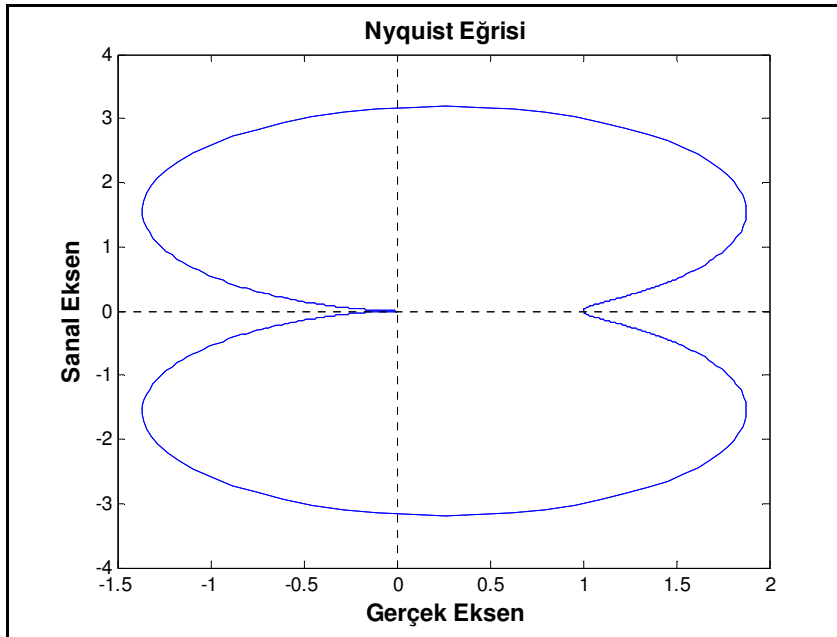
```

gercel=[];
for w=logspace(-20,20,10000)
gercel=[gercel (10^14-10^7*w^2)/(w^4-19*10^6*w^2+10^14)];
end
sanal=[];
for w=logspace(-20,20,10000)
sanal=[sanal -(10^10)*w/(w^4-19*10^6*w^2+10^14)];
end
plot(gercel,sanal)
hold on
plot(gercel,abs(sanal))
plot([-1.5 2],[0 0],'k:')
plot([0 0],[-4 4],'k:')
title('\bf Nyquist Eğrisi','fontsize',12)
xlabel('\bf Gerçek Eksen','fontsize',12)
ylabel('\bf Sanal Eksen','fontsize',12)

```

Şekil 2.43. Paralel RLC alçak geçiren filtre devresine ait Nyquist eğrisini hesaplayan program

Şekil 2.43’de verilen program çalıştırıldığında Şekil 2.44’de görülen grafik elde edilir.



Şekil 2.44. Paralel RLC alçak geçiren filtre devresine ait Nyquist eğrisi

Nyquist eğrisinde kararlılığa bakılırken gerçek eksen üzerindeki -1 noktası esas alınır. Eğer eğri -1 noktasının soluna geçerek gerçek eksenini kesiyorsa sistem kararsızdır. -1 noktasının sağından geçerek gerçek eksenini kesiyorsa veya hiç kesmiyorsa

ise sistem kararlıdır. Şekil 2.44'de kararlılık analizi yapıldığında eğri gerçekte kesmediği için sistemin *kararlı* olduğu görülür.

Matlab programında *Nyquist* komutunu kullanarak sisteme ait Nyquist eğrisi çizilebilir. Nyquist fonksiyonunun kullanımı *Nyquist(sistem, 'stil')* şeklindedir.

Nyquist eğrisi oluşturulduktan sonra bu diyagrama ait *kazanç payı*, *faz payı*, *kazanç açısal hız* ve *faz açısal hız* değerlerini bulabilmek için Bode komutunda olduğu gibi *margin* komutu kullanılır. Bu komutun kullanımı *[Gm,Pm,Wg,Wp] = margin(sistem)* şeklindedir. Verilen örnekte bu değerler Bode diyagramında bulunan sonuçlarla aynıdır. *Kazanç payı = inf*, *Faz payı = 25.84*, *Kazanç açısal hız = inf*, *Faz açısal hız = 4.3589* şeklinde bulunmuştur.

Verilen örneklerden görüldüğü gibi bu işlemleri elle yapmak oldukça zaman alıcı ve karmaşık matematiksel işlemler gerektirir. Bu işlemlerin daha kolay yapılabilmesi için her yöntemin sonunda verilen Matlab komutları kullanılmaktadır. Bölüm 3'te bu komutların kullanımı ve analiz sonuçlarının elde edilişi örnek fonksiyonlar yardımıyla anlatılmıştır.

BÖLÜM 3. ARAYÜZ TASARIMI

3.1. Giriş

Gerek öğrencilerin bilgisayara karşı olan tutumları gerekse eğitimde yeni arayışlar bilgisayarı eğitim dünyasının vazgeçilemez bir unsuru haline getirmiştir. Önceleri sadece meslek dersleri için uygulama amaçlı kullanılan bilgisayarlar şuan hemen hemen her eğitim kademesinde mevcuttur. Örneğin; ilköğretim 1. kademe 4. ve 5. sınıflarda matematik, fen bilimleri gibi derslere ait eğitim cd'leri, MEB'in bu sene başlattığı web üzerinden İngilizce eğitimi gibi eğitim kademelerine ait birçok örnek verilebilir. Yapılan araştırmalarda bu şekilde yapılan bir öğrenmenin daha kalıcı, verimli, daha az maliyetli ve eğlenceli olduğu sonuçlarına varılmıştır. Bununla beraber gerçek hayatta yapılamayacak uygulamaların yapılmasına imkan tanınması, bir uygulamanın veya eğitimin defalarca tekrar edilebilmesi açısından da büyük önem arz etmektedir.

Bölüm 2'de anlatılan RLC filtre devrelerinin analiz yöntemlerinde el ile çözümler görüldüğü gibi uzun zaman almaktadır. Bununla beraber her bir değer için ayrı çizim yapılacağı düşünülürse durum daha da güçleşecektir. Bu durumdan hareketle RLC filtre devrelerinin eğitimi için bir arayüz tasarımı önem kazanmaktadır. Bu arayüzün Webden yayımlanabilir olması, oluşturulan grafikler üzerinde oynamalar yapılabilir olması, grafikleri üst üste çizdirme özelliğiyle karşılaştırma imkanı sunulması, teknik ve mühendislik eğitimi açısından oldukça faydalı olacaktır. Tezin bu bölümünde belirtilen amaca yönelik ASP.NET tabanlı bir web sitesi tasarlanmış, MATLAB programında oluşturulan fonksiyonlar Matlab Builder NE ile derlenerek bu sitede kullanılabilir hale getirilmiştir.

3.2. Eğitimde Arayüz Çalışmalarının Önemi

Günümüzde eğitime ve bilgiye verilen önem sürekli artmaktadır. Bu nedenle daha iyi eğitim ve öğretim yapabilmek için yeni yollar aranmaktadır. Geçmişten beri her ilerleme, her teknolojik gelişme bir şekilde eğitimin içerisine dahi edilmiştir. Bu ilerlemeler ve teknolojik gelişmeler hem ekonomik yapıyı hem de sosyal, eğitsel ve kültürel yapıyı etkilemiş, bu nedenle de toplumlar teknolojik gelişmeleri izlemek zorunda kalmışlardır [22]. Örneğin; önceleri eğitim materyali olarak tepegözler, teypler, öğretim makineleri, hareketli resim projektörleri gibi araçlar kullanılırken şuanda bilgisayarlar, projeksiyon aletleri, akıllı tahtalar kullanılmaktadır. Eğitim teknolojisi alanındaki gelişmelere bakıldığında, bu gelişmelerin teknolojik sistemler, öğretme-öğrenme süreçleri, eğitim ortamları, eğitimde insan gücü ile ilgili gelişmeler ve eğitim programını düzenlerken yeni yöntemler kullanmaya yönelik olduğu görülmektedir [23]. Bu yöntemlerden biriside Bilgisayar Destekli Eğitim (BDE)'dir. Gerek projeksiyon aletleri ve akıllı tahtalar ile gerekse çeşitli eğitim yazılımları veya internet üzerinden ders içerikleri sunma, tekrar etme, alıştırma yapma, problem çözüme, uygulama yapma ve benzeri etkinliklerin yapılmasına olanak sağlayacak eğitimlerin tümüne BDE adı verilmektedir. Diğer bir deyişle bilgisayar teknolojisinin eğitim-öğretim ortamındaki uygulamalarının tümüne BDE denilmektedir. Araştırmacılar tarafından yapılan birçok araştırmada BDE'nin diğer eğitim araçları kullanılarak yapılan eğitime göre çok daha verimli olduğu ortaya konulmuştur.

İnsanlar yaşamları boyunca çevre ile etkileşim sonucu bilgi, beceri, tutum ve değerler kazanırlar. Bu kazanımlar ise öğrenmenin temelini oluşturur. Öğrenme bireyde davranış değişikliği meydana getirme süreci olarak tanımlanabilir [24]. Öğrenmenin daha hızlı gerçekleşmesi ve öğrenme oranının yüksek olması için birey üzerinde yüksek düzeyde etkisi olan öğrenme yöntemleri kullanılmalıdır. Okullarda öğretme öğrenme ortamını etkili hale getirmenin bir yolu da öğrencilerin derse katılımlarını sağlamaktır. Bunun içinde öğrencinin öğrenme sürecinde aktif olması gerekir. Öğrencinin ders içerisinde aktif olabilmesi çeşitli uyarıcılarla merakının canlı tutulmasına bağlıdır. Bu nedenle öğrenme sürecinde uyarıcı zenginliği büyük önem taşımaktadır [25]. Uyarıcı zenginliği açısından en çok kullanılan yöntemlerden biri BDE'dir. Öğrenme-öğretme ortamında bilgisayar ve internet; etkili öğrenmelerin

oluşmasına yardımcı olması, öğrencinin ilgisini canlı tutması, öğrencinin derse katılımını, fiziksel olarak yapılması zor uygulamaların yapılabilmesini, ders dışı saatlerde de uygulama ve tekrar imkânını sağlaması, daha az zamanda öğretimi gerçekleştirmesi, öğretimi uygun olan her yer ve zamanda sunması, öğrenmeyi kolaylaştırması, birbirinden farklı öğrenme etkinliklerinin uygulanması, öğrencilerin farklı bilgilerini birbiriyle kolayca paylaşması ve ekonomik olması yönünden büyük önem arz etmektedir [26].

Çağımızda internet ve bilgisayar milyonlarca bireysel ve kurumsal kullanıcı tarafından kullanılmaktadır. İnternet ile sağlanan bilgi erişiminin ve paylaşımının eğitim sektörünü olumlu yönde etkilemesinden dolayı bilgisayar ve internet eğitim ve öğretimde önemli bir unsur olarak karşımıza çıkmaktadır [27]. Özellikle büyük şehirlerde sınıfların kalabalık olması, öğretilecek bilginin artması ve karmaşıklaşması, teknolojik gelişmelerin öğrenciler tarafından çoğu zaman olumsuz yönde kullanılması, sınıfta öğretmenin aktif olması öğrencilerin pasif bırakılması gibi nedenlerle eğitim alanında bir takım problemlerle karşılaşmıştır. Eğitim ve öğretimin daha kaliteli hale gelmesi ve bahsedilen problemlerin çözümü için öğretmenin aktif olduğu geleneksel öğretim yerine teknolojik araçlarla desteklenen, öğrencinin aktif olduğu, düşünmeye sevk edildiği yöntemler kullanılmaya başlanmıştır. Bu yöntemlerden BDE görselliği ve eğlenceli olması nedeni ile öne çıkmaktadır. BDE bireyin beyninin hem grafiksel hem görsel hem de simgesel alanlarını aynı anda çalıştırdığı için çok boyutlu düşünme ve bilgi depolama olanağı sağlayarak bilginin uzun vadeli olmasına imkan tanımaktadır [28]. Bilgisayar ile eğitim kapsamında eğitim arayüzleri, uzaktan eğitim, eğitim cd'leri veya interaktif eğitim arayüzleri aracılığıyla öğrenciler eğitime dâhil edilmektedir. BDE'nin yabancı dil eğitiminden, matematik eğitimine, coğrafya eğitiminden, iktisat eğitimine kadar hem teknik hem de sosyal alanlarda pek çok örnekleri mevcuttur [29]. Günümüzde bilgisayar ile eğitimden ilköğretim ve liseler dahil olmak üzere, özellikle meslek liselerinde, teknik okullarda ve üniversitelerde çok fazla yararlanılmaktadır.

Eğitimde verimi artırma, niteliği yükseltme ve karşılaşılan problemlere çözümler bulma ihtiyacı bilgisayarın eğitimde kullanılması sonucunu ortaya çıkarmıştır. Diğer tüm teknolojilerde olduğu gibi bilgisayar destekli öğretimde de verimlilik, etkili

kullanımla doğru orantılıdır [30]. Etkili kullanım için konu önceden detaylandırılmalı öğrenciye ne anlatılmak istendiği belirlenmelidir. Bu doğrultuda konunun içeriğine uygun olarak sunu, animasyon, web sayfası veya eğitim yazılımı hazırlanabilir. BDE’de herhangi bir konu önceden hazırlanmış yazılımlarla sunulabilir, internet üzerinden sanal sınıflar oluşturulup dersler burada anlatılabilir veya hazırlanan eğitim yazılımları web üzerinden yayımlanabilir. Hazırlanan yazılımların anlaşılır bir şekilde tasarlanması ve kullanıcı dostu olması önemlidir. Program hazırlanırken bilgilendirici, yönlendirici, algılayıcı, açıklayıcı ve kullanılan dilin sade olması gibi unsurlara dikkat edilmelidir. Eğitim kalitesini artırmak amacıyla bilgisayarın doğru ve uygun yöntemlerle kullanılması uygulamanın başarısında büyük rol oynamaktadır.

Bilgisayar destekli eğitim uygulaması, daha önceleri eğitim teknolojisinin önemini vurgulayan ve eğitimin her kademesinde eğitim teknolojisinin işe koşulmasını öngören Dördüncü ve Beşinci Beş Yıllık Kalkınma Planlarında ve Milli Eğitim Temel Kanununun her derecede ve türdeki eğitim programlarının, yöntem, araç ve gereçlerin bilimsel ve teknolojik esaslara, yeniliklere, ihtiyaçlara göre geliştirileceğini belirtilen 13. maddesinde inşa edilmiştir. Altıncı, yedinci ve sekizinci beş yıllık kalkınma planlarında da eğitimde bilgisayar teknolojilerinin özellikle internetin daha aktif olarak kullanılmasının, eğitim yazılımlarının geliştirilerek artırılmasının gerekliliğinden bahsedilmiştir [31]. Bu doğrultuda okulların teknik donanımları tamamlanmaya başlanmıştır. Öğretmenlere ve öğretmen adaylarına yönelik eğitim yazılımı geliştirme yarışmaları düzenlenerek bu konuda teşvik edilmişlerdir.

Sadece Türkiye’de değil tüm dünyada BDE’nin önemini fark eden ülkeler, sınıfları ve okulları bu doğrultuda düzenlemektedir. Amerika, İngiltere, Fransa gibi gelişmiş ve Mısır, Ürdün, Malezya gibi gelişmekte olan ülkeler bu ülkelerin başında gelmektedir. Örneğin İsrail’de matematik derslerindeki % 42’lik başarı oranı, özel yazılımların hazırlanması ve bunların BDE aracılığıyla uygulanması sonucu % 99’a çıkarılmıştır [32].

BDE'nin uygulanmasında kullanılan altı değişik yazılım türü vardır. Bunlar; birebir öğretim, alıştırma ve tekrar, öğretilimsel oyun, model oluşturma, benzetim ve problem çözme yazılımlarıdır.

Birebir Öğretim Yazılımları: Öğrenci yazılım ile birebir etkileşim halindedir. Önce konu anlatılır ve sonra konuyu anlayıp anlamadığına dair ölçme değerlendirme yapılır.

Alıştırma ve Tekrar Yazılımları: Aynı cevaba sahip soruların farklı şekillerde tekrar tekrar sorulmasıdır.

Öğretilimsel Oyun Yazılımları: Geliştirilen oyun yazılımları ile oyun içerisinde bir konunun öğrenilmesidir. Öğrenci oynarken hem eğlenir hem de öğrenir. Oyun içerisinde belirlenen hedeflere ulaşırken istenilen puanların toparlanabilmesi için sorulara doğru cevaplar verilebilmesi gerekir.

Model Oluşturma Yazılımları: Bir sistemin başka bir sistemi ya da süreci temsil etmesidir. Model oluşturma yazılımlarında öğrenci, değer değiştirebilir ve modeldeki değişimin etkilerini görebilir. Bir model, sistemin gerçekçi olmayan gösterimidir [27].

Benzetim Yazılımları: Benzetim, gerçek yaşamdaki olayların kontrollü bir şekilde temsil edilmesi olarak tanımlanabilir [33]. Belli ölçüde gerçeklik kullanılarak bir durumun gösterilmesidir. Öğrenci kendine veya sisteme zarar vermeden bir sistemin nasıl çalıştığını kavrayabilmektedir.

Problem Çözme Yazılımları: Öğrenciye daha önceden öğrendiğı bir konuyla ilgili sorular sorularak o konuyu pekiştirmesini sağlayan yazılımlardır.

3.2.1. BDE'nin öğrenme üzerindeki etkisi üzerine yapılan araştırmalar

BDE'nin öğrenciler üzerindeki etkisi hem yerli hem de yabancı araştırmacılar tarafından araştırılmıştır. Bu araştırmalara bakıldığında ortak özellik BDE'nin klasik

eğitime göre daha verimli olduğu veya zaman ve mekan açısından, ğretim elemanı sayısı açısından bir alternatif olabileceği yönündedir. Bununla beraber BDE'nin ğrenci başarısını artırmanın yanı sıra öğrencilerde üst düzey düşünme kabiliyetlerinin gelişmesini sağladığı, dolayısı ile öğrencilerin ezberden çok kavrayarak öğrendiği görülmüştür [34].

AYDOĞAN'ın 2008 yılında yapmış olduğu çalışmada İstanbul'da 3 farklı meslek lisesinde bulunan öğrenciler örneklem ve kontrol grubu olarak ikiye ayrılmış ve Bilişim teknolojilerinin temelleri dersinin Anakartlar ve kasalar modülü, flash programı ile hazırlanmış bir arayüz aracılığı ile anlatılmış ve bunun sonucunda öğrencilerden 4 durumu değerlendirmeleri istenmiştir. Buna göre örneklem grubundaki öğrenciler öğrenilebilirlik, tasarım, memnuniyet ve motivasyon faktörlerine göre yazılımı değerlendirilmişlerdir. Buna göre örneklem grubunun puanlarından ve değerlendirmelerinden hareketle geçmiş sınavlara göre puan yükselmesi olduğu, belirtilen 3 okul arasındaki öğrencilerin puanları arasında farklılık bulunduğu, kimi okulların tasarımdan kimilerinin ise anlatımdan memnuniyet duyduğu sonuçlarına varılmıştır. Buradan hareketle oluşturulan arayüz farklı gruplardaki öğrencilere uygulandığında hazır bulunuşluk derecesine göre öğrencilerin farklı öğrenme davranışları gösterdikleri buna rağmen klasik anlatıma göre tüm gruplarının öğrenme düzeylerinde artış olduğu tespit edilmiştir [35].

KARAPINAR'ın 2007 yılında yazmış olduğu yüksek lisans tezinde; “Endüstri Meslek Liselerinde Bilgisayarın Meslek Derslerinde ğrenci Başarısına Etkisi” araştırılmıştır. Buna göre; bilgisayar aracılığı ile yardımcı ders yazılımlarının kullanıldığı gerek meslek gerekse de normal derslerde öğrencilerin derse daha çok motive olduğu, dersi daha iyi anladığı, dersin daha ilgi çekici hale geldiği, olabilecek hataların azaldığı, öğrenimi kolaylaştırdığı, zamanı daha etkili kullandığı, uygulama imkânı olduğundan öğrendiklerinin daha kalıcı olduğu, derslerde daha aktif olduğu ve başarılarının da bu oranda arttığı görüşü sunulmuştur [36].

BÜYÜKBAYRAKTAR'ın 2006 yılında hazırlamış olduğu yüksek lisans tezinde; “Lojik Devre Tasarımının Bilgisayar Destekli Olarak Uygulanmasının ğrenci Başarısına Etkisi” araştırılmıştır. Buna göre Tuzla Teknik Okulları nc sınıf

öğrencilerinden oluşan grup deney ve kontrol grubu olarak ikiye ayrılmıştır. Deney grubuna dersler Proteus isimli sanal laboratuvar programı ile kontrol grubuna ise geleneksel yöntemle anlatılmıştır. Buna göre; bilgisayar ortamında uygulama yaptıktan sonra gerçek laboratuvar ortamında gerçekleştirilen deneysel çalışmalarda, öğrencilerin daha başarılı bir performans sergileyerek ders başarılarını artırdıkları tespit edilmiştir. Ayrıca öğrencilerle gerçekleştirilen bireysel görüşme ve uygulama süresince yapılan gözlemler sonucunda, sanal laboratuvar kullanımının, öğrencilerin derse karşı ilgi, özgüven, motivasyon gibi faktörleri olumlu yönde etkilediği gözlenmiştir [37].

TEKMEN'in 2006 yılında hazırlamış olduğu yüksek lisans tezinde; ortaöğretim 9. sınıfta verilen "Fizik dersinde Bilgisayar Destekli Eğitimin öğrenci erişimine, derse karşı tutumlarına ve kalıcılığa etkisi"ni incelemek amacı ile deneysel bir çalışma yapılmıştır. İzmir ili Aliğa ilçesi Mesleki ve Teknik Eğitim Merkezi Lisesi 'ndeki bir grup öğrenciden bir kısmı kontrol bir kısmı deney grubu olarak belirlenmiştir. Deney grubuna Bilgisayar Destekli Eğitim uygulanırken kontrol grubunda geleneksel yolla öğretim yapılmıştır. Buna göre deney grubu ve kontrol grubunun öğrenme, kavrama, uygulama ve kalıcılık düzeyleri karşılaştırıldığında; BDE'in, öğrencilerin özellikle kavrama ve uygulama düzeyinde fizik başarısını anlamlı şekilde artırdığı görülmüştür. Ayrıca, bilgisayarın eğitimde kullanılmasının, öğrencilerin fizik dersine karşı olan tutumlarında pozitif yönde bir artış meydana getirdiği gözlenmiştir [38].

ARICI ve YEKTA'nın 2005 yılında yapmış olduğu araştırmada; Meslek Yüksek Okullarının Endüstriyel Elektronik Bölümü'nde okutulan Sayısal Tasarım dersi "Flip Floplar ile Lojik Devre Tasarımı" konusunun öğretiminde çoklu ortam ile desteklenmiş web tabanlı öğretimin, öğrenci başarısına etkisinin geleneksel mesleki teknik öğretim ile benzer düzeyde olduğu sonucuna varılmış olmasına rağmen zaman ve mekan yetersizliği, ulaşım zorluğu, öğretim elemanı sayısında sıkıntı yaşanması gibi nedenlerle geleneksel eğitime alternatif olarak web tabanlı öğretim uygulanabileceği belirtilmiştir [39].

Apple'ın başlattığı "Geleceğin Sınıfları" (Apple Classrooms of Tomorrow-ACOT) projesinde, öğretmen ve öğrencilerin sürekli ve sistematik olarak bilgisayar

kullanmalarının öğretme-öğrenme süreçlerini nasıl etkilediği anlatılmıştır. Bu projede Amerika’da ilk ve orta dereceli okullardan seçilen yedi sınıfta her öğrenci ve öğretmene biri okulda biri evde kullanılmak üzere iki bilgisayar verilmiştir. Proje kapsamında yapılan araştırmalara göre; bilgisayar kullanan öğrenciler, korkulduğu gibi, sosyal ilişkilerinde arkadaşlarından soyutlanmamışlardır. Tersine bilgisayar aracılığıyla öğrenciler işbirliği yapma ve birlikte problem çözme becerilerini öğrenmişlerdir. Öğrencilerde bilgiye ulaşma, paylaşma ve yenilikçi düşünme yetenekleri ortaya çıkmıştır. Okuma-yazma bilmeyen küçük yaşta çocuklar için fare (Mouse) ve klavye kullanımı göz ve el koordinasyonunu geliştirmiş, ayrıca yazı yazmayı öğrenmelerini olumlu yönde etkilemiştir. Öğrencilerin okuldan uzaklaşmaları, disiplin cezaları ve devamsızlıkları bütün uygulama okullarında azalmış, öğrencilerin kendilerine ve içinde buldukları öğrenme ortamına güvenleri, olumlu tutumları gözle görülecek düzeyde artmıştır. Başarı düzeyinin artıp eksilmediği, büyük ölçüde aynı kaldığı durumlarda ise ortaya çıkan en önemli bulgu, bilgisayar kullanımı sonucunda öğrenilen bilgi miktarının artmasına karşılık öğretme-öğrenme süresi kısalmış, öğrenmede verimlilik artmıştır [40].

3.2.2. Mesleki ve teknik eğitimde BDE’nin önemi

Bireye iş hayatındaki belirli bir meslekle ilgili bilgi, beceri ve iş alışkanlıkları kazandıran ve bireyin yeteneklerini çeşitli yönleri ile geliştiren eğitim sürecine *Mesleki Eğitim* adı verilirken bu özelliklere ek olarak ileri düzeyde fen, matematik bilgisi ve uygulamalı eğitimi gerektiren, mesleki eğitime ise *Teknik Eğitim* denilmektedir [41].

Geçmişten bugüne mesleki eğitim varlığını sürdürmüştür. Osmanlı dönemine bakıldığında ahi teşkilatı, loncalar mesleğe yönelik birey yetiştirirken günümüzde teknik ve mesleki okullar, mühendislik fakülteleri gibi birimler bu görevi sürdürmektedir. Görüleceği üzere mesleki eğitim geçmişten günümüze gelen bir eğitim tarzıdır. Mesleki eğitim sosyal, ekonomik, bireysel, ulusal olmak üzere dört farklı gereksinimi karşılar. Bu nedenle çok yönlüdür denilebilir [42].

Mesleki eğitimde öğrenciler sınıf ortamından çok atölye veya laboratuarlarda vakit geçirirler. Bu durum yaparak öğrenme esasını zorunlu kılar. Bir diğer konu okulların öğrencileri staja göndermesidir Bu durumda öğrenci iş dünyası ile iç içedir Ancak bu avantajı kullanabilen öğrenci iş dünyasında meydana gelen gelişmeleri birebir öğrenip eğitim hayatına ve sonrasına aktarabilir. (Örneğin; bilişim alanı için son çıkan teknolojiler). Bu nedenle mesleki ve teknik eğitim bireyi hayata hazırlar.

Anlatıldığı gibi mesleki eğitimin esasını yaparak öğrenme teşkil etmektedir. Yaparak öğrenme ise ancak birebir uygulama ile gerçekleştirilebilir. Ancak bazı durumlarda yüksek maliyet, zaman ve mekân yetersizliği, çoğu zaman uygulamanın birden fazla yapılamaması, birçok okulun hala eski teknolojilere sahip olması ve yapılan deneylerin bazı durumlarda tehlikelere yol açabilmesi nedeniyle uygulama belirli bir düzeyde eksik kalabilmektedir. Örneğin; bir elektronik devresindeki kondansatörün bağlanmasında yapılan bir dikkatsizlik kondansatörün patlamasına, çok yüksek maliyetle temin edilmiş bir elektronik devreye yanlış bağlanan birkaç eleman o devrenin yanmasına, bir daha asla kullanılamamasına neden olabilir. Öğrencinin basit bir dikkatsizliği ile ani gerilim yükselmeleri öğrenciyi etkileyebilir. Sınıfların kalabalık olması uygulama için ikinci bir defa daha sıra gelmesini engelleyebilir. Bu ve bunun gibi örnekler daha da arttırılabilir. Bu ve benzeri durumlarda karşımıza bir kurtarıcı olarak simülasyonlar ve sanal laboratuvarlar çıkmaktadır. Simülasyonlar resimlerden farklı olarak öğrenciye belirli bir konunun modelini sunar. Öğrenci bu modele ait değişkenler üzerinde oynayarak her defasında farklı bir konunun içeriğini bizzat yaparak ve uygulayarak, gerçeğe yakın ya da benzer bir ortamda öğrenir. Farklı uygulamalar yaparak hangi durumda modelin nasıl bir tepki verdiğini karşılaştırmalı bir şekilde öğrenebilir. Simülasyonların masrafsız ve karşılaştırmalı olması, özellikle bilgisayar üzerinde yapılan simülasyonların istenilen yer ve zamanda, istenildiği şekilde çalıştırılabilmesi simülasyonlarla eğitimi öne çıkarmıştır. Simülasyonlar öğrencinin öğrenmeye karşı motive olmasının yanında olayların gerçek ortamda nasıl bir tepki vereceğini de görmesini sağlar. Bu da iyi bir öğrenmeyi gerçekleştirir [37].

Sadece mesleki ve teknik alanda değil diğer tüm alanlarda simülasyon programlarından faydalanılabilir. Bunların başında fizik, kimya gibi dersler

gelmektedir. Bu derslere bakıldığında çoğunlukla eğitim amaçlı animasyonlar kullanılmaktadır. Ancak hazırlanan animasyonlar etkileşimsizdir. Öğrenci bu animasyonlara müdahalede bulunamaz, değerleri ile oynayamaz öğrenmek veya pekiştirmek amacıyla sadece izler. Buda öğrencinin pasif duruma düşmesine neden olacağı için öğrencinin dersten kopmasına meydan oluşturabilir. Animasyonların uygulama imkânından yoksun olması büyük bir eksikliklerdir. Buna karşın simülasyon programları daha etkili ve daha verimli bir öğretim aracı olarak birçok üstünlüklere sahiptirler. Simülasyon programlarının üstünlükleri sıralanırsa;

- Gerçek hayattaki riskli ve tehlikeli, zaman alıcı veya mümkün olmayan olayların temsil edilmesi sağlanır. Mesela bir nükleer santralin nasıl çalıştığı, bir uçağın riskli şartlar altında nasıl idare edileceği simülasyonlarla güvenli bir şekilde verilebilir.
- Öğrenciler deney ve incelemeleri defalarca tekrarlayabilir.
- Öğrenmede zaman tasarrufu sağladıkları gibi kaynakların ekonomik kullanılmasına da yardımcı olurlar.
- Daha fazla bilgi transferi ve verim sağlarlar.
- Simülasyon programları, konuyu modellemek üzere genellikle matematiksel modelleri kullanırlar. Matematiksel modeller zamanla değişkenlerin nasıl değiştiğine ait veriler oluşturur. Bu verilerden grafik oluşturulabilir, görsel bir arabirim tasarlanarak değişkenler değiştirilebilir. Dolayısı ile öğrenci bu değişkenler arasındaki ilişkiyi karşılaştırarak inceleyebilir [43].

Bahsedilen çalışmalarla ilgili pek çok örnek mevcuttur. Bunlardan bir kaçını sayılacak olursa;

- IRMAK'ın 2008 yılında yazmış olduğu E-Öğrenme Ortamları İçin Matlab Web Sunucu Kullanımı adlı makalesinde DA motorunun PI denetimli hız kontrolünü, Matlab Web Sunucu kullanarak simüle etmiştir [44].

- BÜYÜKBIÇAKÇI ve BOZ'un 2009 yılında yapmış oldukları Kontrol Sistemlerine Yönelik İnternet Destekli Uzaktan Eğitim Uygulaması adlı çalışmada Kontrol Sistemleri-I ve II dersinin içeriği için tasarlanan animasyonlar internet üzerinden sunulmuştur [29].
- KOÇ ve AYDOĞMUŞ'un 2009 yılında A Matlab/Gui Based Fault Simulation Tool For Power System Education adlı çalışmalarında Matlab GUI tabanlı güç sistemleri için hata simülasyon arayüzü oluşturulmuştur [45].
- TOSUN 2008 yılında hazırlanmış olduğu yüksek lisans tezinde Güç Sistemleri Eğitimi İçin Matlab GUI Tabanlı Bir Yük Akış Simülatörü tasarımı yapmış ve anlatmıştır [46].

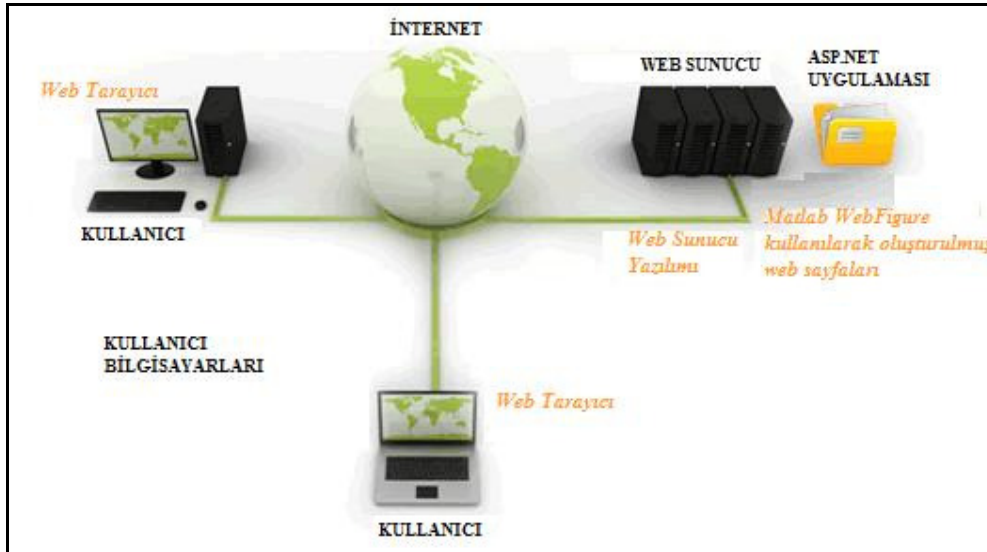
Yukarıda anlatılanlar ışığında bu çalışmada RLC filtre devrelerinin eğitimine yönelik bir arayüz hazırlanmıştır. Filtreler Mesleki ve Teknik eğitimin bir dalı olan elektronik alanının önemli bir konusudur. Öğrencinin filtre tasarımını ve analizini yaparken kullanılan elemanları çok iyi tanması ve özelliklerini bilmesi gerekmektedir. Bununla beraber devrelere ait işlemlerin yapılabilmesi için transfer fonksiyonlarının çıkarılabilmesi gerekmektedir. Bu da matematik bilgisi gerektirmektedir. Bu çalışma filtrelerin, devre şemasını, transfer fonksiyonunu görsel olarak öğrencilere sunup, öğrencilerin fazla bir matematik bilgisine sahip olmasına gerek kalmadan istedikleri herhangi bir filtre tipine ait köklerin yer eğrisi, adım cevabı, Bode ve Nyquist diyagramlarını grafiksel olarak çizdirebilmesini sağlamaktadır. Bununla beraber aynı tip grafikler birbirleri ile karşılaştırılıp, sonuçlar yorumlanabilmekte, istenirse elde edilen grafikler ve sayısal sonuçların bilgisayara istenilen formatta kaydedilebilmektedir.

3.3. Sistem Mimarisi

Kullanıcıların istedikleri herhangi bir yerden, herhangi bir zamanda, uzak veya yakındaki; içerisinde yazı, resim, ses, hareketli görüntü ve benzeri bilgiler barındıran web sayfalarına erişip görüntüleyebilmeleri için bu sayfaların, sürekli açık ve ağ üzerinden sürekli erişilebilir durumda olan sunucu bilgisayarlarda bulunması gerekir.

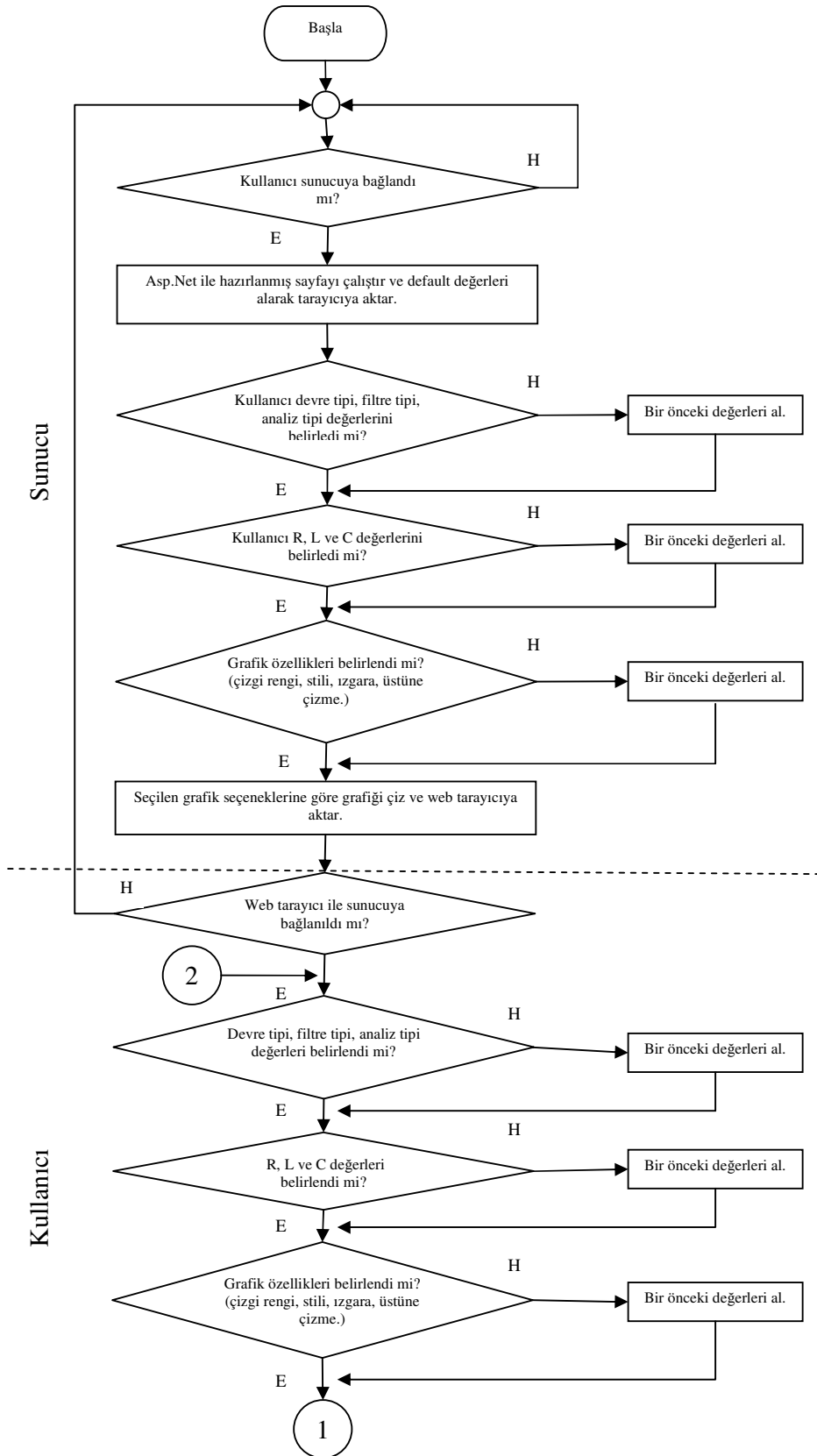
Bu hizmetin verilebilmesi için sunucu bilgisayarda web sunucu programının kurulu olması, sayfaların uygun konumlara yerleştirilerek yayın için gerekli ayarların yapılması ve uygun bir ağ bağlantısının olması gerekir. Bu şekilde her zaman ve herkesin kullanımına açık olan sunucular ve bu sunuculara bağlanan bilgisayarlardan oluşan yapıya internet adı verilmektedir.

Kullanıcı internet üzerinde herhangi bir bilgiye ulaşmak için web sayfalarının bulunduğu adresi web tarayıcı uygulamasında çağırır. Çağrılan web sayfası bulunduğu sunucudan kullanıcının bilgisayarına yüklenerek web tarayıcıda görüntülenir. Yapılan tez çalışması kapsamında oluşturulan web arayüzü bu şekilde görüntüledikten sonra kullanıcı ekranda gerekli seçenekleri işaretleyip, bilgileri girdiğinde veriler web sunucuya gider. Burada Matlab ortamında yazılmış ve Matlab Builder NE ile derlenerek .NET bileşeni haline çevrilmiş fonksiyonlar devreye girer. ASP.NET ortamında gerekli analizleri gerçekleştirir ve sonuçlarını sayısal ve grafiksel olarak ekrana yansıtır. Matlab grafiklerinin web tarayıcıda görüntülenebilmesi için WebFigure bileşeni kullanılmıştır. Bu çalışmanın mimarisi Şekil 3.1’de verilmiştir.

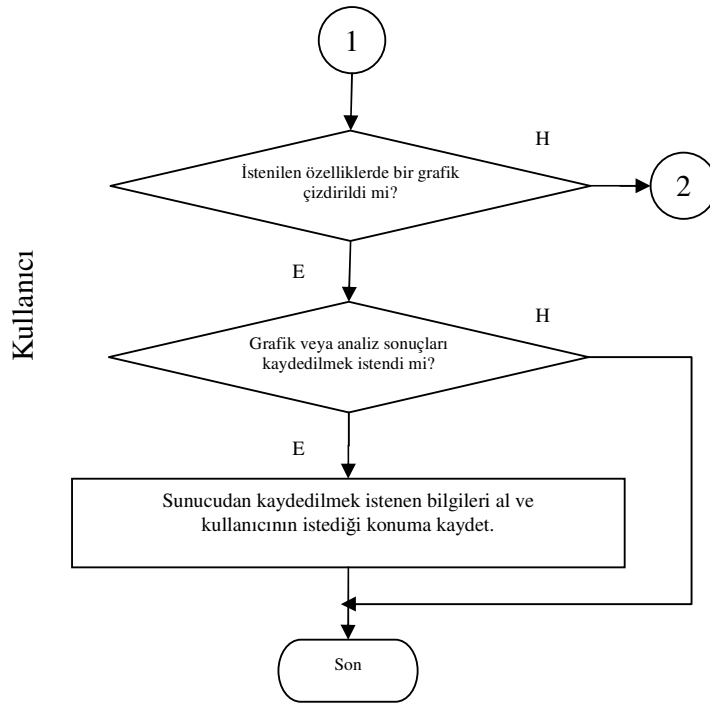


Şekil 3.1. Sistem mimarisi

Arayüz ekranı oluşturulmadan önce sistemin çalışmasını tanımlayan bir akış diyagramı tasarlanmıştır. Akış diyagramı sunucu ve kullanıcı olmak üzere iki katman halinde oluşturulmuştur. Bu çalışmaya ait akış diyagramı Şekil 3.2’de verilmiştir.



Şekil 3.2. Sisteme ait akış diyagramı



Şekil 3.2. (devam) Sisteme ait akış diyagramı

3.4. Arayüz Ekranı

Eğitim ortamlarında dersliklerin yetersiz olması, öğretmen ve öğretim elemanı eksikliği olumsuzluklar yaşanmasına neden olur. Bununla beraber teknik ve mühendislik alanındaki bazı uygulamaların eğitim amacıyla bire bir gerçekleştirilmesi çok zaman alıcı, tehlikeli ve oldukça maliyetli olabilir. Bu durumda eğitimcilerin imdadına eğitim siteleri, simülasyon programları, deney setleri gibi uygulamadaki davranışları gerçeğe yakın gösteren eğitimsel materyaller yetişir. Bu materyaller içerisinde maliyeti en düşük olan, zaman ve mekandan bağımsız, konuyu etkili bir şekilde sunabilen, öğrencinin bire bir ve defalarca uygulama yapmasına imkan tanıyan eğitimsel arayüzler öne çıkmaktadır. Ayrıca bu eğitimsel arayüzlerde öğrenci ayrıntılara fazla boğulmadan uygulamayı rahatlıkla gerçekleştirebilmektedir [2]. Bu nedenle Bölüm 2’de anlatılan ve uygulaması yapılan RLC filtre devrelerini analiz yöntemleri için bir arayüz ekranı tasarlanmıştır. Bu arayüz ekranı sayesinde öğrenciler, filtre devresinin tipini; R, L, C değerlerini ve analiz yöntemini belirleyerek birkaç saniyede grafik çizdirebilmekte, eleman değerleri ve devre tipini değiştirerek aynı analiz yöntemine ait grafikleri üst üste

çizdirerek karşılaştırmalar yapabilmektedir. Arayüzün web tabanlı olması öğrencinin internete bağlı herhangi bir bilgisayardan zamana ve mekana bağlı kalmadan uygulama yapmasını sağlamaktadır.

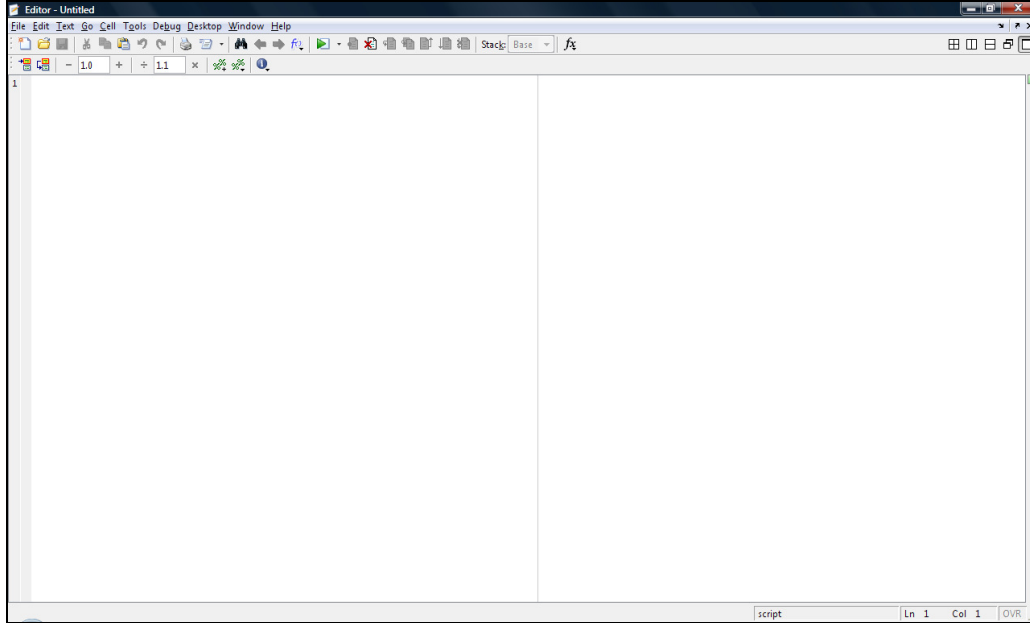
Bu tez kapsamında gerçekleştirilen arayüz ekranını oluşturmak için öncelikle gerekli işlemleri gerçekleştirecek MATLAB fonksiyonlarını yazmak gerekir. Daha sonra bu fonksiyonlar MATLAB BUILDER NE kullanılarak bir .NET bileşenine dönüştürülür. Oluşturulan .NET bileşeni kullanılarak ASP.NET'te uygun bir web sitesi tasarlanıp MATLAB programının özelliklerini taşıyan, analiz sonuçlarını grafik ve sayısal değerler olarak yansıtan bir web arayüzü gerçekleştirilmiş olur. Bu arayüzde grafiklerin gösterimi için ASP.NET üzerinde MATLAB WebFigure bileşeni kullanılır [3].

Bu başlık kapsamında, ASP.NET ve MATLAB programlarının ilgili kısımları tanıtılıp arayüz ekranının nasıl hazırlandığı hakkında bilgiler verilecek ve kullanımı anlatılacaktır.

3.4.1. Arayüz için MATLAB'da oluşturulan fonksiyonlar

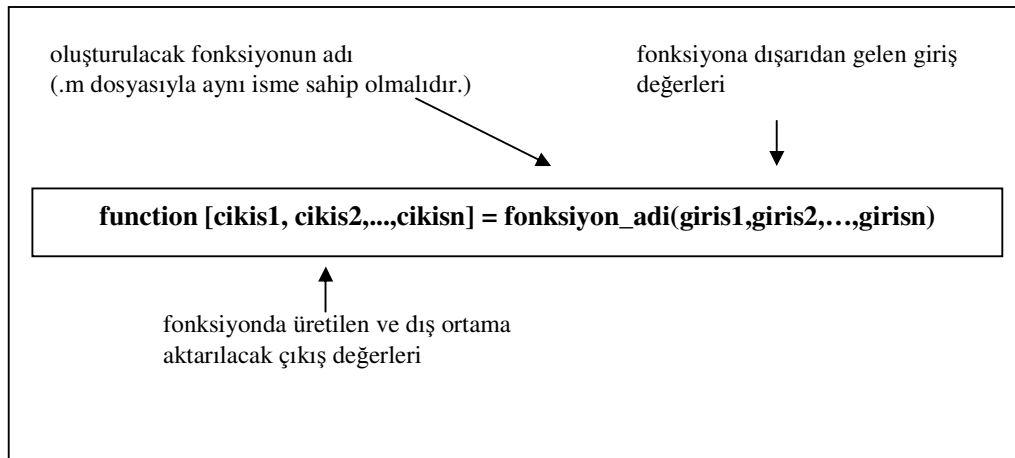
Analizin gerçekleştirilebilmesi için MATLAB 7.7.0 versiyonunda fonksiyonlar oluşturulur. Bu fonksiyonlar kendilerinden istenen analiz tipine göre uygun komutları kullanarak sonuçlar üretmektedir.

MATLAB'da program yazmak için .m uzantılı dosyalar oluşturmak gerekir. Bu dosyaların içerisine istenen program kodları yazılarak program veya fonksiyon oluşturulmuş olur. Bahsedilen program yazma ortamına MATLAB komut satırına "edit" yazarak veya "File" menüsünden "Blank M-File" seçeneği seçilerek gidilir. Bu işlemlerden biri yapıldığında karşımıza Şekil 3.3'deki ekran görüntüsü gelir [47].



Şekil 3.3. MATLAB program yazma editörü

Burada bir fonksiyon yazılmak istendiğinden Şekil 3.4'deki genel kullanım dikkate alınmalıdır.



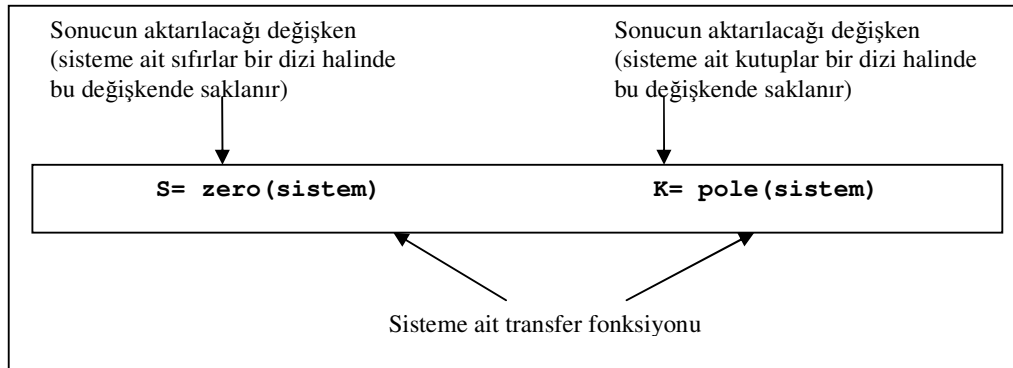
Şekil 3.4. MATLAB'da bir fonksiyon oluşturmak için genel kullanım

Bu genel kullanımla fonksiyon başlığı yazılıp amaca uygun olarak istenilen komutlar kullanılarak bir program oluşturulur.

Bu çalışmada yapılan analizin tipine göre temelde iki farklı fonksiyon yazılmıştır. Bu fonksiyonlardan biri grafik oluşturmak için, diğeri ise analizin sayısal sonuçlarını üretmek için kullanılmıştır. Örneğin Bode analizi yapılmak istendiğinde BodeGrafik.m fonksiyonu grafik üretmek için, BodeAnaliz.m fonksiyonu ise Bode analizinin sayısal sonuçlarını üretmek için oluşturulmuştur. Nyquist ve step analizi için de bahsedilen fonksiyonlar oluşturulmuştur. Sadece kök-yer eğrisi oluşturulurken diğlerinden farklı olarak kutuplar ve sıfırlar boyut farklılığından dolayı farklı fonksiyonlar içerisinde üretilmiştir.

3.4.1.1. Kök-yer analizi için oluşturulan fonksiyonlar

Bir sisteme ait kök-yer eğrisinin çizilebilmesi için o sisteme ait sıfırların ve kutupların bilinmesi gerekir. Matlab ortamında bir sistemin sıfırlarının bulunabilmesi için *zero*, kutuplarının bulunabilmesi için *pole* komutu kullanılır [47]. Bu komutların genel kullanımları Şekil 3.5’de görüldüğü gibidir.



Şekil 3.5. *zero* ve *pole* fonksiyonlarının genel kullanımları

Paralel RLC alçak geçiren filtre devresine ait transfer fonksiyonunda $R=1000 \Omega$, $L=0,1 \text{ H}$, $C=0,000001 \text{ F}$ değerleri için sistemin sıfırlarının ve kutuplarının bulunabilmesi amacıyla Şekil 3.6’da görülen program parçası kullanılır.

```

1 function [S,K]=KokyerPASK(R,L,C)
2 % Bu fonksiyon 05.08.2009 tarihinde Şengül ÖZTÜRK tarafından yazılmıştır
3
4 %Paralel Alçak Geçiren RLC Devresi
5 pay=[0 0 1/(L*C)];
6 payda=[1 1/(R*C) 1/(L*C)];
7
8 S=zero(tf(pay,payda));
9 K=pole(tf(pay,payda));
10 end

```

Şekil 3.6. MATLAB'ta paralel RLC alçak geçiren filtre devresinin sıfırlarının ve kutuplarının bulunması

Yazılmış olan bu fonksiyon KokyerPASK.m adında kaydedilip, MATLAB komut satırında `[S,K]=KokyerPASK(1000,0.1,0.000001)` şeklinde bir kullanımla çalıştırıldığında sisteme ait sıfırlar ve kutuplar Şekil 3.7'de görüldüğü gibi elde edilir.

```

S =

Empty matrix: 0-by-1

K =

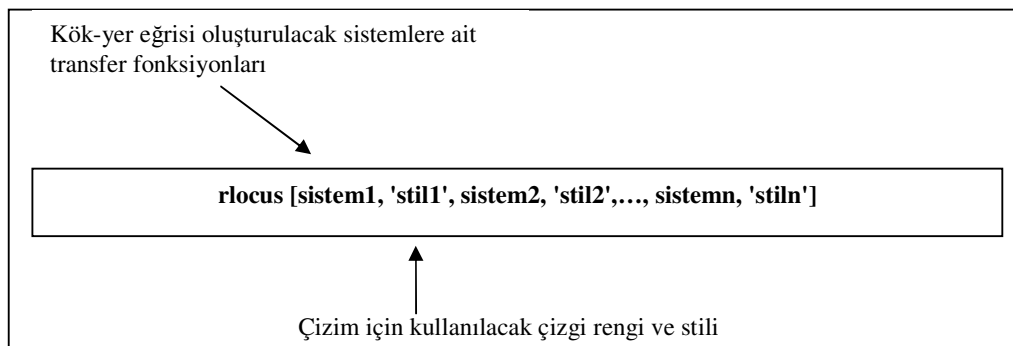
1.0e+003 *

-0.5000 + 3.1225i
-0.5000 - 3.1225i

```

Şekil 3.7. Paralel RLC alçak geçiren filtre devresine ait sıfır ve kutupların değerleri

Verilen bir sisteme ait kök-yer eğrisi grafiğinin oluşturulabilmesi için *rlocus* komutu kullanılır. Bu komutun genel kullanımı Şekil 3.8'de görüldüğü gibidir.



Şekil 3.8. *rlocus* fonksiyonunun genel kullanımı

Yukarıda sıfırları ve kutupları hesaplanan sistem için kök-yer eğrisi oluşturulmak istendiğinde Şekil 3.9'da görülen program parçası kullanılır.

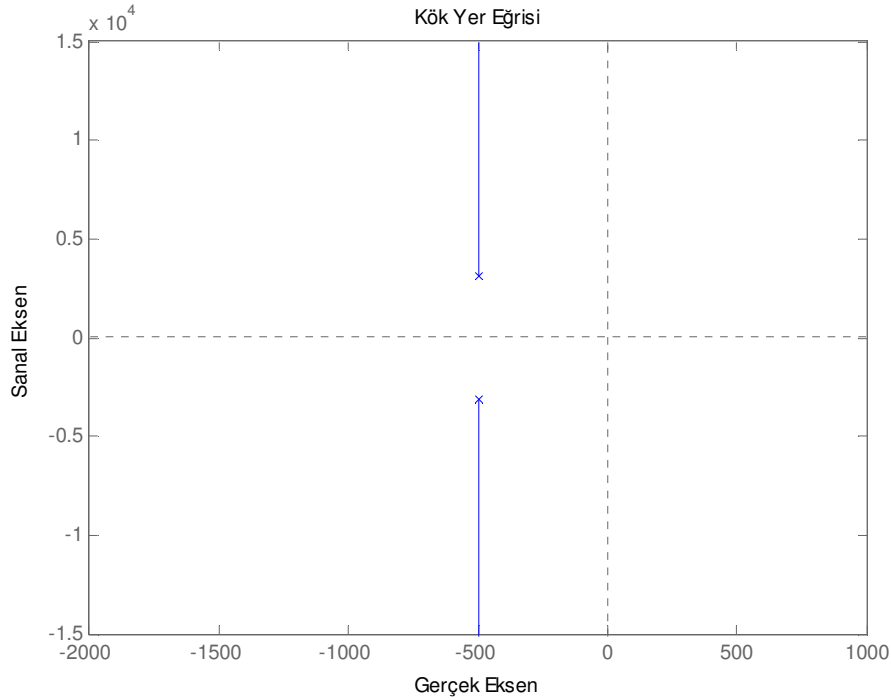
```

1 function KokyerPA(R,L,C,CizgiRengi,CizgiTipi)
2 % Bu fonksiyon 05.08.2009 tarihinde Şengül ÖZTÜRK tarafından yazılmıştır
3
4 %Paralel Alçak Geçiren RLC Devresi
5     pay=[0 0 1/(L*C)];
6     payda=[1 1/(R*C) 1/(L*C)];
7
8     f = figure(1); %Matlabta bir şekil oluşturulması
9     rlocus(tf(pay,payda),strcat(CizgiRengi,CizgiTipi));
10    title('Kök Yer Eğrisi');
11    xlabel('Gerçek Eksen');
12    ylabel('Sanal Eksen');
13    end

```

Şekil 3.9. MATLAB'ta paralel RLC alçak geçiren filtre devresinin kök-yer eğrisini çizdiren fonksiyon

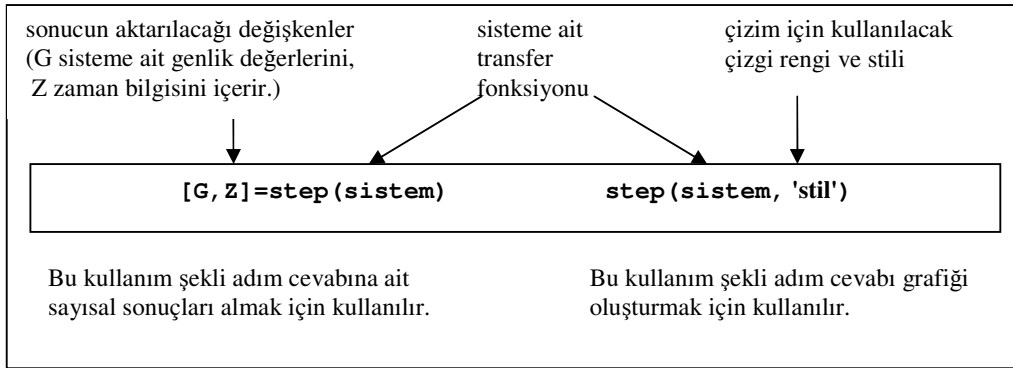
Yazılmış olan bu fonksiyon KokyerPA.m adında kaydedilip, MATLAB komut satırında KokyerPA(1000,0.1,0.000001,'b','-') şeklinde bir kullanımla çalıştırılıp Şekil 3.10'daki grafik elde edilir.



Şekil 3.10. MATLAB'ta paralel RLC alçak geçiren filtre devresine ait kök-yer eğrisi grafiği

3.4.1.2. Adım cevabı analizi için oluşturulan fonksiyonlar

Verilen bir sistemin adım cevabının bulunabilmesi için *step* komutu kullanılır. Bu komut adım cevabı grafiğini ve adım cevabı sayısal sonuçlarını elde etme amacıyla iki farklı şekilde kullanılabilir. Bu kullanımlar Şekil 3.11’de görüldüğü gibidir.



Şekil 3.11. *step* fonksiyonunun genel kullanım şekilleri

Kök-yer eğrisi anlatımında belirtilen filtre devresine ait adım cevabına ilişkin sayısal sonuçların ve grafiğin bulunmasını sağlayan program parçası Şekil 3.12’de verilen şekildedir.

```

1 function [Sonuc]=StepPA(R,L,C,CizgiRengi,CizgiTipi)
2 % Bu fonksiyon 05.08.2009 tarihinde Şengül ÖZTÜRK tarafından yazılmıştır
3
4 %Paralel Alçak Geçiren RLC Devresi
5     pay=[0 0 1/(L*C)];
6     payda=[1 1/(R*C) 1/(L*C)];
7
8     f = figure(1); %Matlabta bir şekil oluşturulması
9     step(tf(pay,payda),strcat(CizgiRengi,CizgiTipi));
10    [y,t]=step(tf(pay,payda));
11    [TepeDegeri,indis]=max(y);
12
13    TepeZamani=t(indis);
14
15    final=y(end);
16    [YuzdeAsim]=(max(y)-final)/final*100;
17
18    tk=find(y>=final*10/100);
19    tb=find(y>=final*90/100);
20    YukselmeZamani=t(tb(1))-t(tk(1));
21
22    L=find(abs((y-final)/final)>0.02);
23    DurulmaZamani=t(L(end));
24
25    Sonuc=[TepeDegeri;TepeZamani;YuzdeAsim;YukselmeZamani;DurulmaZamani];
26    xlabel('Zaman');
27    ylabel('Genlik');
28    title('Adım Cevabı');
29    end

```

Şekil 3.12. MATLAB'ta *adım cevabı*na ait sayısal sonuçların bulunması ve grafiğin çizilmesi

Yazılmış olan bu fonksiyon StepPA.m adında kaydedilip, MATLAB komut satırında [Sonuc]=StepPA(1000,0.1,0.000001,'b','-') şeklinde çalıştırıldığında sisteme ait Tepe değeri, tepe zamanı, yüzde aşımı, yükselme zamanı ve durulma zamanı bilgileri Şekil 3.13'de görüldüğü gibi elde edilir.

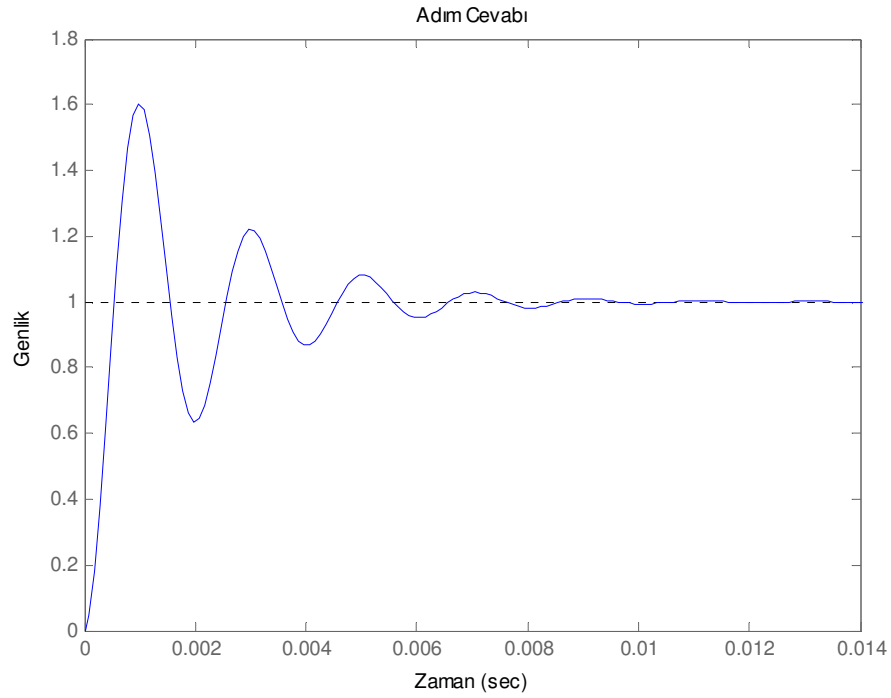
```

Tepe Değeri.....: 1.6047
Tepe Zamanı.....: 0.0010
Yüzde Aşım.....: 61.5033
Yükselme Zamanı...: 0.0004
Durulma Zamanı....: 0.0074

```

Şekil 3.13. MATLAB'ta paralel RLC alçak geçiren filtre devresine ait adım cevabı sayısal değerleri

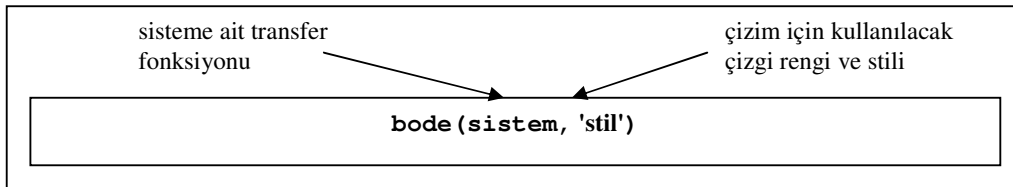
Sisteme ait grafik Şekil 3.14'de görüldüğü gibi elde edilmiştir.



Şekil 3.14. MATLAB'ta Paralel RLC alçak geçiren filtre devresine ait adım cevabı grafiği

3.4.1.3. Bode diyagramı analizi için oluşturulan fonksiyonlar

Herhangi bir sisteme ait Bode diyagramının çizilebilmesi için *bode* komutu kullanılır. Bu komutun kullanım şekli Şekil 3.15'de gösterilen şekildedir.



Şekil 3.15. *bode* fonksiyonunun genel kullanımı

Paralel RLC alçak geçiren filtre devresine ait Bode diyagramının çizimi için Şekil 3.16'da görülen program parçası kullanılır.

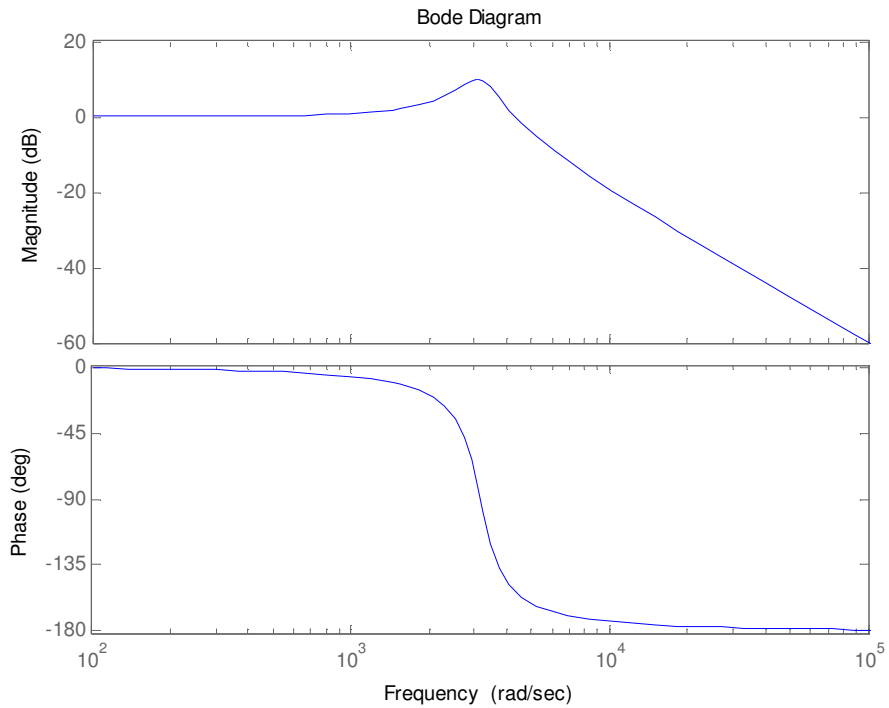

```

1 function BodePA(R,L,C,CizgiRengi,CizgiTipi)
2 % Bu fonksiyon 05.08.2009 tarihinde Şengül ÖZTÜRK tarafından yazılmıştır
3
4 %Paralel Alçak Geçiren RLC Devresi
5     pay=[0 0 1/(L*C)];
6     payda=[1 1/(R*C) 1/(L*C)];
7
8     f = figure(1); %Matlabta bir şekil oluşturulması
9     bode(tf(pay,payda),strcat(CizgiRengi,CizgiTipi));
10    title('Bode Diyagramı');
11    xlabel('Frekans');
12    end

```

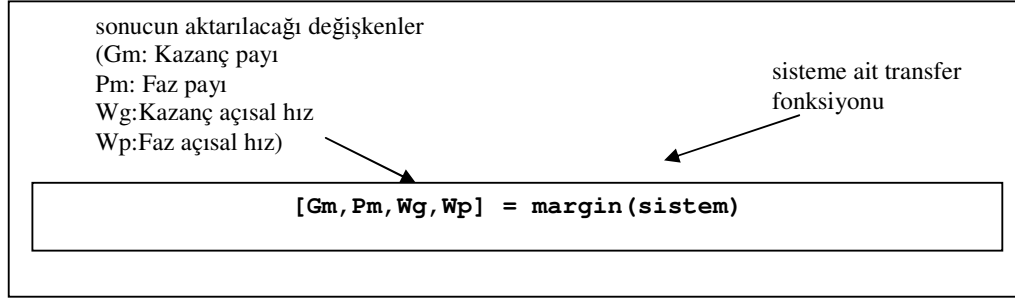
Şekil 3.16. MATLAB'ta *Bode* diyagramına ait grafiğin çizilmesini sağlayan fonksiyon

Yazılmış olan bu fonksiyon BodePA.m ismiyle kaydedilip, MATLAB komut satırında BodePA(1000,0.1,0.000001,'b','-') şeklinde çalıştırıldığında sisteme ait grafik Şekil 3.17'de görüldüğü gibi elde edilir.



Şekil 3.17. MATLAB'ta paralel RLC alçak geçiren filtre devresine ait Bode diyagramı

Yukarıdaki sisteme ait kazanç payı, faz payı, kazanç açısız hız ve faz açısız hız değerlerinin bulunabilmesi için *margin* komutu kullanılır. Margin komutunun kullanım şekli Şekil 3.18’de gösterildiği şekildedir.



Şekil 3.18. MATLAB’ta *margin* komutunun kullanımı

Margin komutu kullanılarak sisteme ait kazanç payı, faz payı, kazanç açısız hız ve faz açısız hız değerlerinin bulunması Şekil 3.19’da görüntülenen programdaki gibidir.

```

1 function BodePAKF(R,L,C)
2 %Bu fonksiyon 05.08.2009 tarihinde Şengül ÖZTÜRK tarafından yazılmıştır
3 %Paralel Alçak Geçiren RLC Devresi
4     pay=[0 0 1/(L*C)];
5     payda=[1 1/(R*C) 1/(L*C)];
6     bode(tf(pay,payda));
7     [gm pm wg wp]=margin(tf(pay,payda)); %Kazanç Payı - Faz Payı -
8     %Kazanç Açısız Hız - Faz Açısız Hız değerleri hesaplanıyor...
9     fprintf('\nKazanç Payı.....: %5.2f \n', gm)
10    fprintf('Faz Payı.....: %f \n', pm)
11    fprintf('Kazanç Açısız Hız...: %5.2f \n', wg)
12    fprintf('Faz Açısız Hız.....: %f \n', wp)
13    end
  
```

Şekil 3.19. MATLAB’ta Bode diyagramına ait sayısal değerlerin elde edilmesini sağlayan fonksiyon

Bu fonksiyon BodePAKF.m şeklinde kaydedilir ve MATLAB komut satırından BodePAKF(1000,0.1,0.000001) şeklinde çalıştırılırsa Şekil 3.20’de görülen sonuçlar elde edilmiş olur.

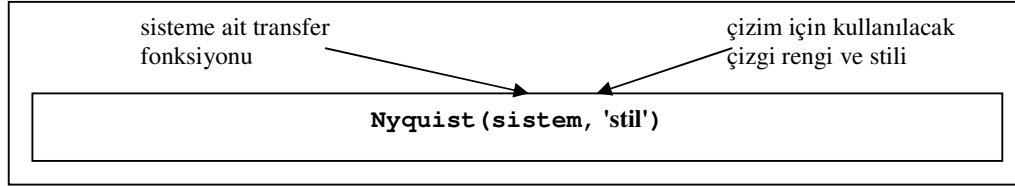
```
>> BodePAKF(1000,0.1,0.000001)

Kazanç Payı.....: Inf
Faz Payı.....: 25.841800
Kazanç Açısal Hız...: Inf
Faz Açısal Hız.....: 4358.906904
```

Şekil 3.20. MATLAB'ta Bode diyagramına ait sayısal değerler

3.4.1.4. Nyquist diyagramı analizi için oluşturulan fonksiyonlar

Bir sisteme ait Nyquist diyagramının çizilebilmesi için *nyquist* komutu kullanılır. Bu komutun kullanım şekli Şekil 3.21'de gösterildiği gibidir.



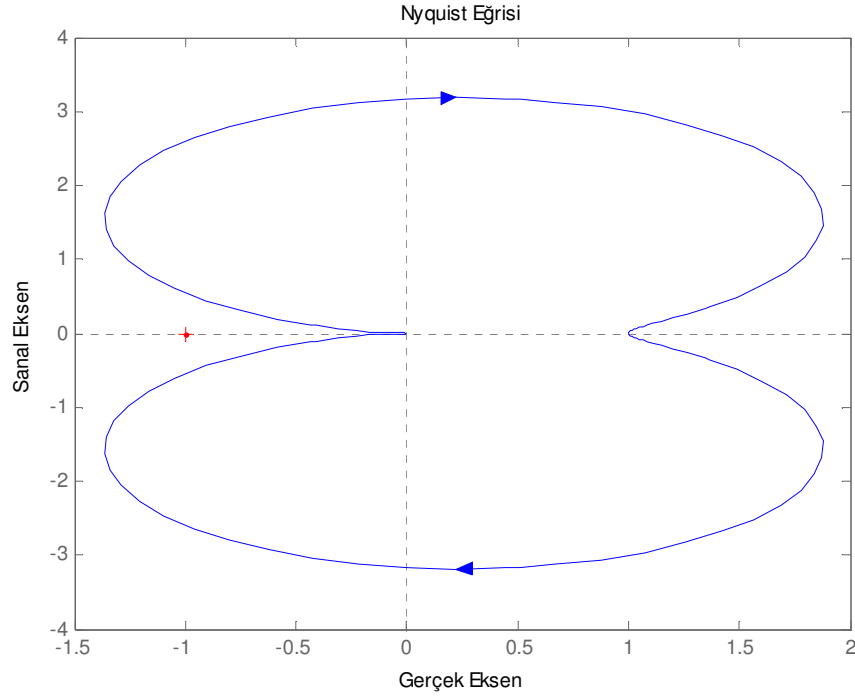
Şekil 3.21. *nyquist* fonksiyonunun genel kullanım şekli

Yukarıda bahsedilen filtre devresine ait Nyquist diyagramının çizimi için Şekil 3.22'de görülen program parçası kullanılır.

```
1 function NyquistPA(R,L,C,CizgiRengi,CizgiTipi)
2 % Bu fonksiyon 05.08.2009 tarihinde Şengül ÖZTÜRK tarafından yazılmıştır
3
4 %Paralel Alçak Geçiren RLC Devresi
5     pay=[0 0 1/(L*C)];
6     payda=[1 1/(R*C) 1/(L*C)];
7
8     f = figure(1); %Matlabta bir şekil oluşturulması
9     nyquist(tf(pay,payda),strcat(CizgiRengi,CizgiTipi));
10    xlabel('Gerçek Eksen');
11    ylabel('Sanal Eksen');
12    title('Nyquist Eğrisi');
13    end
```

Şekil 3.22. MATLAB'ta *Nyquist* diyagramına ait grafiğin çizilmesini sağlayan fonksiyon

Fonksiyon NyquistPA.m ismiyle kaydedilir ve MATLAB komut satırında NyquistPA(1000,0.1,0.000001,'b','-') şeklinde çalıştırılırsa sisteme ait grafik Şekil 3.23'de görüldüğü gibi elde edilir.



Şekil 3.23. Paralel RLC alçak geçiren filtre devresine ait Nyquist diyagramı

Nyquist diyagramlarında da Bode diyagramlarında olduğu gibi kazanç payı, faz payı, kazanç açılal hız ve faz açılal hız değerlerinin bulunması gerekir. Bu değerlerin bulunabilmesi için *margin* komutu kullanılır. Margin komutunun kullanımı Bode diyagramlarında anlatıldığı şekildedir. Bulunan değerler Şekil 3.20'de görüldüğü gibidir.

3.4.2. MATLAB'da oluşturulan fonksiyonların .NET bileşeni olarak derlenmesi

Matlab'da oluşturulan fonksiyonları web ortamında kullanabilmek için Matlab 7.0 versiyonunda Matlab Web Server bileşeninden faydalanılıyordu. Bu bileşen sayesinde Matlab'da programcı tarafından oluşturulan fonksiyonlara web arayüzünden erişilebilmekte ve Matlab'daki bir takım özellikler web üzerinden

Matlab kurulu olmayan bilgisayarlarda da kullanılabilir. Matlab'ın 7.0'dan sonraki sürümlerinde Matlab Web Server bileşeni kaldırılmıştır. Yeni sürümlerde Matlab özelliklerini web ortamında kullanabilmek için programcının oluşturduğu fonksiyonları .NET bileşenine çevirmek gerekir. Bu işlem Matlab Compiler ürününün bir eki olan Matlab Builder NE bileşeni tarafından gerçekleştirilmektedir. Bu bileşen.Net programcılarının Matlab fonksiyonlarına C#, VB.Net ve C++ programlama dilleriyle ulaşmalarına imkân tanır. Matlab Builder NE bileşeni, Matlab ortamında yazılmış program ve fonksiyonları derleyerek .Net metodlarına dönüştürür. Her Matlab Builder NE bileşeni bir veya daha fazla sınıf içerebilir [48].

Matlab Builder NE'de Matlab veri tiplerinin ASP.NET'te kullanılabilmesi için MWArray.dll dosyasında tanımlanmış olan MWArray veri dönüşüm sınıfları bulunmaktadır. ASP.NET arayüzünden Matlab'a aktarılması gereken verileri, Matlab'ta kullanılabilir hale dönüştürmek ve Matlab'tan gelen verileri ASP.NET arayüzünde kullanabilmek için MWArray.dll dosyası ASP.NET uygulamasına referans olarak eklenmelidir [3, 49].

Matlab Web Server kullanarak Matlab ortamında oluşturulan grafiklerin web ortamında görüntülenebilmesi için jpeg resim dosyasına çevrilerek web ortamında yayınlanması gerekir. Matlab Builder NE'de bulunan WebFigure bileşeni ile Matlab grafikleri jpeg dosyaya çevrilmeden web ortamında görüntülenebilir. Bu özellik kullanıcılara, Matlab'ın kurulu olmadığı internete bağlı herhangi bir bilgisayardan sadece web tarayıcı kullanarak grafik uygulamalara erişme imkanı sağlar [48]. Jpeg dosya formatında web'de yayınlanan grafik üzerinde herhangi bir büyütme küçültme yapılamazken, WebFigure ile web'de yayınlanan Matlab grafiklerinde büyütme, küçültme yapılabilir, grafiğe farklı perspektiflerden bakılabilmektedir. Bu durum WebFigure bileşeninin üstünlükleri arasında sayılabilir. Bunun yanında Matlab ortamında oluşturulan bir grafik üzerinde sağ tıkladığında grafik ile ilgili birçok detaya ulaşılabilirken WebFigure üzerinde sağ tıkladığında bu detaylara ulaşamaması WebFigure bileşeninin geliştirilmesi gereken yönleri arasındadır.

Önceki konuda bahsedilen RLC filtre devrelerinin analizini gerçekleştiren Matlab fonksiyonlarından grafiği WebFigure bileşenine aktaran fonksiyonlarda, öncelikle

boş bir figür (Matlab'da üzerine çizim yapılan alan) oluşturularak istenen analizin sonucu grafik olarak bu figür üzerinde görüntülenir. Bu figür, webfigure tipinde bir değişkene aktarılarak fonksiyonun dönüş değeri yapılır. Dönüş tipi webfigure olan fonksiyon değeri ASP.NET'e eklenen WebFigure bileşenine aktarılır ve bu sayede web ortamında görüntülenmiş olur.

Şekil 3.24'de görüldüğü gibi Bode Analizini gerçekleştiren fonksiyonda belirtilen devre tipine ve grafik seçeneklerine göre bir çizim oluşturulmakta ve bu çizim *f* adlı figürde saklanmaktadır. Bu çizim sonucu *fig=webfigure(f)* komut satırıyla webfigure tipine çevrilmekte ve *fig* değişkeni fonksiyonun dönüş değeri olarak döndürülmektedir.

Anlatılan şekilde arayüz için kullanılacak tüm Matlab fonksiyonları oluşturulduktan sonra Matlab Builder NE ile derleyerek .NET bileşenine çevirmek gerekir. Bu işlem için öncelikle Matlab komut satırına, geliştirme aracı (deployment tool) anlamına gelen *deploytool* komutunu kullanmak gerekir.

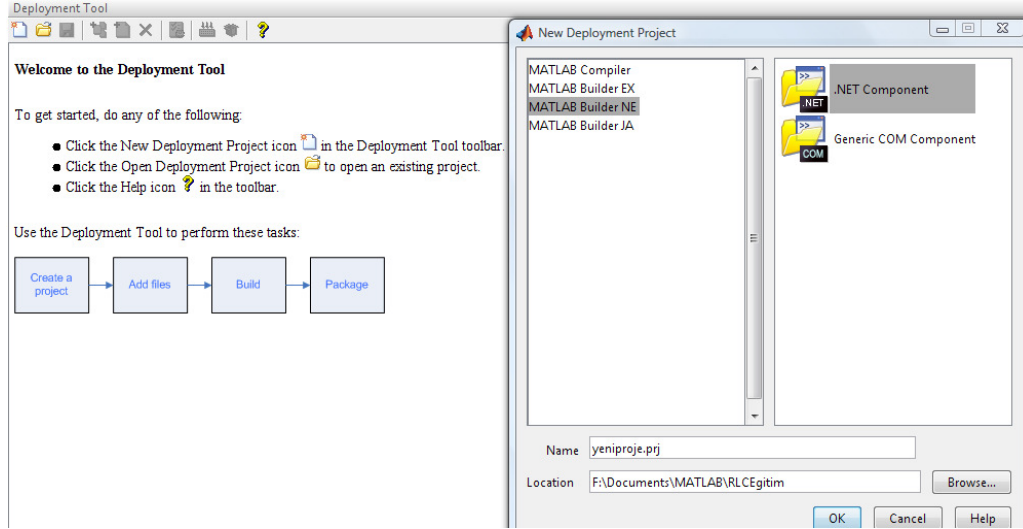
```

1  function fig=BodeGrafik(DevreTipi,R,L,C,CizgiRengi,CizgiTipi,Uzciz,Izgara)
2  % Bu fonksiyon 05.08.2009 tarihinde Şengül ÖZTÜRK tarafından yazılmıştır
26 - switch DevreTipi %Devre tipine göre transfer fonksiyonunun belirlenmesi
27 -     case 'SA' %Seri Alçak Geçiren RLC Devresi
28 -         pay=[0 0 1/(L*C)]; payda=[1 R/L 1/(L*C)];
29 -     case 'SY' %Seri Yüksek Geçiren RLC Devresi
30 -         pay=[1 0 0]; payda=[1 R/L 1/(L*C)];
31 -     case 'SG' %Seri Bant Geçiren RLC Devresi
32 -         pay=[0 R/L 0]; payda=[1 R/L 1/(L*C)];
33 -     case 'SD' %Seri Bant Durduran RLC Devresi
34 -         pay=[1 0 1/(L*C)]; payda=[1 R/L 1/(L*C)];
35 -     case 'PA' %Paralel Alçak Geçiren RLC Devresi
36 -         pay=[0 0 1/(L*C)]; payda=[1 1/(R*C) 1/(L*C)];
37 -     case 'PY' %Paralel Yüksek Geçiren RLC Devresi
38 -         pay=[1 0 0]; payda=[1 1/(R*C) 1/(L*C)];
39 -     case 'PG' %Paralel Bant Geçiren RLC Devresi
40 -         pay=[0 1/(R*C) 0]; payda=[1 1/(R*C) 1/(L*C)];
41 -     case 'PD' %Paralel Bant Durduran RLC Devresi
42 -         pay=[1 0 1/(L*C)]; payda=[1 1/(R*C) 1/(L*C)];
43 - end
44 - f = figure(1); %Matlabta bir şekil oluşturulması
45 - if Uzciz, hold on, else hold off,end%Önceki şekil üzerine çizim yapılınsın mı?
46 - if Izgara, grid on, else grid off,end%Izgara çizgileri görünsün mü?
47 - bode(tf(pay,payda),strcat(CizgiRengi,CizgiTipi));
48 - title('Bode Diyagramı'); xlabel('Frekans');
49 - fig = webfigure(f); %Son değer olarak oluşturulan şekil
50 - set(f,'Visible','off'); %Görünürlük özelliğinin kapatılması
51 - end

```

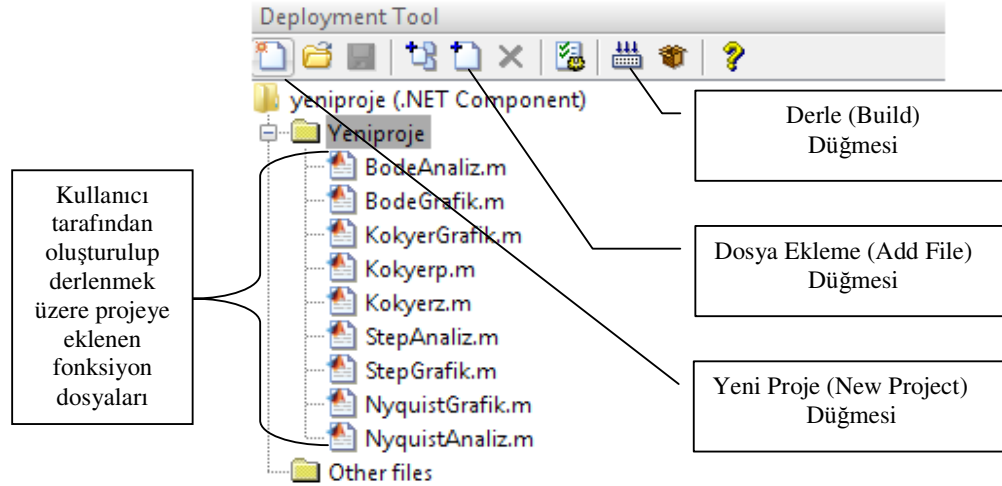
Şekil 3.24. MATLAB'ta Bode analizi sonucunu WebFigure bileşeni olarak döndüren fonksiyon

Geliştirme aracına ait ekranda yeni proje oluşturma düğmesi tıklandığında Şekil 3.25’de görüldüğü gibi yeni geliştirme aracı projesinin hangi derleyici ile oluşturulacağı sorulur.



Şekil 3.25. Deployment Tool ile yeni bir Matlab Builder NE .NET bileşeni oluşturma

Sol pencereden *Matlab Builder NE* tıklanıp sağ pencereye gelen *.NET Component* seçilir ve projeye bir isim verilerek *Ok* düğmesi tıklanır. Bu ekranda dosya ekleme düğmesi kullanılarak kullanıcı tarafından oluşturulan fonksiyon dosyaları derlenmek üzere projeye eklenir ve Şekil 3.26’deki ekran görüntüsü elde edilir. Bu ekranda derle (build) düğmesi tıklanarak yaklaşık 1 dakika kadar sürecektir olan derleme işlemi başlatılır. Derleme işlemi sonunda gelen “Compilation completed succesfully” mesajından işlemin başarılı olduğu anlaşılır. Oluşturulan .NET bileşenin bulunduğu klasör adı da bu ekranda görüntülenir.

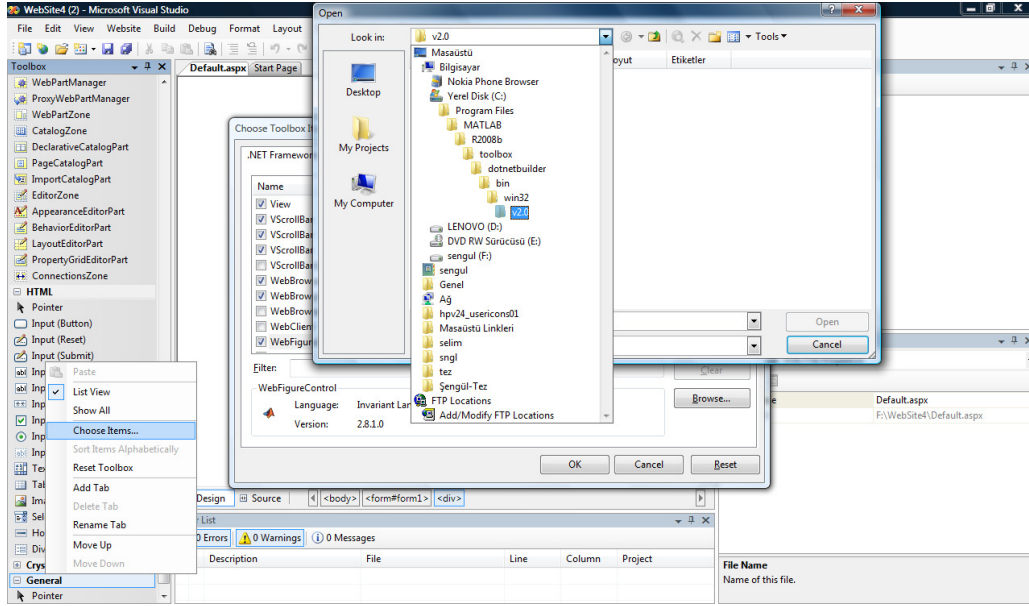


Şekil 3.26. Matlab Builder NE projesine Matlab’da yazılmış fonksiyonların eklenmiş hali

3.4.3. ASP.NET arayüzünün oluşturulması ve Matlab WebFigure bileşeninin kullanımı

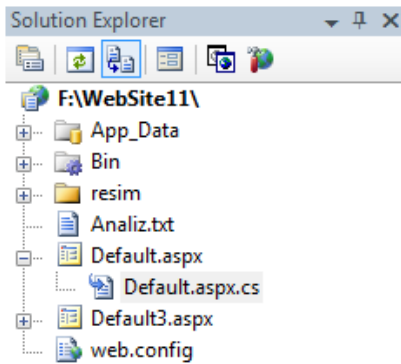
Bu tez çalışması kapsamında oluşturulan web sitesi yapımında Microsoft Visual Studio (ASP.NET) 2005 versiyonu ve Visual C# programlama dili kullanılmıştır.

.NET bileşeni oluşturulduktan sonra ASP.NET çalıştırılarak File/New Web Site seçilerek yeni bir web sitesi oluşturulur. Matlab’da oluşturulan webfigure dönüş tipli fonksiyonların çizdirdiği grafiği web ortamında görüntüleyebilmek için öncelikle WebFigure kontrolünü ASP.NET araç kutusuna (toolbox) eklemek gerekir. Bu işlem Şekil 3.27’te görüldüğü gibi, ekranın sol tarafında bulunan araç kutusundaki başlıklardan birinde sağ tıklayıp “Choose Items...” seçeneğiyle gelen pencereden “Browse” düğmesiyle WebFigureService.dll (\Program Files \MATLAB \R2008b \toolbox \dotnetbuilder \bin \win32 \v2.0) dosyası eklenerek gerçekleştirilmiş olur.



Şekil 3.27. Web arayüzünde kullanmak üzere WebFigure bileşenin araç kutusuna eklenmesi

Araç kutusuna eklenen WebFigure bileşeni sürükle-bırak tekniği ile web sitesi üzerine bırakılır. Eklenen WebFigure bileşenine, program içinde kullanabilmek için özellikler (properties) penceresinden bir isim verilir ve *scope* özelliği *application* olarak belirlenir. Oluşturulan Matlab fonksiyonlarını kullanabilmek için .NET bileşenini ekranın sağ tarafındaki Şekil 3.28’de görülen “Solution Explorer” penceresinden eklemek gerekir.



Şekil 3.28. Solution Explorer penceresi

Bunun için web sitesi adı üzerinde sağ tıklanır. “Add Reference” seçeneğiyle proje klasöründe “distrib” adlı alt klasördeki .dll dosyası bulunur ve projeye eklenir.

Ayrıca Matlab veri tiplerinin ASP.NET'te tanınması için bir önceki başlık altında belirtildiği gibi MWArray.dll dosyası da buradan referans olarak eklenmelidir. Gerçekleştirilmesi gereken bir başka işlem ise .cs uzantılı programlama dosyasının başına Şekil 3.29'da verilen, .NET, WebFigure ve MWArray bileşenlerini tanımlayan kodları eklemektir.

```
using yeniproje;
using MathWorks.MATLAB.NET.WebFigures;
using MathWorks.MATLAB.NET.Arrays;
```

Şekil 3.29. .cs dosyasına eklenmesi gereken kodlar

Arayüz ekranı amaca uygun bir şekilde tasarlanmalıdır. Kullanıcı tarafından girilmesi gereken bütün parametreler önceden belirlenmeli, kullanıcı bu parametreleri en rahat hangi araçlarla ve hangi dizaynda girecekse ona göre bir tasarım yapılmalıdır. Bu tasarımın Şekil 3.30'da görüldüğü gibi önce kâğıt üzerinde bir taslağını oluşturmak, tasarımın kolay ve planlı oluşturulmasını sağlayacaktır [50].

RLC Filtre Devreleri Epitlm Arayüzü

Devre Tipi: <input type="radio"/> Seri <input type="radio"/> Paralel	Filtre Tipi: <input type="radio"/> A6F 046F <input type="radio"/> 036F 055F	R: <input type="text"/> L: <input type="text"/> C: <input type="text"/>	Analiz Tipi: <input type="radio"/> İlk-Gen <input type="radio"/> Adım <input type="radio"/> Bode <input type="radio"/> Nyquist	Çıgpi reni: Anđı, tđđı <input type="button" value="Buton Uygula"/>
----------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------

Devre Şeması

Analiz Sonuçları

Analiz Sonuçlarını Kaydet

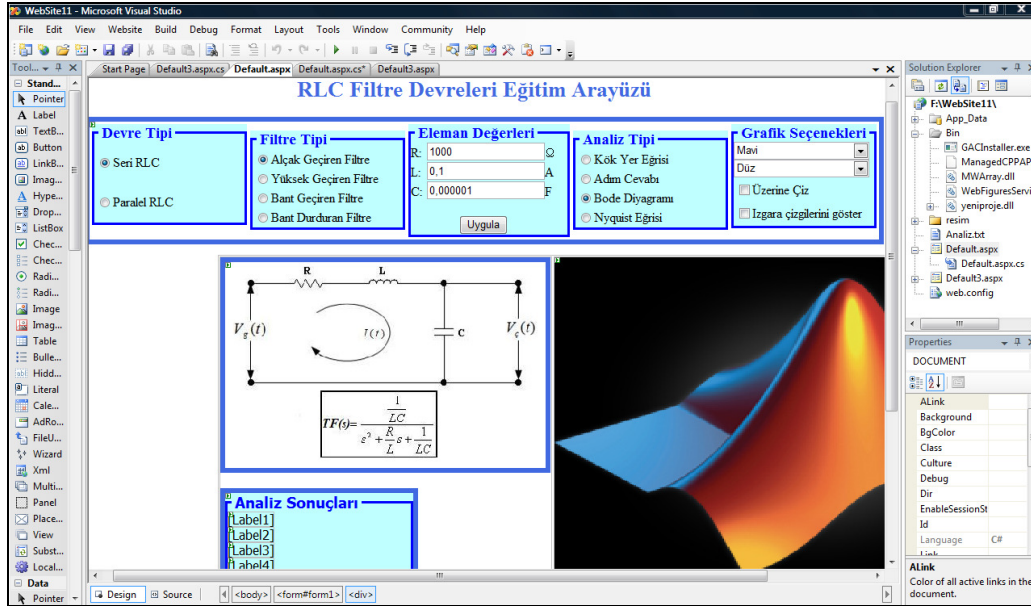
Genişliği: Kaydet

Üzerine çiz, İşpara alçgöleri

WebFigure

Şekil 3.30. Kâğıt üzerinde hazırlanmış bir arayüz taslağı

Kâğıt üzerinde arayüz taslağına son şeklini verdikten sonra adım adım web arayüzü oluşturulmalıdır. Bu web arayüzü gerçekleştirilirken taslaktan farklı olarak bazı değişiklikler uygun görülebilir. Şekil 3.31'da tez çalışması kapsamında oluşturulan web arayüzü sunulmaktadır.



Şekil 3.31. Arayüz ekranının tasarlanmış hali










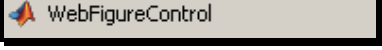
Görüldüğü gibi veri girişleri, kolay anlaşılabilir olması açısından kategorize edilmiş, estetik açıdan uygun renkler ve şekilsel tasarım seçilmiş, ekran dizaynı, arayüzden ilk defa faydalanacak kullanıcılar için bile çok kolay kullanılacak hale getirilmiştir. Ayrıca sisteme sadece eğitim alacak öğrencilerin giriş yapabilmesi için Şekil 3.32'deki parola ekranı oluşturulmuştur.



Şekil 3.32. Parola ekranı

Arayüzü oluşturmak için kullanılan bileşenler ve kısa açıklamaları Tablo 3.1'de verilmiştir.

Tablo 3.1. Uygulamada kullanılan ASP.NET bileşenleri [51]

Bileşen	Açıklaması
 Label	Kullanıcıya yansıtılmak istenen mesajlar ve program sonuçları burada görüntülenir.
 TextBox	Kullanıcının programa veri girişi yapmasını sağlar.
 Button	Tıklandığında önceden belirlenmiş bir fonksiyonu çalıştırmak için kullanılır.
 DropDownList	Açılır liste kutusudur. İçerisine birden fazla seçenek yazılarak kullanıcıya seçim imkânı tanır.
 CheckBox	Kullanıcının sunulan bir veya birden fazla seçenek arasından istediklerini seçmesi için kullanılır.
 RadioButton	Kullanıcıya bir veya birden fazla seçenek sunup, içlerinden sadece bir tanesini seçmesine olanak sağlar.
 Table	Tablo oluşturmak ve düzgün bir ekran dizaynı sağlamak amacıyla kullanılır.
 Panel	Birden fazla nesnenin gruplanması için kullanılır.
 Login	Sayfaya hazır tasarlanmış kullanıcı adı ve parola gibi bilgileri soran giriş ekranı eklemek için kullanılır.
 WebFigureControl	Matlabda oluşturulan grafiklerin (figürlerin) web ortamında yayımlanması için kullanılır.

Son olarak tasarımı tamamlanmış arayüzün programlama kısmına geçilerek arayüz bileşenleriyle ilgili gerekli program kodları yazılır, .NET bileşen bağlantıları sağlanır ve Matlab özellikleri taşıyan bir web arayüzü gerçekleştirilmiş olur.

Şekil 3.33'de .cs dosyasındaki gerekli bağlantıları sağlayan program kodlarından bir kesit görüntülenmiştir.

```

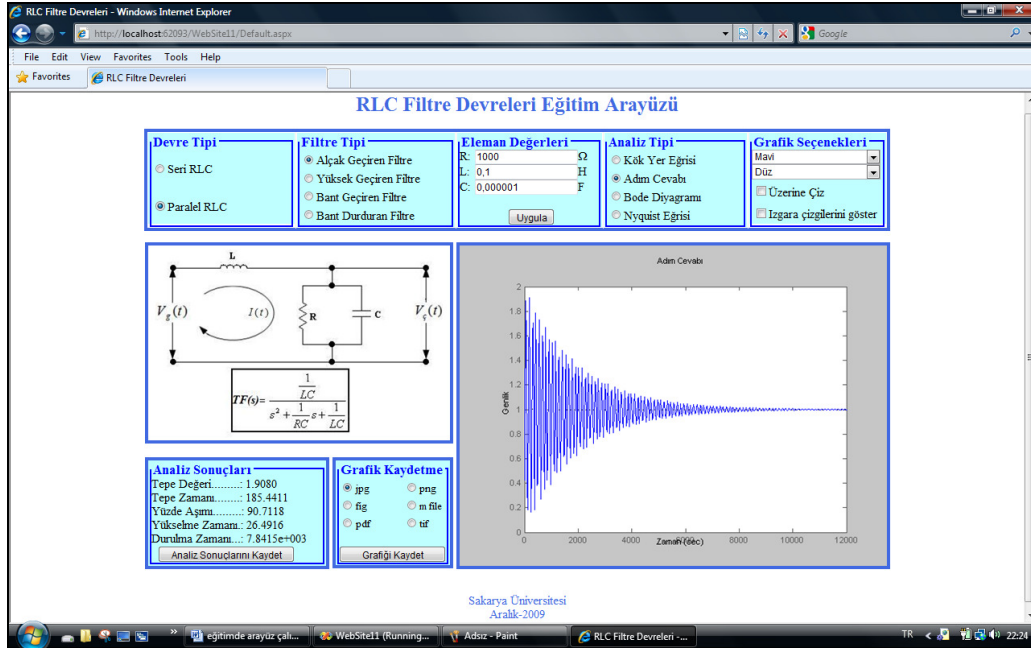
protected void Page_Load(object sender, EventArgs e)
{
    Yeniproje abc = new Yeniproje();
    MNCharArray DevreTipi, CizgiRengi, CizgiTipi;
    MNNumericArray R, L, C;
    MNArray Sonuc;
    MNLogicalArray Uzciz, ızgara;
    CizgiRengi = DropDownList1.SelectedItem.Value;
    CizgiTipi = DropDownList2.SelectedItem.Value;
    DevreTipi = RadioButtonList1.SelectedItem.Value + RadioButtonList2.SelectedItem.Value;
    R = Convert.ToDouble(TextBox1.Text);
    L = Convert.ToDouble(TextBox2.Text);
    C = Convert.ToDouble(TextBox3.Text);
    Uzciz = CheckBoxList1.Items[0].Selected;
    ızgara = CheckBoxList1.Items[1].Selected;
    Sonuc = 0;
    switch (RadioButtonList3.SelectedItem.Value)
    {
        case "K":
            WebFigureControll.WebFigure = new WebFigure(abc.KokyerGrafik(DevreTipi, R, L, C, CizgiRengi, CizgiTipi, Uzciz, ızgara));
            Label1.Text = "Sıfırlar....: " + Convert.ToString(abc.Kokyerz(DevreTipi, R, L, C));
            Label2.Text = "Kutuplar.: " + Convert.ToString(abc.Kokyerp(DevreTipi, R, L, C));
            Label3.Text = "";
            Label4.Text = "";
            Label5.Text = "";
            break;
        case "A":
            WebFigureControll.WebFigure = new WebFigure(abc.StepGrafik(DevreTipi, R, L, C, CizgiRengi, CizgiTipi, Uzciz, ızgara));
            Sonuc = abc.StepAnaliz(DevreTipi, R, L, C);
            Label1.Text = "Tepe Değeri.....: " + Convert.ToString(Sonuc[1]);
            Label2.Text = "Tepe Zamani.....: " + Convert.ToString(Sonuc[2]);
            Label3.Text = "Yüzde Açımı.....: " + Convert.ToString(Sonuc[3]);
            Label4.Text = "Yükselme Zamani.: " + Convert.ToString(Sonuc[4]);
            Label5.Text = "Durulma Zamani....: " + Convert.ToString(Sonuc[5]);
            break;
    }
}

```

Şekil 3.33. Program kodlarından bir kesit

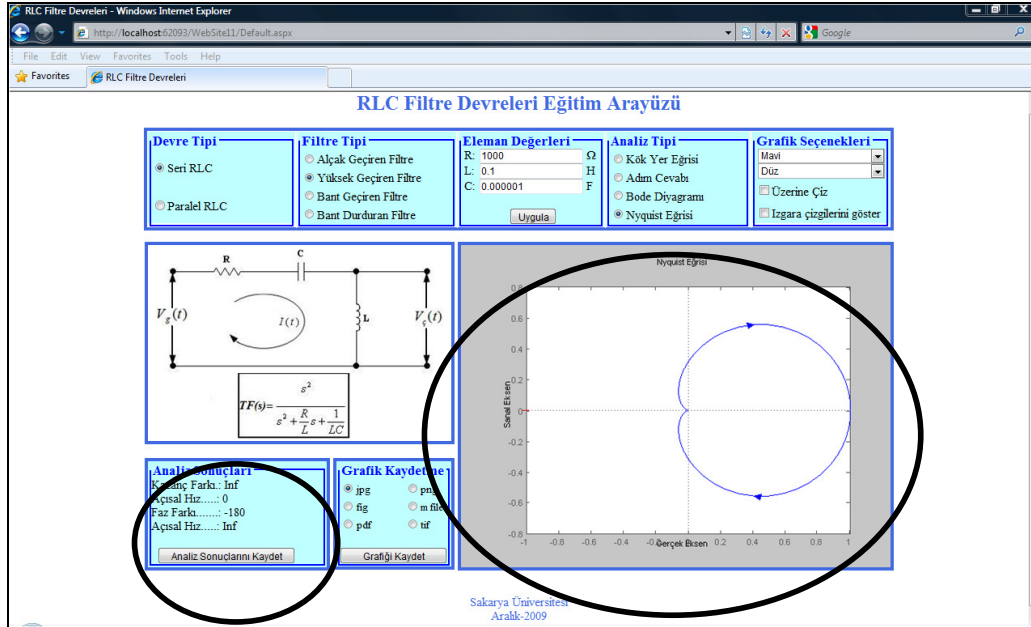
3.4.4. Arayüz ekranının kullanımı

Oluşturulan web sitesi çalıştırıldığında ekrana ilk olarak parola ekranı gelir (Bkz. Şekil 3.32). Bu ekranda kullanıcı kendisine daha önce verilen kullanıcı adı ve parola ile sisteme giriş yapabilir. Bununla beraber daha sonraki oturumlarda kullanıcı adının hatırlanmasını sağlayabilir. Oturum Aç butonu tıklandığında Rlc filtre devreleri eğitimi arayüzü ekrana gelir. Bu arayüz Şekil 3.34'deki gibidir.



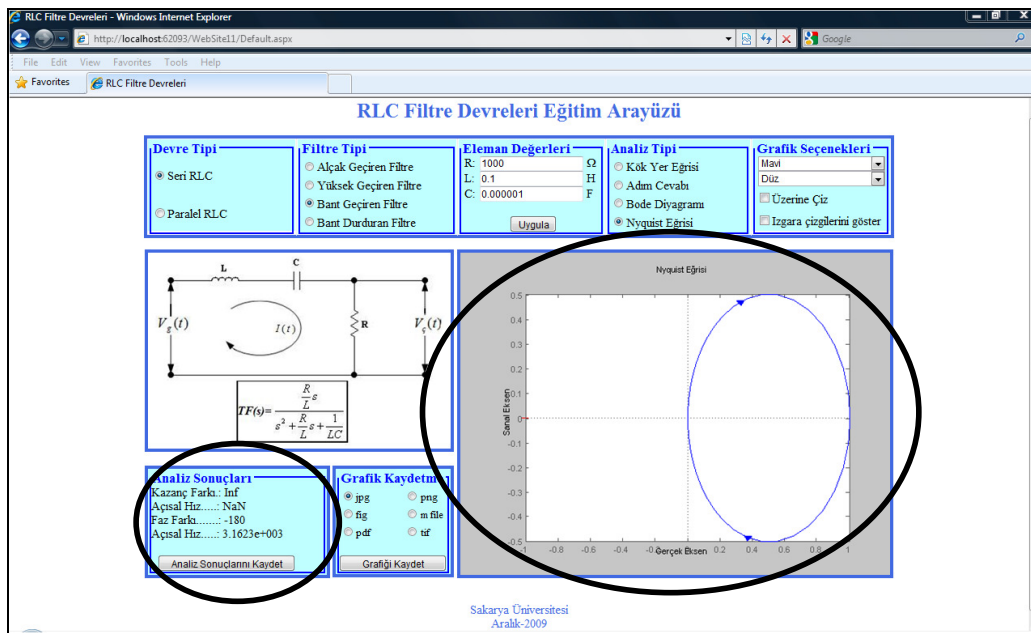
Şekil 3.34. Arayüz ekranı

Arayüzün başında ilk olarak devre tipi ve filtre tipi seçilmelidir. Bu seçim yapıldığında hemen aşağıya yapılan seçimi temsil eden devre şeması gelir. Üzerinde devreyle ilgili transfer fonksiyonu da bulunan bu şema öğrencinin konuyu daha iyi kavramasına katkı sağlar. Bu seçimler yapıldıktan sonra R, L ve C eleman değerleri girilmeli ve ardından bir sağ tarafta bulunan analiz tipi belirlenmelidir. Analiz tipi seçildiğinde öğrencinin herhangi bir butona tıklamasına gerek kalmadan sayfa otomatik olarak yenilenecektir. Yenilenen sayfa üzerinde seçilen devre tipine, filtre tipine, değerlere ve analiz tipine göre oluşturulan WebFigure ve analiz sonuçları görüntülenir. Şekil 3.35’de R=1000, L=0.1, C=0.000001 değerleri kullanılarak seri RLC yüksek geçiren filtre tipine uygun olarak oluşturulmuş bir Nyquist eğrisi ve analiz sonuçları görülmektedir.



Şekil 3.35. Örnek çizim ekranı

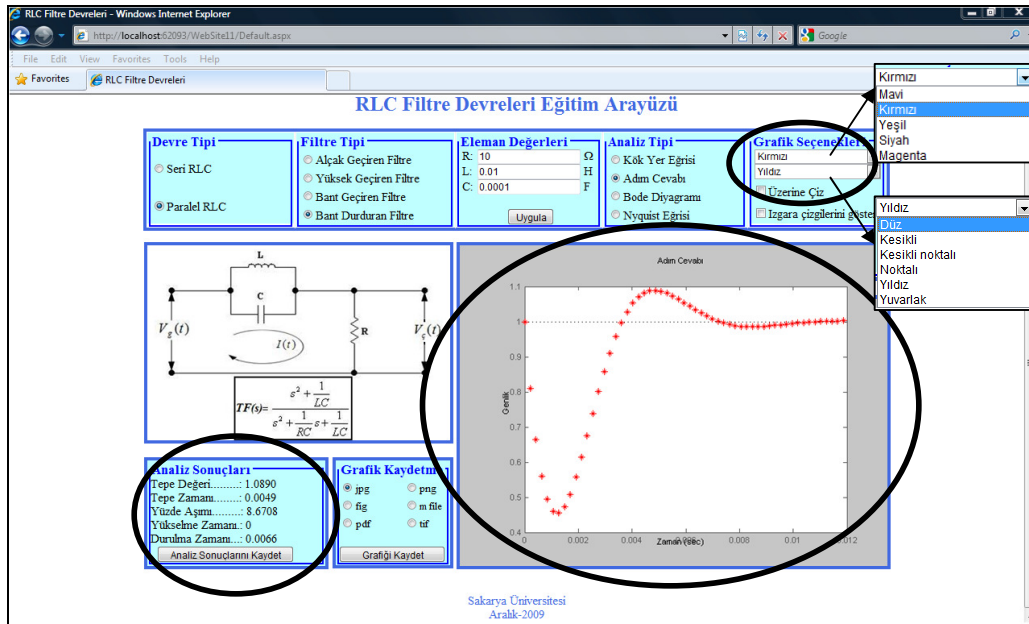
Yine aynı değerler kullanılarak devre tipi değiştirilmeden, filtre tipi bant geçiren olarak belirlenerek çizim yapıldığında sayfa otomatik olarak yenilenecektir. Buna göre hazırlanan analiz sonuçları ve oluşturulan Nyquist eğrisi Şekil 3.36'te görüldüğü gibidir.



Şekil 3.36. Örnek çizim ekranı

Şekil 3.35 ve Şekil 3.36’da oluşturulan çizimlere bakıldığında analiz sonuçlarının ve oluşan grafiğin devre tipi, filtre tipi ve değerlere göre farklı şekillerde ekrana geldiği görülmektedir.

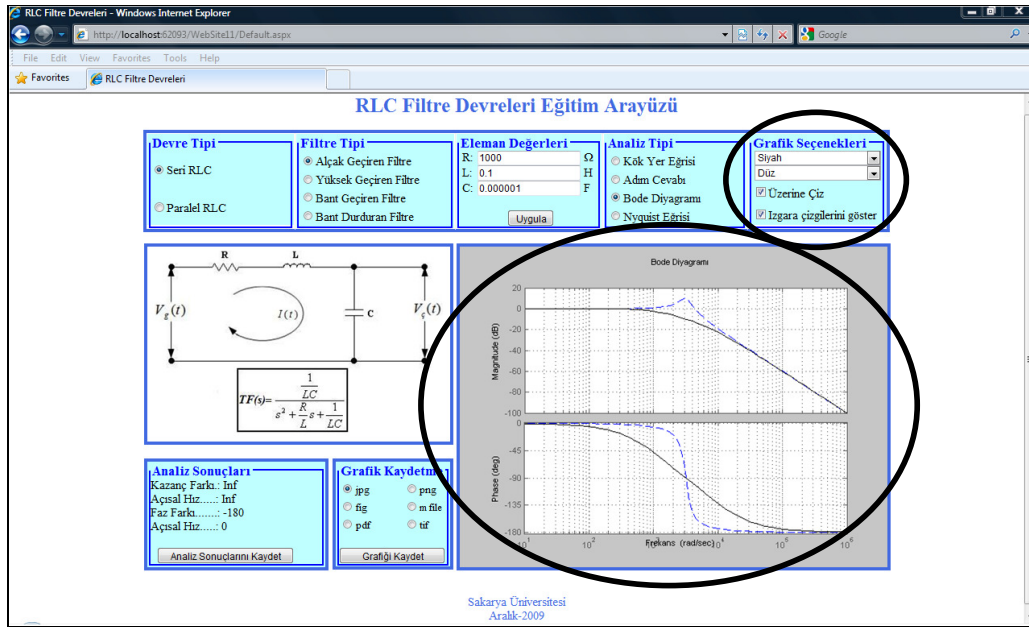
Arayüzün *grafik seçenekleri* bölümünden, oluşturulan grafiğin rengi, çizim stili değiştirilebilir. Renk değeri olarak; mavi, kırmızı, yeşil, siyah ve magenta seçilebilirken çizim stili olarak; düz, kesikli, kesikli noktalı, noktalı, yıldız ve yuvarlak seçilebilir. Arayüzde renk default olarak mavi, çizim stili ise düz olarak belirlenmiştir. Kullanıcı değişiklik yapmadığı sürece çizimler bu formatta yapılmaktadır. R=10, L=0.01 ve C=0.0001 değerleri için paralel RLC bant durduran filtrenin adım cevabı kırmızı renkte ve yıldızlı çizim stilinde görüntülediğinde Şekil 3.37 elde edilir.



Şekil 3.37. Örnek çizim ekranı

Eğer kullanıcı birden fazla çizim yapıp bu çizimleri karşılaştırmak isterse *grafik seçenekleri* bölümünden *Üzerine Çiz* seçeneğini aktifleştirip, R, L ve C değerlerini değiştirerek *Uygula* butonuna basması gerekir. Bu seçenek ile kullanıcı birden fazla grafiği aynı pencerede görüp, karşılaştırabilir. Çizdirilen her grafiğin farklı renk ve çizim stiline sahip olması karşılaştırma açısından avantaj sağlamaktadır. Bununla beraber karşılaştırılmak istenen grafiklerin analiz tiplerinin aynı seçilmesi

gerekmektedir. Devredeki elemanların çıkışa nasıl etki ettiklerini buradan izleyebilir. Yine aynı bölümde *Izgara çizgilerini göster* seçeneğini aktifleştirildiğinde grafik üzerinde ızgara çizgileri gösterilebilir. Şekil 3.38’de seri RLC alçak geçiren filtre devresinde direncin faz ve genlik üzerindeki etkisini görmek amacıyla Bode diyagramı önce R=1000, L=0.1 ve C=0.00001 iken siyah renkte ve düz çizgi stilinde, sonra R=100, L=0.1 ve C=0.00001 iken yeşil renkte ve kesikli çizgi stilinde çizdirilmiştir.

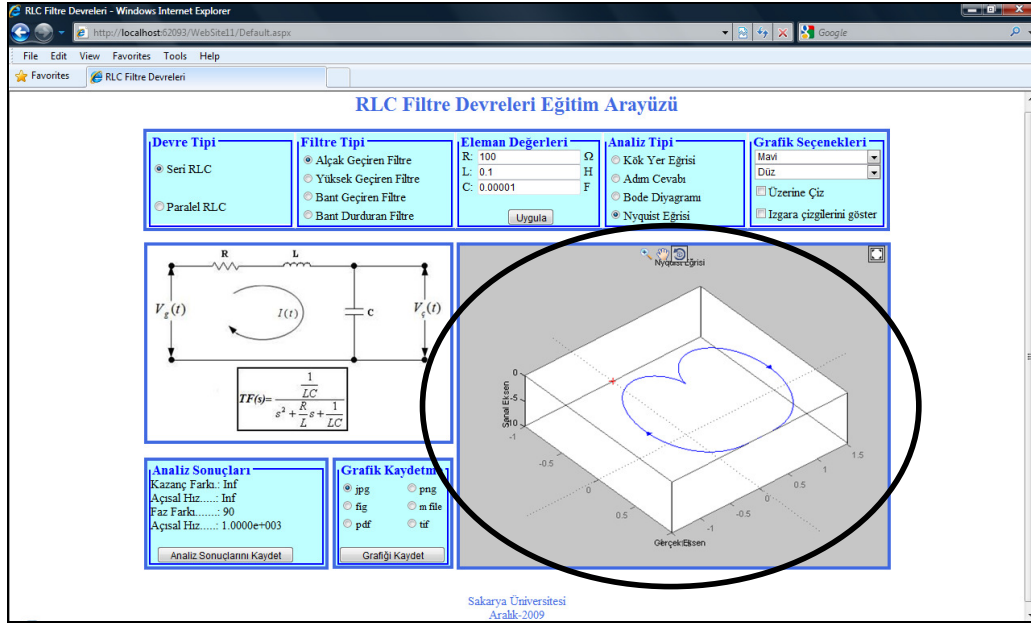


Şekil 3.38. Örnek çizim ekranı

Arayüzde elde edilen analiz sonuçları *Analiz Sonuçları* bölümünde bulunan *Analiz Sonuçlarını Kaydet* butonuna tıklanarak dosya ismi ve konumu belirlenip bir .txt dosyası şeklinde kaydedilebilir. Grafik Kaydetme bölümünden ise elde edilen grafik jpg, fig, pdf, png, m-file ve tif formatlarından biri seçilerek konum ve isim belirlenerek bilgisayara kaydedilip, kullanılabilir. Kaydetme işlemi kullanıcıya sonraki zamanlarda yaptığı çizimleri inceleme, Matlab ortamında kullanma gibi kolaylıklar sağlamaktadır.

Oluşturulan WebFigure'in özelliklerinden biride daha öncede bahsedildiği gibi büyültme, küçültme yapılabilmesi ve grafiğe farklı perspektiflerden bakılabilmektedir.

Şekil 3.39’de $R=100$, $L=0.1$ ve $C=0.00001$ değerleri için seri RLC alçak geçiren filtre devresine ait Nyquist diyagramının farklı bir perspektiften görünüşü verilmiştir.



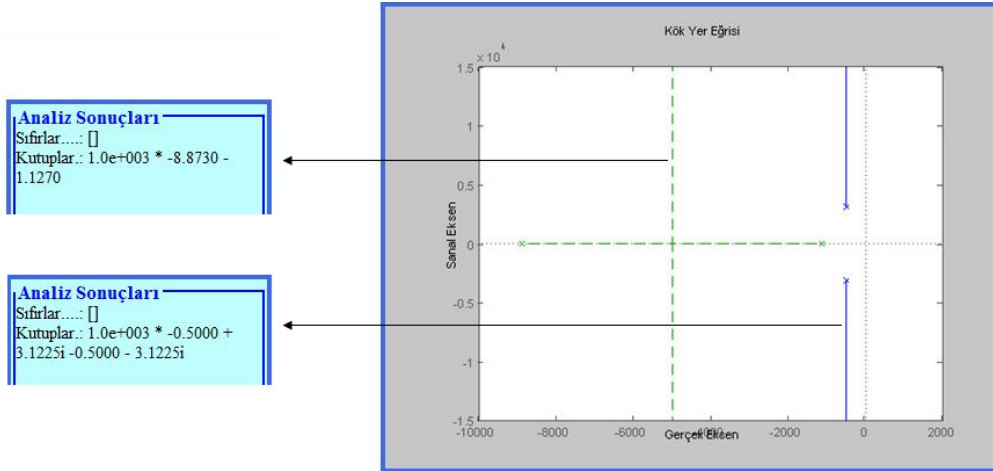
Şekil 3.39. Örnek çizim ekranı

Yukarıdaki anlatımlardan da anlaşılacağı gibi hazırlanan arayüz kullanımı çok kolay, anlaşılır ve işlevseldir. Kullanıcı istediği devre ve filtre tipine göre eleman değerlerini vererek istediği analiz tipini seçip, sonuçları hem grafiksel olarak hem de grafiğe göre hesaplanan analiz sonuçlarını sayısal olarak ekranda görebilmektedir.

3.5. Örnek Uygulama

Paralel RLC alçak geçiren filtre devresinde direncin analiz sonuçlarına etkisi görmek amacıyla önce $R=1000 \Omega$, $L=0.1 \text{ H}$, $C=0.000001 \text{ F}$ sonra $R=100 \Omega$, $L=0.1 \text{ H}$, $C=0.000001 \text{ F}$ değerleri için;

- Kök-yer eğrisi için çizim yapıldığında elde edilen analiz sonuçları ve grafik Şekil 3.40’ta verilmiştir. Yapılan çizimde $R=1000 \Omega$ için çizim rengi mavi, $R=100 \Omega$ için çizim rengi yeşil ve kesikli olarak belirlenmiştir.

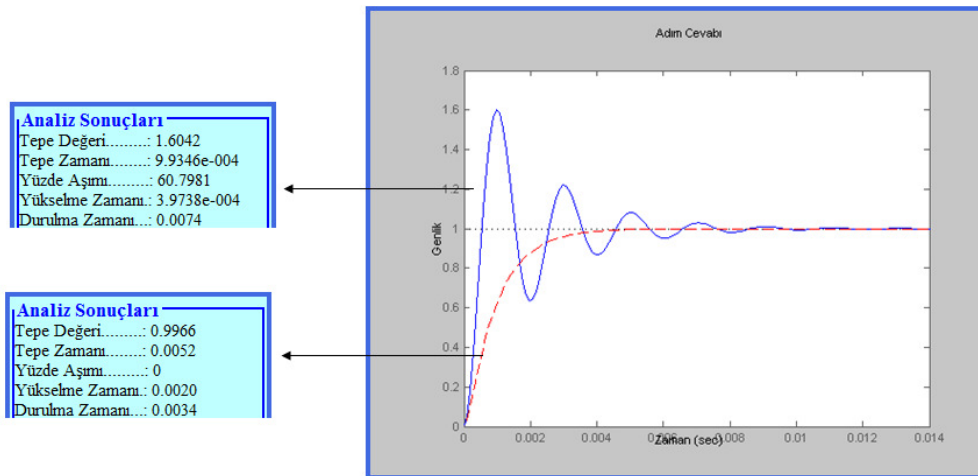


Şekil 3.40. Kök- yer eğrisi karşılaştırma grafiği

Şekil 3.40'ta görüleceği gibi direnç değeri düşürüldükçe kutupların sanal bileşeni yok olmuş ve kutuplar X eksenine oturmuştur. Sistem kararlı bir yapıdadır.

R ve C değerleri arttırıldıkça sistemin kutupları 0'a yaklaşmakta en son Y-eksenine üzerine oturmaktadır. L değeri ise azaldıkça sistemin kutupları 0'a yaklaşmakta en son Y-ekseni üzerine oturmaktadır. Sistem kararlı bir yapıya sahiptir.

- Adım cevabı için çizim yapıldığında elde edilen analiz sonuçları ve grafik Şekil 3.41'de verilmiştir. Yapılan çizimde $R=1000 \Omega$ için çizim rengi mavi, $R=100 \Omega$ için çizim rengi kırmızı ve kesikli olarak belirlenmiştir.

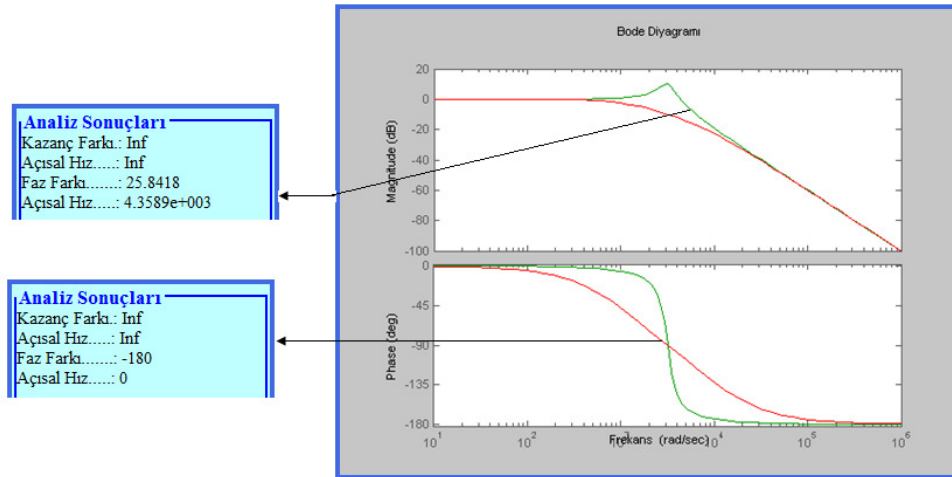


Şekil 3.41. Adım cevabı karşılaştırma grafiği

Sistemde R değeri çok yüksek verildiğinde salınım fazlalaşmakta ve sistem son değere daha geç oturmaktadır. R değeri çok düşük verildiğinde ise sistemin çok daha geç çıkış değerine oturduğu görülmektedir. Buna göre direnç seçimi yapılırken en optimum yoldan çıkış değerine ulaşmayı sağlayan bir değer seçilmelidir. Bu sistem için Şekil 3.41’de görüleceği gibi R değeri 100 alındığında daha çabuk sonuca gidildiği görülmüştür.

C değeri azaltıldıkça sistem daha çabuk çıkış değerine oturmaktadır. L değeri ise azaltıldığında salınım çok fazla artmakta, yükseltildiğinde ise sistem çıkış değerini daha geç yakalamaktadır.

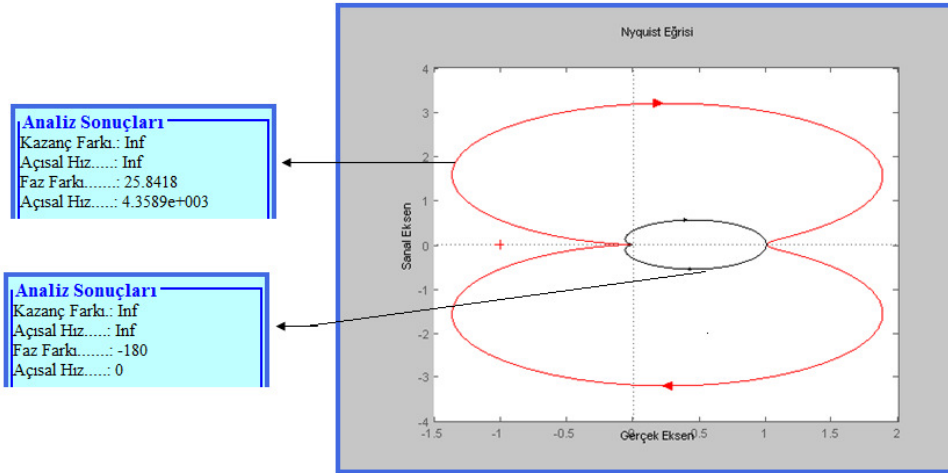
- Bode diyagramları için çizim yapıldığında elde edilen analiz sonuçları ve grafik Şekil 3.42’de verilmiştir. Yapılan çizimde R=1000 Ω için çizim rengi yeşil, R=100 Ω için çizim rengi kırmızı olarak belirlenmiştir.



Şekil 3.42. Bode diyagramları karşılaştırma grafiği

R, L ve C değerleri değiştirildiğinde sistem kararlı halini devam ettirmekte ancak sistem analiz sonuçları farklılaşmaktadır.

- Nyquist eğrileri için çizim yapıldığında elde edilen analiz sonuçları ve grafik Şekil 3.43’te verilmiştir. Yapılan çizimde R=1000 Ω için çizim rengi kırmızı, R=100 Ω için çizim rengi siyah olarak belirlenmiştir.



Şekil 3.43. Nyquist eğrisi karşılaştırma grafiği

R, L ve C değerleri değiştirildiğinde Nyquist eğrisi gerçel eksen -1'den sonra kesmediği için sistem kararlı halini devam ettirmekte ancak sistem analiz sonuçları farklılaşmaktadır.

BÖLÜM 4. SONUÇLAR

Bu tez çalışması kapsamında RLC filtre devreleri kök-yer eğrisi, adım cevabı, Bode diyagramları, Nyquist eğrisi analizlerinin elle, Matlab komutlarıyla ve gerçekleştirilmiş olan web arayüzü üzerinden olmak üzere ayrı ayrı nasıl yapılabilecekleri anlatılmıştır. Görüldüğü gibi elle yapılan analizde oldukça fazla matematiksel işlem bulunmakta dolayısıyla hata yapma riski artmaktadır. Tam olarak hatasız yapılabilirse bile çok zaman alıcı olmaktadır. Bu yolla bir devreye ait analiz saatlerce sürmektedir. Karşılaştırma amacıyla eleman değerlerinden herhangi biri değiştirildiğinde aynı işlemlerin tekrarlanması zorunlu olmaktadır. Bu da bahsedilen analizleri elle gerçekleştirmenin oldukça zor olduğunu göstermektedir. Aynı işlemleri Matlab ortamında yapmak ise Matlab komutlarına hakim olmayı ve Matlab programının kurulu olduğu bir bilgisayara sahip olmayı gerektirmektedir. Bu zorluğu gidermek için analiz yöntemlerini ve Matlab komutlarını hiç bilmeyen bir kişinin bile rahatlıkla kullanabileceği bir web arayüzü gerçekleştirilmiştir. Bu sayede kullanıcılar istediği devre tipi, filtre tipi ve analiz tipini belirleyip, R, L ve C değerlerini girerek çok basit bir şekilde, istediği herhangi bir yer ve herhangi bir bilgisayardan birkaç saniye içerisinde analiz sonuçlarını ve grafiği görüntüleyebilmekte ve istediği sonuçları bilgisayara kaydedebilmektedir. Matlab grafikleri web üzerinde yeni bir teknoloji olan WebFigure bileşeni sayesinde görüntülenmiştir. WebFigure bileşenindeki grafiklere rahatlıkla büyültme ve küçültme işlemi uygulanabilmekte, grafiğe farklı perspektiflerden bakılabilmektedir. Bu da detaylı bir inceleme işlemi sağlamaktadır. Yapılan çalışma bu anlatılan yönleriyle eğitimsel ortamlarda büyük bir kolaylık sağlar.

BÖLÜM 5. TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Gerçekleştirilen web arayüz çalışmasının belirtilen üstünlükleri yanında bir parça da eksikliğinden bahsetmek bu konuda araştırma yapan ya da yapacaklara fikir verme noktasında faydalı olacaktır. Oluşturulan arayüzde Matlabda oluşturulan grafiklerin görüntülenmesi amacıyla WebFigure uygulaması kullanılmıştır. Bilindiği gibi Matlab grafikleri üzerinde fare ile sağ tıkladığında grafiğin o anki değerleri ekrana gelmektedir. Ancak WebFigure uygulaması üzerinde sağ tıkladığında grafiğe ait değerler değil işletim sistemine ait işlem paneli gelmektedir. Buda kullanıcının grafik üzerinde herhangi bir ana ilişkin bilgi almasını engellemektedir.

Sunulan çalışmada hazırlanan web arayüzüne ait grafikler üst üste çizildiğinde hangi grafiğin hangi değerler için çizildiği görülememektedir. Bu durum karışıklığa sebebiyet verebilir. Kullanıcı açısından daha faydalı olması için bu durum yeniden düzenlenebilir. Ayrıca sunulan arayüz çalışması bir dersin içeriğindeki bütün konuları kapsayacak şekilde genişletilebilir.

KAYNAKLAR

- [1] ÇANKAYA, İ., VATANSEVER, F., AKGÜN, D., RLC Filtre Devrelerinin Eğitimine Yönelik Grafikselle Arayüz Tasarımı, 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09), Karabük, Türkiye, 13-15 Mayıs 2009.
- [2] ÖZTÜRK, S. Ş., Genelleştirilmiş Harmonik Denge Metodu İle Doğrusal Olmayan Sistemlerin Analizine Yönelik Bir Arayüz Çalışması, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, 2009.
- [3] KAÇAR, S., BAYILMIŞ, C., ÇANKAYA, İ., ÇAKIROĞLU, M., Kablosuz Algılayıcı Ağlar İçin Matlab Builder Ne ve Matlab Webfigure ile Asp.Net Tabanlı Web Arayüzü Tasarımı, New World Sciences Academy, Vol. 4, No. 4, Article Number: 2A0032, 2009.
- [4] AKGÜN, D., ÇANKAYA, İ., VATANSEVER, F., Doğrusal Olmayan Sistemler İçin Simülatör Tasarımı ve Uygulamaları, 4rd International Advanced Technologies Symposium, Konya, pp. 339-343, September 28-30, 2005.
- [5] SEVGİ, L., Emc Ve Rezonans Devreleri, Doğu Üniversitesi Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü Endüstriyel ve Otomasyon Dergisi, Ekim 2005.
- [6] PASTACI, H., Elektrik ve Elektronik Ölçmeleri, İstanbul, Sayfa: 212, 2000.
- [7] THOMAS, R. E., ROSA, A. J., The Analysis and Design of Linear Circuits, Prentice-Hall, 1998.
- [8] MARTI, İ. B., GÜVEN, M. E., Elektroteknik Cilt: II, Milli Eğitim Basımevi, İstanbul, Sayfa:120-149, 1999.
- [9] <http://haberlesme-deneyleri.com/dersler-filtreler.html>, 04.12.2009.
- [10] http://eng.iiu.edu.my/~ece_lab/eiml/E8_sem2_0506.pdf, 05.12.2009.
- [11] <http://Ee.Lamar.Edu/Eelabs/Elen2107/Lab9.Pdf>, 05.12.2009.
- [12] TAMER, H., SAVAŞ, Y., ERGELEN, Z., Elektronik II, Milli Eğitim Basımevi, 1984.

- [13] ÖZDEMİR, M., Alternatif Akım Devreleri ve Uygulamaları ELMAKİN-TEKYAY Mühendislik Müşavirlik ve Yayıncılık, 2008.
- [14] SANNUTİ, P., PANAYOTATOS, P., Series and Parallel Resonance, The State University of New Jersey Rutgers, School of Engineering Department of Electrical and Computer Engineering, 2004-2005.
- [15] YÜKSEL, İ., Otomatik Kontrol Sistem Dinamiği ve Denetim Sistemleri, Uludağ Üniversitesi Basım Evi, Bursa, 2001.
- [16] NORMAN, S., N., Control Systems Engineering, John Wiley High Education, 2008.
- [17] <http://dergiler.ankara.edu.tr/dergiler/42/448/5024.pdf>, 05.12.2009.
- [18] KUO, B. C., Çeviren ve uyarlayan: Bir, A., Otomatik Kontrol Sistemleri, Literatür Yayıncılık, İstanbul, 1999.
- [19] CYWIAK, M., CASTRO, M., Simple Technique for Root Locus Plotting, Revista Mexicana de Fisica, pp. 556-564, 2002.
- [20] BARMISH, B. R., TEMPO, R., The Robust Root Locus, International Federation of Automatic Control, Vol. 26, No. 2, pp. 283-292, Great Britain, 1990.
- [21] SARIOĞLU, M. K., YÜCEL, A., Dijital Kontrol Sistemleri Çözümlü Problem ve Matlab Uygulamalı, Birsen Yayınevi, 2007.
- [22] AKKOYUNLU, B., “Bilgi Teknolojilerinin Okullarda Kullanımı ve Öğretmenlerin Rolü”, Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, Sayı: 11, Sayfa: 105–109, 1995.
- [23] ALKAN, C., Eğitim Teknolojisi: Kavram, Kapsam, Süreç, Ortam, İşgören, Uygulama, Yargıçoğlu Matbaası, Ankara, 1984.
- [24] ERTÜRK, S., Eğitimde Program Geliştirme, Meteksan Matbaacılık, Ankara, 1993.
- [25] ARSLAN, A., Bilgisayar Destekli Eğitim Yapmaya İlişkin Tutum Ölçeği, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Eğitim Fakültesi Dergisi, Cilt: II, Sayı: II, Sayfa: 24-33, Aralık 2006.
- [26] HANÇER, A. H., YALÇIN, N., Fen Eğitiminde Yapılandırmacı Yaklaşım Dayalı Bilgisayar Destekli Öğrenmenin Bilgisayara Yönelik Tutuma Etkisi, Kastamonu Eğitim Dergisi, Cilt:15, No:2, Sayfa: 549-560, Ekim 2007.
- [27] KAYA, Z., ÖNDER, H. H., İnternet Yoluyla Öğretimde Ergonomi, The Turkish Online Journal of Educational Technology – TOJET ISSN: 1303-6521, Vol. 1, Issue 1, Article 8, October 2002.

- [28] ÇEKBAŞ, Y., YAKAR, H., TILDIRIM B., SAVRAN A., Bilgisayar Destekli Eğitimin Öğrenciler Üzerine Etkisi, The Turkish Online Journal of Educational Technology, TOJET ISSN: 1303-6521, Vol. 2, Issue 4, Article 11, October 2003.
- [29] BÜYÜKBIÇAKÇI, E., BOZ, A. F., Kontrol Sistemlerine Yönelik İnternet Destekli Uzaktan Eğitim Uygulaması, 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09), Karabük, Türkiye, 13-15 Mayıs 2009.
- [30] NAMLU, A. G., Fen Eğitiminde Bilgisayar Destekli İşbirliğine Dayalı Öğrenme Yönteminin Öğrenci Başarısına Etkisi, Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi, 1996.
- [31] <http://ekutup.dpt.gov.tr/plan/plan.asp>, 12.11.2009.
- [32] ALTIN, C., Bilgisayar Destekli Eğitim, Macintosh Dünyası, Ocak 1992.
- [33] DEMİREL, Ö., Planlamadan Değerlendirmeye Öğretme Sanatı, PEGEM Yayıncılık, Ankara, 1999.
- [34] RENSHAW, C. E, TAYLOR, H. A., The educational effectiveness of computer-based instruction. Computers and Geosciences, pp. 677-682, 2000.
- [35] AYDOĞAN, Ü., Bilişim Teknolojileri Temelleri Eğitim İçeriğinin İnteraktif Yöntemlerle Geliştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Bahçeşehir Üniversitesi, İstanbul, 2008.
- [36] KARAPINAR, B., Endüstri Meslek Liselerinde Bilgisayarın Meslek Derslerinde Öğrenci Başarısına Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Beykent Üniversitesi, İstanbul, 2007.
- [37] BÜYÜKBAYRAKTAR, M., Lojik Devre Tasarımının Bilgisayar Destekli Olarak Uygulanmasının Öğrenci Başarısına Etkisi, Sakarya Ünivesitesi, Sakarya, 2006.
- [38] TEKMEN, S., Fizik Dersinde Bilgisayar Destekli Eğitimin Öğrenci Erişisine, Derse Karşı Tutumlarına ve Kalıcılığa Etkisi, Abant İzzet BAYSAL Üniversitesi, Bolu, 2006.
- [39] ARICI, N., YEKTA, M, Mesleki ve Teknik Eğitimde Çoklu Ortam Araçları Kullanılmış Web Tabanlı Öğretimin Öğrenci Başarısına Etkisi, Ticaret ve Turizm Eğitim Fakültesi Dergisi, Sayı: 1, 2005.
- [40] MERCAN, M., FİLİZ, A., GÖÇER, İ., ÖZSOY, N., Bilgisayar Destekli Eğitim ve Bilgisayar Destekli Öğretimin Dünyada ve Türkiye'de Uygulamaları, Akademik Bilişim'09 - XI. Akademik Bilişim Konferansı Bildirileri, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, 11-13 Şubat 2009.

- [41] ALKAN, C., DOĞAN, H., Mesleki ve Teknik Eğitimin Esasları Kavramlar, Gelişmeler, Uygulamalar, Yönelmeler, Gazi Büro Kitabevi, Ankara, 1996.
- [42] <http://egitim.aku.edu.tr/tek.ppt>, 15.12.2009.
- [43] AKPINAR, Y., Bilgisayar Destekli Öğretim ve Uygulamalar, AnıYayıncılık, Ankara, 1999.
- [44] IRMAK, E., E-Öğrenme Ortamları İçin Matlab Web Sunucu Kullanımı, Gazi Üniversitesi Müh. Mim. Fak. Der. Cilt. 23, No. 2, Sayfa. 495-506, 2008.
- [45] KOÇ, S., AYDOĞMUS, Z., A Matlab/Gui Based Fault Simulation Tool for Power System Education, Mathematical and Computational Applications, Vol. 14, No. 3, pp. 207-217, 2009.
- [46] TOSUN, İ., Güç Sistemleri Eğitimi İçin Matlab Gui Tabanlı Bir Yük Akış Simülatörü, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, 2008.
- [47] UZUNOĞLU, M., KIZIL, A., ONAR, Ö. Ç., Her Yönü ile MATLAB, Türkmen Kitabevi, 2. Baskı, İstanbul, 2003.
- [48] Matlab Builder NE 3 User's Guide, The Mathworks Inc., Ekim 2008.
- [49] http://www.mathworks.com/access/helpdesk/help/pdf_doc/dotnetbuilder/dotnetbuilder.pdf, 05.12.2009.
- [50] MARCHAND, P., HOLLAND, O. T., Graphics and GUIs with MATLAB, A CRC Pres Company, Third Edition, New York, pp. 396-502, 2003.
- [51] DEMİRKOL, Z., ASP:NET2, Pusula Yayınevi, İstanbul, 2007.

ÖZGEÇMİŞ

Şengül BAYSAL ÖZTÜRK, 15.06.1981'de Afyon'da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Afyon'da tamamladı. 1998 yılında Afyon Anadolu Ticaret Meslek Lisesinden mezun oldu. Aynı yıl Kocaeli Üniversitesi Bilgisayar Öğretmenliği Bölümüne girdi ve 2003 yılında mezun oldu. 2004 yılında Bayburt Anadolu Kız Meslek ve Kız Meslek Lisesine Bilgisayar Öğretmeni olarak atandı. 2005 yılında İstanbul Bayrampaşa Anadolu Ticaret ve Ticaret Meslek lisesinde göreve başladı ve halen bu görevini sürdürmektedir. Evli ve bir çocuk annesidir.