

T.C.  
FIRAT ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**GÜÇ SİSTEMLERİ EĞİTİMİ İÇİN MATLAB GUI  
TABANLI BİR YÜK AKIŞ SİMÜLATÖRÜ**

İlyas TOSUN

Tez Yöneticisi  
Yrd. Doc. Dr. Selçuk YILDIRIM

YÜKSEK LİSANS TEZİ  
ELEKTRİK EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

ELAZIĞ, 2008

T.C.  
FIRAT ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

# GÜÇ SİSTEMLERİ EĞİTİMİ İÇİN MATLAB GUI TABANLI BİR YÜK AKIŞ SİMÜLATÖRÜ

İlyas TOSUN

Yüksek Lisans Tezi  
Elektrik Eğitimi Anabilim Dalı

Bu tez, ..... tarihinde aşağıda belirtilen jüri tarafından oybirliği /oyçokluğu ile başarılı / başarısız olarak değerlendirilmiştir.

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Selçuk YILDIRIM

Üye : Doc. Dr. İbrahim TÜRKOĞLU

Üye : Yrd. Doc. Dr. Zafer AYDOĞMUŞ

Bu tezin kabulü, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun ...../...../..... tarih ve ..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

## TEŐEKKÜR

Bu tez çalışmasında beni sürekli olarak daha iyisini yapacağıma inandıran ve yardımlarını esirgemeyen değerli hocam ve tez danıőmanım Sayın Yrd.Doç.Dr. Selçuk YILDIRIM'a ve aynı zamanda elektrik mühendisi Harun YALÇIN'a teőekkür ederim.

Bana bu çalışma boyunca sabırla destek olan eőime teőekkür ediyorum.

## İÇİNDEKİLER

<b>1.GİRİŞ</b> .....	1
<b>2. GÜÇ SİSTEMLERİNDE BARA ADMİTANS VE EMPEDANS MATRİSLERİ</b> .....	4
2.1 Bara Admitans ve Empedans Matrisleri.....	4
2.2. $Y_{\text{bara}}$ yapımındaki aşamalar.....	5
<b>3. GAUSS-SEİDEL METODU İLE GÜÇ AKIŞI</b> .....	17
<b>4. MATLAB GUI İLE KULLANICI ARAYÜZÜ TASARLAMA</b> .....	22
4.1 Gui Editörü.....	22
4.2 Gui Editörünün Başlatılması.....	23
4.3 Gui Standart Çubuğu.....	23
4.3.1 Dosya (File) Menüsü.....	23
4.3.2 Düzen (Edit) Menüsü.....	24
4.3.3 Görünüm (View) Menüsü.....	24
4.3.4 Yapı (Layout) Menüsü.....	25
4.3.5 Araçlar (Tools) Menüsü.....	25
4.4 Gui Bileşenlerini Oluşturma Ve Düzenleme.....	26
4.5 Gui Bileşenleri Ve Özellikleri.....	26
4.6 Bileşenlerin Programlanması.....	27
<b>5. GÜÇ SİSTEMLERİ EĞİTİMİ İÇİN MATLAB GUI TABANLI BİR YÜK AKIŞ SİMÜLATÖRÜ</b> .....	31
5.1. Programın Genel Görünümü.....	31
5.2 . İki Baralı Sistem.....	32
5.3.Üç Baralı Sistem.....	34
5.4.Dört Baralı Sistem.....	38
5.5.Beş Baralı Sistem.....	42
5.6.Altı Baralı Sistem.....	46
5.7.Yedi Baralı Sistem.....	51
5.8. Teorik Sonuçlar İle Similatör Sonuçlarının Karşılaştırılması .....	56
<b>6. SONUÇLAR</b> .....	62
<b>KAYNAKLAR</b> .....	63
<b>ÖZGEÇMİŞ</b> .....	64

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. İki uçlunun açık devre ( z ) parametreleri.....	6
Şekil 2.2 İki uçlunun kısa devre ( y ) parametreleri.....	6
Şekil 2.3 Güç sistemini ilişkin empedans diyagramı.....	8
Şekil 2.4 Güç sistemini ilişkin admitans diyagramı.....	9
Şekil 2.5 Güç sistemini ilişkintek hat diyagramı .....	11
Şekil 2.6 Güç sistemini ilişkin empedans diyagramı.....	13
Şekil 2.7. Güç sistemini ilişkin admitans diyagramı.....	14
Şekil 3.1 Üç baralı devre.....	19
Şekil 3.2 Admitans değerlerine dönüştürülmüş üç baralı devre.....	19
Şekil 4.1 Matlab Gui Editörünün genel görünümü.....	22
Şekil 4.2 Dosya (File) Menüsü.....	23
Şekil 4.3 Düzen (Edit) Menüsü.....	24
Şekil 4.4 Görünüm (View) Menüsü.....	24
Şekil 4.5 Yapı (Layout) Menüsü.....	25
Şekil 4.6 Araçlar (Tools) Menüsü.....	25
Şekil 4.7 Grid and Rulers penceresi.....	26
Şekil 4.8 Matlab Gui obje kutusu.....	26
Şekil 4.9 Property Inspector aracının görünümü.....	28
Şekil 5.1 Programın genel görünümü.....	31
Şekil 5.2 İki baralı sisteme ait güç devresi.....	32
Şekil 5.3 İki baralı sisteme veri girişi seçilmesi.....	33
Şekil 5.4 İki baralı sisteme ait yük akış analizinin sonuçları.....	34
Şekil 5.5 Üç baralı sisteme ait güç devresi.....	35
Şekil 5.6 Üç baralı sisteme ait empedans değeri girdi penceresi.....	35
Şekil 5.7 Üç baralı sisteme ait gerilim değeri girdi penceresi.....	35
Şekil 5.8 Üç baralı sisteme ait gerilim açısı değeri girdi penceresi.....	35
Şekil 5.9 Üç baralı sisteme ait Vbaz değeri girdi penceresi.....	36
Şekil 5.10 Üç baralı sisteme ait S güç değeri girdi penceresi.....	36
Şekil 5.11 Üç baralı sisteme ait S güçlerinin açısı değeri girdi penceresi.....	36
Şekil 5.12 Üç baralı sisteme ait Sbaz değeri girdi penceresi.....	36
Şekil 5.13 Üç baralı sisteme ait yük akış analizi sonuçları.....	38
Şekil 5.14 Dört baralı sisteme ait güç devresi .....	38
Şekil 5.15 Dört baralı sisteme ait empedans değeri girdi penceresi.....	39
Şekil 5.16 Dört baralı sisteme ait gerilim değeri girdi penceresi.....	39

<b>Şekil 5.17</b> Dört baralı sisteme ait gerilimin açı değeri girdi penceresi .....	39
<b>Şekil 5.18</b> Dört baralı sisteme ait $V_{baz}$ değeri girdi penceresi.....	39
<b>Şekil 5.19</b> Dört baralı sisteme ait S güç değeri girdi penceresi.....	40
<b>Şekil 5.20</b> Dört baralı sisteme ait S güçlerinin açı değeri girdi penceresi.....	40
<b>Şekil 5.21</b> Dört baralı sisteme ait $S_{baz}$ değeri girdi penceresi.....	40
<b>Şekil 5.22</b> Dört baralı sisteme ait yük akış analizi sonuçları.....	42
<b>Şekil 5.23</b> Beş baralı sisteme ait güç devresi.....	42
<b>Şekil 5.24</b> Beş baralı sisteme ait empedans değeri girdi penceresi.....	43
<b>Şekil 5.25</b> Beş baralı sisteme ait gerilim değeri girdi penceresi.....	43
<b>Şekil 5.26</b> Beş baralı sisteme ait gerilim açı değeri girdi penceresi.....	43
<b>Şekil 5.27</b> Beş baralı sisteme ait $V_{baz}$ değeri girdi penceresi.....	43
<b>Şekil 5.28</b> Beş baralı sisteme ait S güç değeri girdi penceresi.....	44
<b>Şekil 5.29</b> Beş baralı sisteme ait S güçlerinin açı değeri girdi penceresi.....	44
<b>Şekil 5.30</b> Beş baralı sisteme ait $S_{baz}$ değeri girdi penceresi.....	44
<b>Şekil 5.31</b> Beş baralı sisteme ait yük akış analizi sonuçları.....	46
<b>Şekil 5.32</b> Beş baralı sisteme ait güç devresi.....	47
<b>Şekil 5.33</b> Altı baralı sisteme ait empedans değeri girdi penceresi.....	47
<b>Şekil 5.34</b> Altı baralı sisteme ait gerilim değeri girdi penceresi.....	48
<b>Şekil 5.35</b> Altı baralı sisteme ait gerilim açı değeri girdi penceresi.....	48
<b>Şekil 5.36</b> Beş baralı sisteme ait $V_{baz}$ değeri girdi penceresi.....	48
<b>Şekil 5.37</b> Altı baralı sisteme ait S güç değeri girdi penceresi.....	48
<b>Şekil 5.38</b> Altı baralı sisteme ait S güçlerinin açı değeri girdi penceresi.....	49
<b>Şekil 5.39</b> Altı baralı sisteme ait $S_{baz}$ değeri girdi penceresi.....	49
<b>Şekil 5.40</b> Altı baralı sisteme ait yük akış analizi sonuçları.....	51
<b>Şekil 5.41</b> Yedi baralı sisteme ait güç devresi.....	51
<b>Şekil 5.42</b> Yedi baralı sisteme ait empedans değeri girdi penceresi.....	52
<b>Şekil 5.43</b> Yedi baralı sisteme ait gerilim değeri girdi penceresi.....	52
<b>Şekil 5.44</b> Yedi baralı sisteme ait gerilim açı değeri girdi penceresi.....	53
<b>Şekil 5.45</b> Yedi baralı sisteme ait $V_{baz}$ değeri girdi penceresi.....	53
<b>Şekil 5.46</b> Yedi baralı sisteme ait S güç değeri girdi penceresi.....	53
<b>Şekil 5.47</b> Yedi baralı sisteme ait S güçlerinin açı değeri girdi penceresi.....	54
<b>Şekil 5.48</b> Yedi baralı sisteme ait $S_{baz}$ değeri girdi penceresi.....	54
<b>Şekil 5.49</b> Yedi baralı sisteme ait yük akış analizi sonuçları.....	56
<b>Şekil 5.50</b> Üç baralı sisteme ait empedans devresi.....	57
<b>Şekil 5.51</b> Üç baralı sisteme ait admitans devresi.....	57

<b>Şekil 5.52</b> Üç baralı sisteme ait empedans değeri girdi penceresi.....	59
<b>Şekil 5.53</b> Üç baralı sisteme ait gerilim değeri girdi penceresi.....	59
<b>Şekil 5.54</b> Üç baralı sisteme ait $V_{baz}$ değeri girdi penceresi.....	59
<b>Şekil 5.55</b> Üç baralı sisteme ait $S$ güç değeri girdi penceresi.....	59
<b>Şekil 5.56</b> Üç baralı sisteme ait $S_{baz}$ değeri girdi penceresi.....	60
<b>Şekil 5.57</b> Üç baralı sisteme ait sonuç penceresi.....	61

## SİMGELER LİSTESİ

I	: Akım (A).
V	: Gerilim (V)
R	: Direnç ( $\Omega$ ).
Y	: Admitans ( $1/\Omega$ ).
P	: Aktif Güç (W).
Q	: Reaktif Güç (VAR)
S	: Görünür Güç (VA)

## TABLolar LİSTESİ

<b>Tablo 2.1.</b> Transformatör ve iletim hattı verileri.....	12
<b>Tablo 3.1</b> İterasyon tablosu.....	20
<b>Tablo 5.1</b> İterasyon tablosu.....	58

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### GÜÇ SİSTEMLERİ EĞİTİMİ İÇİN MATLAB GUI TABANLI BİR YÜK AKIŞ SİMÜLATÖRÜ

İlyas TOSUN

Fırat Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Elektrik Eğitimi Anabilim Dalı

2008, Sayfa: 64

Bu tez çalışmasında “Güç Sistemleri Analizi” eğitiminde kullanılmak üzere MATLAB GUI tabanlı bir eğitim simülatörü hazırlanmıştır. Bu simülatörde, bara empedans ve bara admitans matrisleri yardımıyla yük akış analizleri yapılmıştır.

Bu çalışmada, MATLAB paket programı içerisinde bulunan GUI editörü kullanılmıştır. Öncelikle programın arayüzü geliştirilmiştir. Bu arayüz sayesinde, program menüsünde örnek olarak tanımlanmış çeşitli güç sistemi modellerine kullanıcılar kolaylıkla değişken atayabilmektedir.

Uygulamalarda, çok baralı örnek güç sistemlerinin tek hat diyagramları kullanılmıştır. Güç sistemine ilişkin parametreler girildikten sonra, program tarafından bu değerlere bağlı olarak sistemin bara admitans ve bara empedans matrisleri oluşturulmuştur. Daha sonra bu matrisler kullanılarak, sistemin istenilen noktasındaki akım, gerilim ve güç değerleri Gauss-Seidel yöntemiyle hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar, sayısal ve grafiksel olarak gösterilmiştir.

**Anahtar Kelimeler** : Bara admitans matrisi, Bara empedans matrisi, Gui Editörü, Gauss-Seidel Metodu

## **ABSTRACT**

Master Thesis

### **A MATLAB GUI Based Load Flow Simulator For Teaching Power Systems**

**İlyas TOSUN**

Firat University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Electrical Education

2008, Page : 64

In this thesis it is aimed to prepare a MATLAB based training Simulator to be used in teaching Power Systems analysis. In this Simulator, load flow analyses were studied through bus admittance and bus empedance matrices.

In this study the GUI editör, which is in the MATLAB packet program, were used. Firstly, an interface has been developed. By the help of this interface users could assign many variables for differend power system models which were defined as samples in the program menu.

In the application, per unit diagrams of the multi-bused model power systems were used. After power system parameters were entered, the programmer builds bus admittance and bus empedance of the system based on the parameters entered .Then using these matrices, current, vantage, power values were calculated through Gauss-Seidel method in any point of the system.

**Keywords:** Bus admittance matrices, Bus empedance matrices, Gui, Gauss-Seidel Method

## 1. GİRİŞ

Elektrik enerjisi tüketimi, teknolojideki gelişmeler ve nüfus artışına bağlı olarak gün geçtikçe artmaktadır. Üretim merkezleri ile tüketim merkezleri arasındaki uzaklıkların fazla olması, uzun iletim hatları yüksek gerilim kullanılmasını zorunlu kılmaktadır. Bir güç sisteminin planlaması işletimi ve kontrolünde, matematiksel modelinin kurulması, bara admitans ve empedans matrisleri oldukça önemli yer tutar.

Güç analiz problemlerinin bilgisayarda çözümü 1950'li yıllarda başlamıştır. Bu tarihte bilgisayarlarda yük akış analizi ile uygulamalar yapılması güç sistemleri adına büyük faydalar sağlamıştır.

1960'lı yıllarda programdaki hassasiyet, uygulama metotları ve iletim sistemlerindeki problemler hızlı bir şekilde ilerlemiştir. Oldukça basit modeller ve problemler parçalara ayrılarak kolayca çözümlenebiliyordu. Bu yıllarda yük akış analizinde önemli gelişmeler sağlanmıştır. Günün bilgisayarları, Gaus-Seidel metodu gibi yöntemler sayesinde büyük sistemler üzerinde çalışma yapmayı mümkün kılmıştır.

1970'li yıllarda temel güç akışı ve dinamik simülasyon metotları daha hızlı bir şekilde gelişmiştir. Aynı zamanda, bilgisayar performansı hızla gelişerek mühendislik uygulamalarından daha küçük bilgisayarlar, daha çok kullanılabilir hale gelmiştir. Ticari yazılımlarla birlikte analitik metotlar daha geniş bir alanda kullanılmaya başlanmıştır.

1980'li yıllarda araştırmaların uzun konusu olan yeni metotlar, güç sistemleri analizi için pratik yöntemler olarak ortaya çıkmıştır. Gün geçtikçe daha modern bilgisayarlar yapılarak bu modern bilgisayarların gücüyle, algoritmik ve matematiğe ait birçok problem kolaylıkla çözüm bulmuştur ( Mitsche,1993).

Günümüze kadar eğitim ve ticari amaçlı birçok yük akış simülasyonu programları hazırlanmıştır.

Gözel (2004), tarafından yapılan bir çalışmada güç sistemleri derslerinde kullanılmak amacıyla yük akış analizi yapan grafik kullanıcı arabirimine sahip bir program, geliştirilmiş ve anlatılmıştır. Geliştirilen program; 1971'de IEEE çalışma grubu tarafından standardize edilmiş IEEE genel veri formatına ve Power Tech. Inc.(PTI) yük akışı veri formatı ile çalışan yük akış hesaplama programlarına veri gönderip alabilmektedir.

1990'lı yıllarda gelişmeye başlayan görsel işletim sistemleri ile birlikte uygulama programlarında standart kullanıcı arabirimi oluşmaya başlamıştır(Gözel, 2004).

Yazar (1995), yaptığı yüksek lisans tez çalışmasında bir güç sistemi şebekesinin nesneye dayalı modelini oluşturmuş ve bir yük akış analizi ile basit bir grafik kullanıcı arayüzü oluşturmuştur. Bu kullanıcı arayüzü, daha sonra esnek ve ortamdaki bağımsız olarak kullanım imkanı sağlamıştır.

Pata (1997), hazırladığı yüksek lisans tezinde, tasarım aşamasında nesneye yönelik teknoloji kullanıldığında, analiz aşamasındaki nesnelere gerekli eklemelerle tasarım aşamasında doğrudan kullanılabilmesini göstermiştir. Tezinde esnek bir grafik arayüzü olan, yeni elemanların eklenmesinin kolay olduğu bir güç sistemi şematik programı tasarlamıştır.

Mevcut sistemlerin en iyi şekilde işletilmesi ve gelecekte sistemlerdeki gelişmelerin planlanması yönünden güç sistemlerinin analizinde yük akışı çok önemlidir. Yük akışı analizi, çok baralı bir güç sisteminde değişik yükleme şartları altında hatların aktif ve reaktif güçlerini, baraların gerilimini ve hatlardan akacak akımları belirlemeyi amaçlar. Bunun için bara sayısı kadar lineer olmayan cebirsel denklem çözümü gerekir. Güç sistemlerinde gerilim ve akım değerlerini, volt ve amper biriminde almak yerine per-unit yani birim değer olarak almak birçok kolaylık sağlar (Yalçınöz vd., 2004).

Bu tez çalışmasında, bara empedans ve bara admitans matrisleri kullanılarak, yük akış analizleri için MATLAB GUI editörü tabanlı eğitim amaçlı görsel bir program yapısı oluşturulacaktır. Böylece yük akış analizleri, kullanışlı arayüzler yardımıyla kolaylıkla yapılabilecektir.

Bu tez çalışmasında, güç sistemleri eğitimi için iki baralı, üç baralı, dört baralı, beş baralı, altı baralı, yedi baralı olmak üzere sistem modelleri üzerinde çalışılmıştır. Bu sistem modellerine ait akım, gerilim ve güç değerlerinin bulunması için MATLAB GUI tabanlı bir yük akış simülasyonu geliştirilmiştir.

Bu simülasyon, MATLAB içinde bulunan GUI editörü ile programlanmıştır. Öncelikle programın arayüzü geliştirilmiştir.

Güç sistemleri eğitimi için Matlab Gui tabanlı bu yük akış simülasyonu, kullanıcı açısından rahat bir arayüze sahiptir. Bu arayüz sayesinde kullanıcılar değişkenleri rahatlıkla probleme atayabilmektedirler.

Güç sistemleri eğitimi için Matlab Gui tabanlı yük akış simülasyonunun en büyük avantajı, aynı pencere üzerinde bütün işlemlerin görüntülenmesidir. Problemin çözümünden sonraki analiz sonuçları ekranda görüntülenmektedir.

Güç sistemlerinde yük akışının bulunması amacıyla tasarlanan bu program, bu alanda çalışan, eğitim gören kişiler için büyük bir kolaylık sağlayacaktır. Grafikselleştirilmiş bir arayüze sahip olan bu simülasyon programı kullanışlı algoritması ile çok hızlı işlem yapmaktadır.

Kullanıcı, hazırlanan programda iki baralı, üç baralı, dört baralı, beş baralı, altı baralı, yedi baralı sistemleri aynı anda ekranda görebilecektir. Güç sistemleri eğitimi için hazırlanan programda kullanıcı istediği sistem modelini kullanarak hesaplama yapabilecektir.

Güç sistemleri eğitimi için hazırlanan programda, sistem modeli altındaki butonlara basılarak sisteme veri girişi yapılacaktır. Veri girişleri yapıldıktan sonra sistem modelinin altında hesaplama butonuna basarak sistem modelinin yük akışı analizi yapılacaktır.

Simülasyonun hazırlanacağı ortam olan MATLAB GUI (Matlab grafiksel kullanıcı arayüzü), grafik tabanlı uygulamaların son kullanıcıya interaktif olarak hitap etmesini sağlayan bir platformdur. Kullanıcı, ele alınan yük akış analizleri için sisteme ait verileri, programın editöründe çeşitli pencereler aracılığıyla kolaylıkla girebilecektir

Bu amaçla hazırlanan tez aşağıdaki bölümlerden oluşmuştur:

İkinci bölümde, güç sistemlerinde bara admitans ve empedans matrislerinin elde edilmesindeki aşamalar incelenmiştir.

Üçüncü bölümde, Gauss-Seidel metodu ile yük akış problemlerinin sayısal çözümü yapılmıştır.

Dördüncü bölümde, Matlab Gui yardımıyla kullanıcı arayüzü tasarlama ile ilgili kavramlar açıklanmıştır.

Son bölümde ise, güç sistemleri eğitimi için geliştirilen Matlab Gui tabanlı yük akış simülasyonu tanıtılarak programın çalıştırılması, her sistem modeli için ayrı ayrı veri girişleri ile hesaplamaları ve bu hesaplamalar sonucunda elde edilen akım, gerilim, güç değerleri gösterilmiştir.

## 2. GÜÇ SİSTEMLERİNDE BARA ADMİTANS VE EMPEDANS MATRİSLERİ

Bir güç sisteminin sağlıklı, kesintisiz, temiz olarak kurulması ve işletilmesi için bir seri çalışmanın yapılması gereklidir. Bu çalışmalar planlama sırasında yapılması gerektiği gibi işletim esnasında da, sistemin değişen durumlardaki davranışını anlamak için gerçekleştirilmelidir. Bu çalışmalar başlıca şu şekilde sıralanabilir: Yük akışı, arızalı durum, koruma, topraklama, kararlılık, geçici rejimler, izolasyon, koordinasyon, ekonomik yük dağılımı, güç kalitesi, elektromagnetik uyumluluk.

Bu çalışmalardan en önemlilerden biri yük akışıdır. Normal şartlar altında güç sistemlerinin sürekli hal durumunda çalışmaları kabul edilir. Yük akış hesaplamaları çalışma şartlarının belirlenmesi ve sistemin durumunun anlaşılması için gerçekleştirilir. Sistemin olası uzun ve orta dönemli değişikliklere mukavim olup olmadığı öngörülen yük değişimlerine göre yapılacak yeni yük akışı hesaplamalarıyla belirlenir (Gözel, 2002).

Yük akış analizi; her bir baranın aktif, reaktif gücü, gerilim büyüklüğü ve faz açısı ile ilgilidir. Yük akış hesaplamalarında (salınım, gerilim kontrolü ve yük barası olarak) baraların tipi belirlenir. Güç sisteminde salınım barası denilen bir referans barası seçilir. Bu referans bara, genellikle, gerilimi az değişen ve diğer baralara eşit uzaklıkta olan sistemin elektrikli olarak merkezindeki bir bara seçilir. Bu barada gerilim büyüklüğü ve faz açısı sabit tutulur, sistemin güç kaybı salınım barasından sağlanır. Gerilim kontrollü barada üretilen gerilim büyüklüğü ve aktif güç belirlidir. Makinelerin karakteristiğine göre bu tip baralarda reaktif güç limiti de belirlenebilir. Bu tip baralara PV barası da denir. Yük barasında , güç  $P \pm jQ$  sabittir ve PQ barası olarak da isimlendirilir (Gözel, 2002).

### 2.1. Bara Admitans ve Empedans Matrisleri

Bara admitans matrisi gösterimi, birbirine bağlı şebekelerin düğümlerine uygulanan akımlar, düğümlerdeki gerilimler ve admitanslarla alakalıdır. Bara admitans matrisi; çeşitli şebeke bileşenlerinin elektrikselsel davranışını karakterize eden bir basit gösterim olarak oluşturulur.

Şebeke bileşenlerinin basit izahından bara admitans matrisi belirlemek için kolay elde edilen bir yaklaşım sağlanır. Bu yaklaşım için, analitik temel graf teorisi içinde kendi altyapısı ve şebekelerin multiport (çok girişli) gösterimi kullanılır.

Fizikselsel güç sistemi içindeki her bara veya her düğüm noktası en fazla üç veya beş barayla bağlantılıdır. Bara admitans matrisinin bu durumu seyreklik olarak bilinir.

Matrisin bu özelliği tanınması ve onu dağıtmak için sayısal yöntemlerin gelişmesi, güç sisteminin bilgisayarlı analizini kolaylaştırmıştır.

Birbirine bağılı şebekelerin her faz gösterimi bara admitans matrisi kullanılarak geliştirilecektir. Bu gösterimin gelişiminde referans noktası olarak nötr alınır. Bütün düğüm veya baradan geçen akımları düğüm veya bara gerilimleriyle izah edilecektir.

Güç sistemlerinde bara admitans matrisleri, düğüm admitans denklemlerinden hareketle çıkarılır. Bara empedans matrisleri, güç sistemi gözlü ise çevre denklemlerinden çıkarılır.

Düğümünden geçen akımlarla ve düğüm gerilimleri arasındaki bağlantı aşağıdaki denklem ile tanımlanır.

$$I = Y_{\text{bara}} \cdot V \quad (2.1)$$

Burada,

$I$  = Düğümünden geçen akım

$Y_{\text{bara}}$  = Bara admitans matrisi

$V$  = Düğüm gerilimi

Birbirine bağılı şebekelerin her bir bileşke elementi bir dal olarak adlandırılır. Bu modelde dal empedansı  $Z$ , dal admitansı  $Y$  olarak gösterilecektir. Dal empedansı  $Z$  aynı zamanda basit empedans olarak nitelendirilebilir. Dal admitansı  $Y$  aynı zamanda basit admitans olarak nitelendirilebilir.

## 2.2. $Y_{\text{bara}}$ Yapımındaki Aşamalar

Bara admitans matrisi aşağıdaki özelliklere sahiptir.

- $Y_{\text{bara}}$  simetriktir.
- Self admitans (köşegen terimler),  $i$ 'nci düğümüyle ilgili bütün bileşenlerin basit admitansının toplamına eşittir.
- $Y_{ij}$ ,  $Y_{\text{bara}}$ 'ın  $ij$ 'inci elementi,  $i$  ve  $j$  düğümüyle bağımlı bütün bileşenlerin basit admitansların negatifine eşittir.

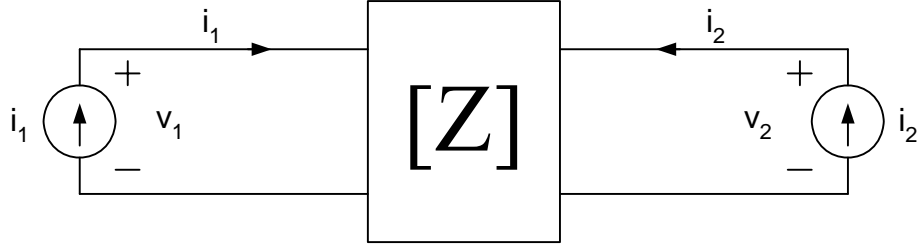
Birbirine bağılı güç sistemlerinin şebeke modelinin oluşturulması için yapılması gerekenler şunlardır.

- Düğümler, baraları temsil eder.
- Dallar, iletim hattını ve transformatörleri temsil eder.
- Devreye verilmiş akımlar generatör ve yüklerden akar.

$N$  düğümlü şebeke güncelleştirilebilir,  $N$  düğümlü şebekeye ait bara admitans matrisi aşağıdaki gibidir.

$$Y_{\text{bara}} = \begin{bmatrix} Y_{11} & Y_{12} & \dots & Y_{1N} \\ Y_{21} & Y_{22} & \dots & Y_{2N} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ Y_{N1} & Y_{N2} & \dots & Y_{NN} \end{bmatrix} \quad (2.2)$$

Bu matris bara admitans matrisi olarak adlandırılır.

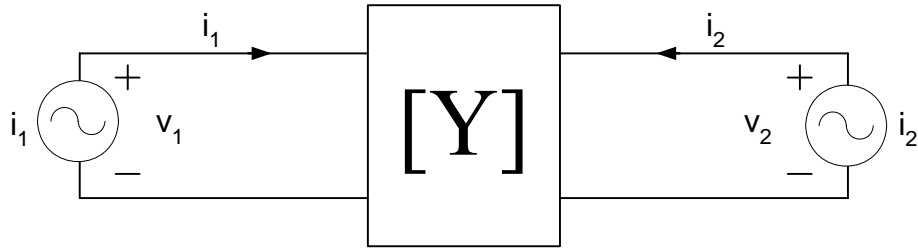


Şekil 2.1 İki uçlunun açık devre ( z ) parametreleri

Şekil 2.1’de iki kapılının kapılarına bağlanan bağımsız akım kaynakları ile uyarıldığında denk. (2.3) ile ifade edilen bağıntı elde edilir. Bu bağıntıdaki matrisler köşegen matrislerdir.

$$\begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_{11} & Z_{12} \\ Z_{21} & Z_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} \quad (2.3)$$

Bu bağıntıya giren  $Z_{ij}$  parametrelerine açık devre parametreleri denir. İki kapılı devre uçlarına bağlanan gerilim kaynakları ile uyarıldığında denk.(2.4) ile verilen bağıntı elde edilir.



Şekil 2.2 İki uçlunun kısa devre ( y ) parametreleri

Şekil 2.2’deki parametreler matris formunda yazılırsa,

$$\begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y_{11} & Y_{12} \\ Y_{21} & Y_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \end{bmatrix} \quad (2.4)$$

olarak bulunur. Bu matrisler köşegen matrislerdir. Bara admitans matrisi çıkarıldıktan sonra bu matrisin tersi alınarak da bara empedans matrisine geçilebilir.

$$Z_{\text{bara}} = \frac{1}{Y_{\text{bara}}} \quad (2.5)$$

olarak ifade edilir. Bara gerilimlerinin değeri,

$$V_{\text{bara}} = Z_{\text{bara}} * I_{\text{bara}} \quad (2.6)$$

olarak yazılır. Pu (per-unit) değerinden gerçek değere geçmek için,

$$V_{\text{gercek}} = V_{\text{baz}} * V_{\text{pu}} \quad (2.7)$$

formülünden yararlanılır.

Üç bağımsız düğümü olan bir şebeke için,

$$Y_{\text{bara}} = \begin{bmatrix} Y_{11} & Y_{12} & Y_{13} \\ Y_{21} & Y_{22} & Y_{23} \\ Y_{31} & Y_{32} & Y_{33} \end{bmatrix} \quad (2.8)$$

Bara admitans matrisinin inversi bara empedans matrisi olarak adlandırılır ve  $Z_{\text{bara}}$  olarak tanınır.

Buna göre,

$$Z_{\text{bara}} = Y_{\text{bara}}^{-1} \quad (2.9)$$

yazılır ve üç bağımsız düğümlü bir şebeke için,

$$Z_{\text{bara}} = \begin{bmatrix} Z_{11} & Z_{12} & Z_{13} \\ Z_{21} & Z_{22} & Z_{23} \\ Z_{31} & Z_{32} & Z_{33} \end{bmatrix} \quad (2.10)$$

Elde edilir.  $Y_{\text{bara}}$  köşegen göre simetrik olduğundan aynı şekilde  $Z_{\text{bara}}$  da simetrik olur.

$Y_{\text{bara}}$  ve  $Z_{\text{bara}}$  arasındaki yakın bir bağıntı olması nedeni ile bu iki matrisin admitans ve empedansları için büyük harfler kullanılmış ve bu suretle küçük harflerle gösterilen çevre empedanslarından ayrılmıştır.  $Z_{\text{bara}}$ 'yı elde etmek için bara admitans matrisinin hesaplanmasına gerek yoktur.  $Z_{\text{bara}}$  hesapladıktan sonra  $Z_{\text{bara}}$ 'nın tersi alınarak  $Y_{\text{bara}}$  hesaplanabilir. Matristeki değişik empedansların fiziksel manalarını anlamak için, bunların düğüm admitansları ile karşılaştırıldığında incelemeye düğüm denklemlerinden aşağıdaki gibi gösterilerek başlanabilir (Çakır, 1986).

$$I = Y_{\text{bara}} \cdot V \quad (2.11)$$

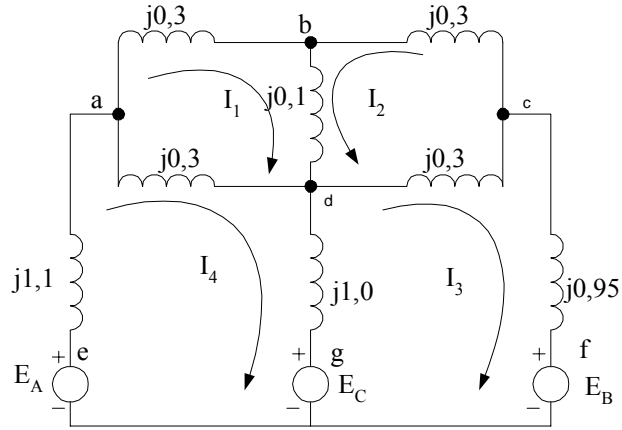
Üç bağımsız düğümde meydana gelen bir şebekenin 2. düğümünde,

$$I_2 = Y_{21} V_1 + Y_{22} V_2 + Y_{23} V_3 \quad (2.12)$$

1 ve 3 düğümleri referans düğümlerine kısa devre edilerek  $V_1, V_3$  sıfıra düşürülür ve  $I_2$  akımı 2 düğümüne enjekte edilirse, 2 düğümün self admitansı:

$$Y_{22} = \frac{I_2}{V_2} \quad v_1 = v_3 = 0 \quad (2.13)$$

### Örnek 2.1



Şekil 2.3. Güç sistemini ilişkin empedans diyagramı

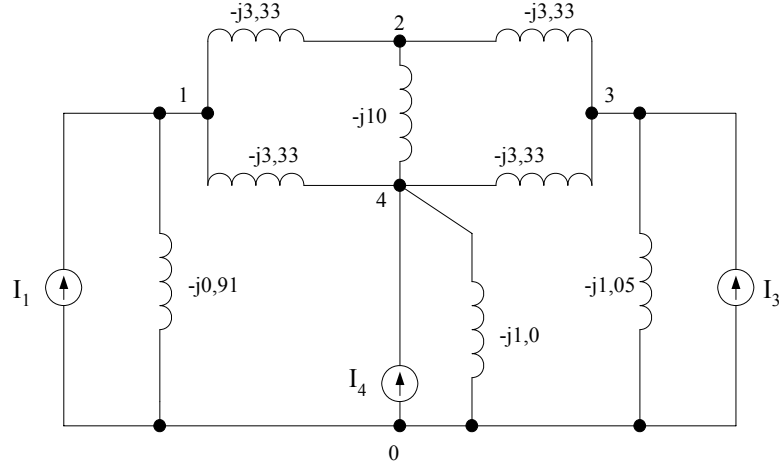
$$E_A = 1,5 \angle 0^\circ \quad (\text{p.u})$$

$$E_B = 1,5 \angle 15^\circ \quad (\text{p.u})$$

$$E_C = 1,5 \angle -36,9^\circ \quad (\text{p.u})$$

### Çözüm 2.1

Devredeki gerilim kaynakları eşdeğer akım kaynakları ile değiştirildiğinde aşağıdaki devre elde edilir.



**Şekil 2.4.** Güç sistemine ilişkin admitans diyagramı

(Devrede gösterilen değerler per-unit cinsinden değerlerdir.)

Şekil 2.4'deki devrede  $I_1$ ,  $I_3$ ,  $I_4$  kaynak akımları Şekil 2.3'den aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$I_1 = \frac{E_A}{Z_{ae}} = \frac{1,5 \angle 0^0}{j1,1} = 1,36 \angle -90^0 = 0 - j1,36 \quad (\text{p.u}) \quad (2.14)$$

$$I_3 = \frac{E_B}{Z_{cf}} = \frac{1,5 \angle 15^0}{j0,95} = 1,58 \angle -75^0 = 0,41 - j1,52 \quad (\text{p.u}) \quad (2.15)$$

$$I_4 = \frac{E_C}{Z_{gd}} = \frac{1,5 \angle -36,9^0}{j1,0} = 1,5 \angle -126,9^0 = 0,9 - j1,2 \quad (\text{p.u}) \quad (2.16)$$

Per-unit cinsinden self admitanslar,

$$Y_{11} = -j0,91 - j3,33 - j3,33 = -j7,57 \quad (2.17)$$

$$Y_{22} = -j10,0 - j3,33 - j3,33 = -j16,66 \quad (2.18)$$

$$Y_{33} = -j1,05 - j3,33 - j3,33 = -j7,71 \quad (2.19)$$

$$Y_{44} = -j1,0 - j3,33 - j3,33 - j10,0 = -j17,66 \quad (2.20)$$

Per-unit cinsinden karşılıklı admitanslar,

$$Y_{12} = Y_{21} = +j3,33 \quad (2.21)$$

$$Y_{13} = Y_{31} = 0 \quad (2.22)$$

$$Y_{14} = Y_{41} = +j3,33 \quad (2.23)$$

$$Y_{23} = Y_{32} = +j3,33 \quad (2.24)$$

$$Y_{24} = Y_{42} = +j10,0 \quad (2.25)$$

$$Y_{34} = Y_{43} = +j3,33 \quad (2.26)$$

Dört bağımsız düğüm için standart formda devrenin düğüm denklemleri aşağıdaki gibidir.

$$I_1 = Y_{11}V_1 + Y_{12}V_2 + Y_{13}V_3 + Y_{14}V_4 \quad (2.27)$$

$$I_2 = Y_{21}V_1 + Y_{22}V_2 + Y_{23}V_3 + Y_{24}V_4 \quad (2.28)$$

$$I_3 = Y_{31}V_1 + Y_{32}V_2 + Y_{33}V_3 + Y_{34}V_4 \quad (2.29)$$

$$I_4 = Y_{41}V_1 + Y_{42}V_2 + Y_{43}V_3 + Y_{44}V_4 \quad (2.30)$$

Admitans ve akım değerleri yerlerine yazılırsa,

$$-j1,36 = -j7,57V_1 + j3,33V_2 + 0 + j3,33V_4 \quad (2.31)$$

$$0 = j3,33V_1 - j16,66V_2 + j3,33V_3 + j10,0V_4 \quad (2.32)$$

$$0,41 - j1,52 = 0 + j3,33V_2 - j7,71V_3 + j3,33V_4 \quad (2.33)$$

$$-0,9 - j1,2 = j3,33V_1 - j10,0V_2 + j3,33V_3 - j17,66V_4 \quad (2.34)$$

denk. (2.11)'den hareketle ( $I = Y \cdot V$ ) matris formda aşağıdaki gibi yazılır:

$$\begin{bmatrix} 0 - j1,36 \\ 0 + j0 \\ 0,41 - j1,52 \\ -0,9 - j1,2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -j7,57 & j3,33 & 0,0 & j3,33 \\ j3,33 & -j16,66 & j3,33 & j10,0 \\ 0,0 & j3,33 & -j7,71 & j3,33 \\ j3,33 & j10,0 & j3,33 & -j17,66 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \\ V_4 \end{bmatrix} \quad (2.35)$$

Yukarıdaki kare matris, bara admitans matrisi  $Y_{\text{bara}}$  olarak tanınır. Denklemin her iki tarafı sağdan admitans matrisinin tersi ile çarpılırsa aşağıdaki sonuç elde edilir.

$$\begin{bmatrix} j0,420 & j0,333 & j0,282 & j0,322 \\ j0,333 & j0,620 & j0,327 & j0,352 \\ j0,282 & j0,327 & j0,406 & j0,314 \\ j0,322 & j0,352 & j0,314 & j0,377 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 - j1,36 \\ 0 + j0 \\ 0,41 - j1,52 \\ -0,9 - j1,2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \\ V_4 \end{bmatrix} \quad (2.36)$$

Yukarıdaki, kare matris, bara empedans matrisi  $Z_{\text{bara}}$  olarak adlandırılır. Sol taraftaki matris çarpımı yapılırsa,

$$\begin{bmatrix} 1,385 - j0,174 \\ 1,370 - j0,182 \\ 1,377 - j0,115 \\ 1,370 - j0,211 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \\ V_4 \end{bmatrix} \quad (2.37)$$

elde edilir. Buradan da düğüm gerilimleri

$$V_1 = 1,385 - j0,174 = 1,39 \angle -7,15^\circ \text{ pu} \quad (2.38)$$

$$V_2 = 1,370 - j0,182 = 1,39 \angle -7,57^\circ \text{ pu} \quad (2.39)$$

$$V_3 = 1,377 - j0,115 = 1,38 \angle -4,78^\circ \text{ pu} \quad (2.40)$$

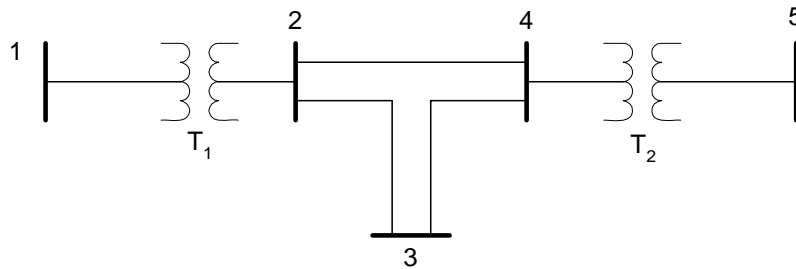
$$V_4 = 1,370 - j0,211 = 1,39 \angle -8,75^\circ \text{ pu} \quad (2.41)$$

olarak yazılır.

## Örnek 2.2

Şekil 2.5’de gösterilen 5 baralı sistem üzerinde çalışılacaktır.

Hat ve transformatör verileri için parametreler Tablo 2.1’de gösterilmiştir. Tablo, dallarla birleştirilmiş bara numaralarını sağlayan şebeke topolojisiyle alakalı bilgi sağlar. Buna ek olarak tablo, uygun olarak seçilmiş kısmındaki p.u ‘da her hat için seri empedansı verilmiş sistem için bara admitans matrisine karar verilir.



Şekil 2.5 Güç sistemine ilişkin tek hat diyagramı

**Tablo 2.1** Transformatör ve iletim hattı verileri

Bara	Bara	R(p.u)	X(p.u)
1	2	0.004	0.0533
2	3	0.02	0.25
3	4	0.02	0.25
2	4	0.01	0.15
4	5	0.006	0.08

**Çözüm 2.2**

Π eşdeğer modeli kullanarak her iletim hattı model alınır.  $Y_{\text{bara}}$ 'yı toplamadan daha önce her dalın basit admitansı hesaplanır. Bütün admitanslar per-unit cinsindedir.

$$y_{12} = \frac{1}{0.004 + j0.0533} = 1.400 - j18.657 \quad (2.42)$$

$$y_{23} = \frac{1}{0.02 + j0.25} = 0.318 - j3.975 \quad (2.43)$$

$$y_{34} = y_{23} = 0.318 - j3.975 \quad (2.44)$$

$$y_{24} = \frac{1}{0.01 + j0.15} = 0.442 - j6.637 \quad (2.45)$$

$$y_{45} = \frac{1}{0.006 + j0.08} = 0.932 - j12.43 \quad (2.46)$$

Basit admitansları hesapladıktan sonra  $Y_{\text{bara}}$  elementlerini toplamaya başlanabilir.

$$Y_{11} = Y_{12} = 1.400 - j18.657 \quad (2.47)$$

$$Y_{12} = Y_{21} = -Y_{12} = -1.400 + j18.657 \quad (2.48)$$

$$Y_{13} = Y_{14} = Y_{15} = Y_{31} = Y_{41} = Y_{51} = 0 \quad (2.49)$$

$$Y_{22} = y_{12} + y_{23} + y_{24} \quad (2.50)$$

$$Y_{22} = 1.400 - j18.657 + 0.318 - j3.975 + 0.442 - j6.637 = 2.16 - j29.269$$

$$Y_{23} = Y_{32} = -Y_{23} = -0.318 + j3.975 \quad (2.51)$$

$$Y_{24} = Y_{42} = -Y_{24} = -0.442 + j6.637 \quad (2.52)$$

$$Y_{25} = Y_{52} = 0 \quad (2.53)$$

$$Y_{33} = y_{23} + y_{34} \quad (2.54)$$

$$Y_{33} = 0.318 - j3.975 + 0.318 - j3.975 = 0.636 - j7.95$$

$$Y_{34} = Y_{43} = -Y_{34} = -0.318 + j3.975 \quad (2.55)$$

$$Y_{35} = Y_{53} = 0 \quad (2.56)$$

$$Y_{44} = y_{24} + y_{34} + y_{45}$$

$$Y_{44} = 0.442 - j6.637 + 0.318 - j3.975 + 0.932 - j12.43 = 1.692 - j23.042$$

$$Y_{45} = Y_{54} = -y_{45} = -0.932 + j12.43 \quad (2.57)$$

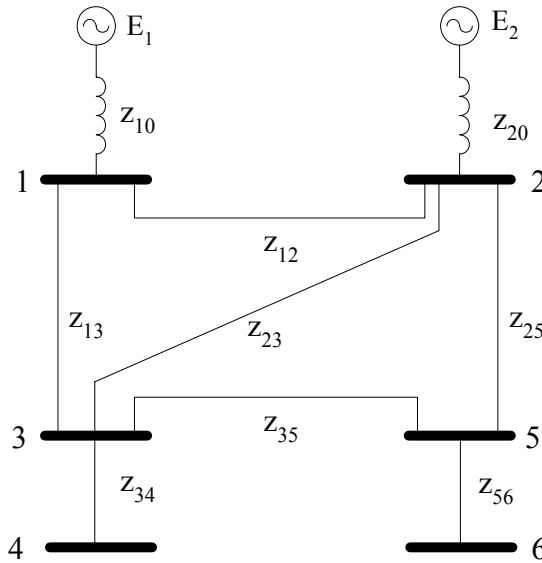
$$Y_{55} = y_{45} = 0.932 - j12.43 \quad (2.58)$$

Bu hesaplamalar sonucunda  $Y_{\text{bara}}$  matrisi şu şekilde elde edilir:

$$Y_{\text{bara}} = \begin{bmatrix} (1.40 - j18.65) & (-1.40 + j18.657) & 0 & 0 & 0 & 0 \\ (-1.40 + j18.657) & (2.16 - j29.269) & (-0.318 + j3.98) & (-0.442 + j6.64) & 0 & 0 \\ 0 & (-0.318 + j3.98) & (-0.636 - j7.95) & (-0.318 + j3.98) & 0 & 0 \\ 0 & (-0.442 + j6.64) & (-0.318 + j3.98) & (1.692 - j23.042) & (-0.932 + j12.43) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & (-0.932 + j12.43) & (0.932 - j12.43) & 0 \end{bmatrix} \quad (2.59)$$

### Örnek 2.3

Baralı bir güç sisteminin empedans cinsinden karşılığı Şekil 2.6'da verilmiştir. Bu sistemin bara admitansının bulunması izah edilecektir.



Şekil 2.6. Güç sistemine ilişkin empedans diyagramı

Empedans değerlerinden admitans değerlerine geçmek için,

$$y_{ij} = \frac{1}{z_{ij}} \quad (2.60)$$

formülünden faydalanılır. Güç sistemindeki bağımsız gerilim kaynağını bağımsız akım kaynağına dönüştürmek için,

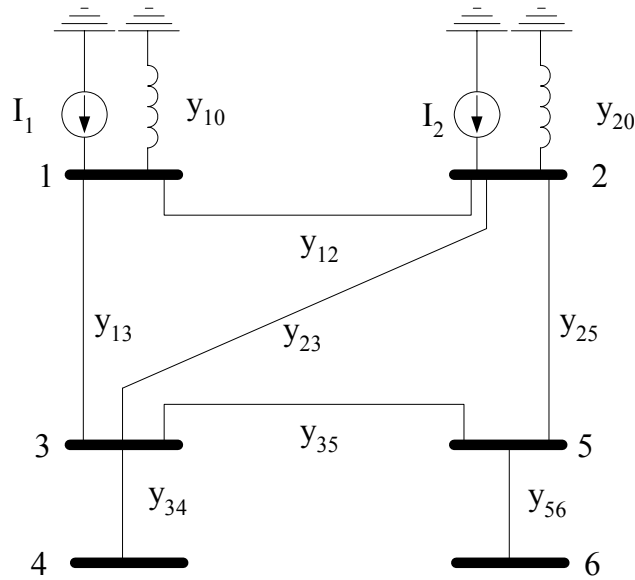
$$I_1 = \frac{E_{10}}{z_{10}}$$

(2.61)

formülü kullanılır. İkinci bağımsız gerilim kaynağını bağımsız akım kaynağı olarak eşdeğeri,

$$I_2 = \frac{E_{21}}{z_{20}} \quad (2.62)$$

formüllerinden yararlanır. Güç sisteminin admitans eşdeğeri Şekil 2.7'de verilmiştir.



**Şekil 2.7.** Güç sistemine ilişkin admitans diyagramı

Şekil 2.7'deki güç sistemine ilişkin düğüm denklemleri,

$$I_1 = y_{10} V_1 + y_{12}(V_1 - V_2) + y_{13}(V_1 - V_3) \quad (2.63)$$

$$I_2 = y_{20} V_2 + y_{12}(V_2 - V_1) + y_{23}(V_2 - V_3) + y_{25}(V_2 - V_5) \quad (2.64)$$

$$0 = y_{13}(V_3 - V_1) + y_{23}(V_3 - V_2) + y_{34}(V_3 - V_4) + y_{35}(V_3 - V_5) \quad (2.65)$$

$$0 = y_{34}(V_4 - V_3) \quad (2.66)$$

$$0 = y_{25}(V_5 - V_2) + y_{35}(V_5 - V_3) + y_{56}(V_5 - V_6) \quad (2.67)$$

$$0 = y_{56}(V_6 - V_5) \quad (2.68)$$

elde edilir. Bu denklem takımları düzenlenirse,

$$I_1 = (y_{10} + y_{12} + y_{13})V_1 - y_{12}V_2 - y_{13}V_3 \quad (2.69)$$

$$I_2 = -y_{12}V_1 + (y_{20} + y_{12} + y_{23} + y_{25})V_2 - y_{23}V_3 - y_{25}V_5 \quad (2.70)$$

$$0 = -y_{13}V_1 - y_{23}V_2 + (y_{13} + y_{23} + y_{34} + y_{35})V_3 - y_{34}V_4 - y_{35}V_5 \quad (2.71)$$

$$0 = -y_{34}V_3 + y_{34}V_4 \quad (2.72)$$

$$0 = -y_{25}V_2 - y_{35}V_3 + (y_{25} + y_{35} + y_{56})V_5 - y_{56}V_6 \quad (2.73)$$

$$0 = -y_{56}V_5 + y_{56}V_6 \quad (2.74)$$

olarak bulunur. Bu ifadelerden admitans değerleri,

$$Y_{11} = y_{10} + y_{12} + y_{13} \quad (2.75)$$

$$Y_{22} = y_{20} + y_{12} + y_{23} + y_{25} \quad (2.76)$$

$$Y_{33} = y_{13} + y_{23} + y_{34} + y_{35} \quad (2.77)$$

$$Y_{44} = y_{34} \quad (2.78)$$

$$Y_{55} = y_{25} + y_{35} + y_{56} \quad (2.79)$$

$$Y_{66} = y_{56} \quad (2.80)$$

$$Y_{12} = Y_{21} = -y_{12} \quad (2.81)$$

$$Y_{13} = Y_{31} = -y_{13} \quad (2.82)$$

$$Y_{23} = Y_{32} = -y_{23} \quad (2.83)$$

$$Y_{25} = Y_{52} = -y_{25} \quad (2.84)$$

$$Y_{34} = Y_{43} = -y_{34} \quad (2.85)$$

$$Y_{35} = Y_{53} = -y_{35} \quad (2.86)$$

$$Y_{56} = Y_{65} = -y_{56} \quad (2.87)$$

olarak bulunur. Bu ifadeler 'n' baralı bir sistem için matris şeklinde düzenlenirse,

$$\begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ I_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y_{11} & Y_{12} & \cdot & \cdot & Y_{1n} \\ Y_{21} & Y_{22} & \cdot & \cdot & Y_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ Y_{n1} & Y_{n2} & \cdot & \cdot & Y_{nn} \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ V_n \end{bmatrix} \quad (2.88)$$

olarak yazılabilir. Bu ifadenin genelleştirilmiş hali,

$$I_{\text{bara}} = Y_{\text{bara}} * V_{\text{bara}} \quad (2.88)$$

şeklinde ifade edilir. Burada  $I_{\text{bara}}$  baraya gelen bağımsız akım kaynaklarının cebirsel toplamını,

$Y_{\text{bara}}$  bara admitansını,  $V_{\text{bara}}$  bara gerilimlerini göstermektedir.

### 3. GAUSS-SEİDEL METODU İLE YÜK AKIŞI

Yük akış analizinin çözümünde karşılaşılan zorluklar, değişik baralar için tarif edilen verilerin farklılığından ileri gelir. Yük akış problemlerinin sayısal çözümleri, bilinmeyen bara gerilimlerine tahmini değerler verip tarif edilen aktif ve reaktif güçler ve baralardaki tahmini değerlerden her bara için yeni bir gerilim değeri hesaplamak suretiyle yapılır.

Her bara için hesaplanan bu yeni gerilim değerleri diğer bara gerilimlerinin hesaplanmasında kullanılır. Bu işleme iterasyon denir. İterasyon işlemine, her baradaki değişim tarif edilen minimum değerden küçük oluncaya kadar devam edilir (Çakır, 1986).

$$\begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} & \cdot & \cdot & A_{1n} \\ A_{21} & A_{22} & \cdot & \cdot & A_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ A_{n1} & A_{n2} & \cdot & \cdot & A_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ x_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ y_n \end{bmatrix} \quad (3.1)$$

$$x_1^{(i+1)} = \frac{1}{A_{11}} \left( y_1 - A_{12} \cdot x_2^{(i)} - A_{13} \cdot x_3^{(i)} - \dots - A_{1n} \cdot x_n^{(i)} \right) \quad (3.2)$$

$$x_2^{(i+1)} = \frac{1}{A_{22}} \left( y_2 - A_{21} \cdot x_1^{(i+1)} - A_{23} \cdot x_3^{(i+1)} - \dots - A_{2n} \cdot x_n^{(i)} \right) \quad (3.3)$$

$$x_3^{(i+1)} = \frac{1}{A_{33}} \left( y_3 - A_{31} \cdot x_1^{(i+1)} - A_{32} \cdot x_2^{(i+1)} - \dots - A_{3n} \cdot x_n^{(i)} \right) \quad (3.4)$$

·  
·  
·

$$x_n^{(i+1)} = \frac{1}{A_{nn}} \left( y_n - A_{n1} \cdot x_1^{(i+1)} - A_{n2} \cdot x_2^{(i+1)} - \dots - A_{nn-1} \cdot x_{n-1}^{(i+1)} \right) \quad (3.5)$$

Bu algoritmanın sona erebilmesi için;

$$\left| x_k^{(i+1)} - x_k^{(i)} \right| \leq \varepsilon \quad (k=1,2,\dots,n) \quad (3.6)$$

ifadesinin sağlanması gerekmektedir.

Çözümüne bara gerilim bağıntıları kurularak başlanır. Bara gerilimleri, generatörlerden veya baralara bağlı yüklerden gelen aktif ve reaktif güçlerin fonksiyonudur. Yine bu bara gerilimleri tahmini olarak verilmiş veya daha önce diğer baralardan ve düğümlerin self ve karşılıklı admitanslarından hesaplanmıştır. Örnek olarak dört baralı bir sistem incelenecek olursa, bir numaralı bara salınım barası olarak kabul edilebilir. İki numaralı bara ile çözüme başlanır. Düğümlerin self ve karşılıklı admitansları cinsinden 2 numaralı barada sisteme giren akım,

$$I_2 = Y_{21} \cdot V_1 + Y_{22} \cdot V_2 + Y_{23} \cdot V_3 + Y_{24} \cdot V_4 \quad (3.7)$$

Şeklinde yazılır. İki numaralı barada sisteme girmesi planlanan aktif ve reaktif güçler  $P_2$  ve  $Q_2$  ise

$$V_2 \cdot I_2^* = P_2 + jQ_2 \quad (3.8)$$

yazılır.

Buradan  $I_2$  çözülür ve denk.(3.7)' de yerine konursa,

$$\frac{P_2 - jQ_2}{V_2^*} = Y_{21} \cdot V_1 + Y_{22} \cdot V_2 + Y_{23} \cdot V_3 + Y_{24} \cdot V_4 \quad (3.9)$$

ve buradan da  $V_2$  çözülürse,

$$V_2 = \left[ \frac{P_2 - jQ_2}{V_2^*} - (Y_{21} \cdot V_1 + Y_{23} \cdot V_3 + Y_{24} \cdot V_4) \right] \quad (3.10)$$

elde edilir.

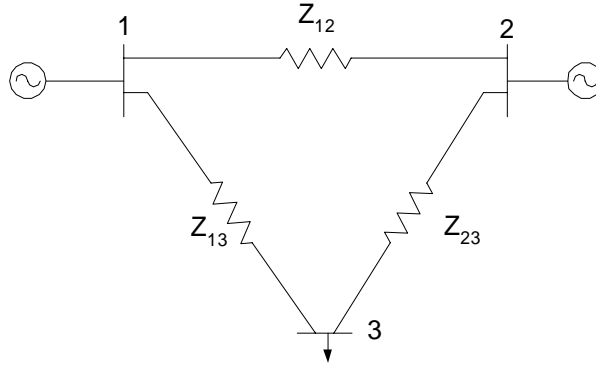
Toplam N sayıda baraya sahip bir sistemde herhangi bir k barasında hesaplanan gerilim,

$$V_k = \frac{1}{Y_{kk}} \left( \frac{P_k - jQ_k}{V_k^*} - \sum_{n=1}^N Y_{kn} \cdot V_n \right) \quad (3.11)$$

denklemini ile verilir.

Burada  $n \neq k$ ,  $P_k$  ve  $Q_k$  ise k barasında verilen aktif ve reaktif güçlerdir. Denklemin sağ tarafındaki gerilim değerleri bara için hesaplanan en son değerlerdir (Çakır, 1986).

### Örnek 3.1



Şekil 3.1 Üç baralı devre

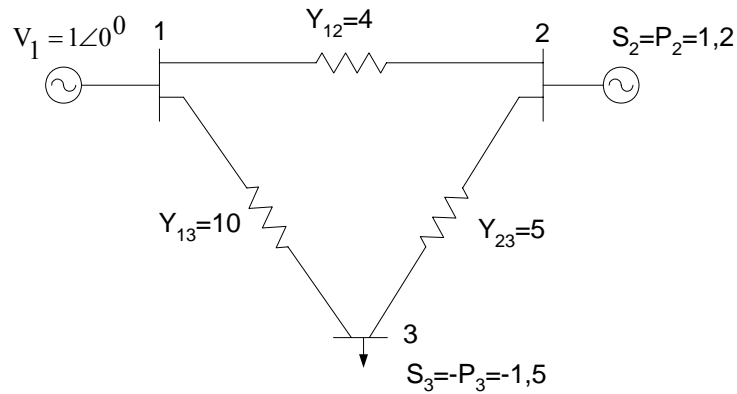
Şekil 3.1’de verilen üç baralı devrede verilenler;

$$Z_{12}=0,25 \text{ pu} \quad Z_{13}=0,1 \text{ pu} \quad Z_{23}=0,2 \text{ pu}$$

$$V_1 = 1\angle 0^\circ \text{ p.u}$$

$$P_2 = 1,2 \text{ p.u} \quad P_3 = 1,2 \text{ p.u}$$

Gauss-Seidel metodu kullanarak  $V_2$  ve  $V_3$  gerilimleri aşağıdaki şekilde hesaplanır:



Şekil 3.2 Admitans değerlerine dönüştürülmüş üç baralı devre

$$Y_{\text{bara}} = \begin{bmatrix} Y_{11} & Y_{12} & Y_{13} \\ Y_{21} & Y_{22} & Y_{23} \\ Y_{31} & Y_{32} & Y_{33} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 14 & -4 & -10 \\ -4 & 9 & -5 \\ -10 & -5 & 15 \end{bmatrix} \quad (3.12)$$

Gauss-Seidel metodu uygulanırsa;

$$V_2(i+1) = \frac{1}{Y_{22}} \left[ \frac{S_2^*}{V_2^*(i)} - Y_{21} \cdot V_1(i+1) - Y_{23} \cdot V_3(i) \right] \quad (3.13)$$

$$V_3(i+1) = \frac{1}{Y_{33}} \left[ \frac{S_3^*}{V_3^*(i)} - Y_{31} \cdot V_1(i+1) - Y_{32} \cdot V_2(i+1) \right] \quad (3.14)$$

$$V_2(i+1) = \frac{0,4}{\frac{3}{V_2^*(i)}} + \frac{4}{9} \cdot V_1(i+1) - \frac{5}{9} \cdot V_3(i) \quad (3.15)$$

$$V_3(i+1) = \frac{-0,1}{\frac{3}{V_3^*(i)}} + \frac{2}{3} \cdot V_1(i+1) - \frac{1}{3} \cdot V_2(i+1) \quad (3.16)$$

**Tablo 3.1** İterasyon tablosu

i	$V_2$	$V_3$
0	1	1
1	1,1333	0,9
2	1,0621	0,9333
3	1,0885	0,9224
4	1,0784	0,9180
5	1,0781	0,9171

İterasyon sonucunda baraların gerilimleri

$$V_2 = 1,0178 \quad \text{pu} \quad (3.17)$$

$$V_3 = 0,917 \quad \text{pu} \quad (3.18)$$

olarak bulunur. Baraların güçleri ise,

$$S_2 = V_2 (Y_{21}^* \cdot V_1^* + Y_{22}^* \cdot V_2^* + Y_{23}^* \cdot V_3^*) \quad (3.19)$$

$$S_2 = 1,078(-4.1 + 9.1,078 + (-5).0,917)$$

$$S_2 = 1,2041 \text{ pu}$$

$$S_3 = V_3(Y_{31}^* \cdot V_1^* + Y_{32}^* \cdot V_2^* + Y_{33}^* \cdot V_3^*) \quad (3.20)$$

$$S_3 = 0,917[(-10) + (-5) \cdot 1,078 + 15 \cdot 0,917]$$

$$S_3 = -1,4993 \text{ pu}$$

$$S_1 = V_1(Y_{11}^* \cdot V_1^* + Y_{12}^* \cdot V_2^* + Y_{13}^* \cdot V_3^*) \quad (3.21)$$

$$S_1 = 14 + (-4) \cdot (1,078) + (-10) \cdot (0,917)$$

$$S_1 = 0,518 \text{ pu}$$

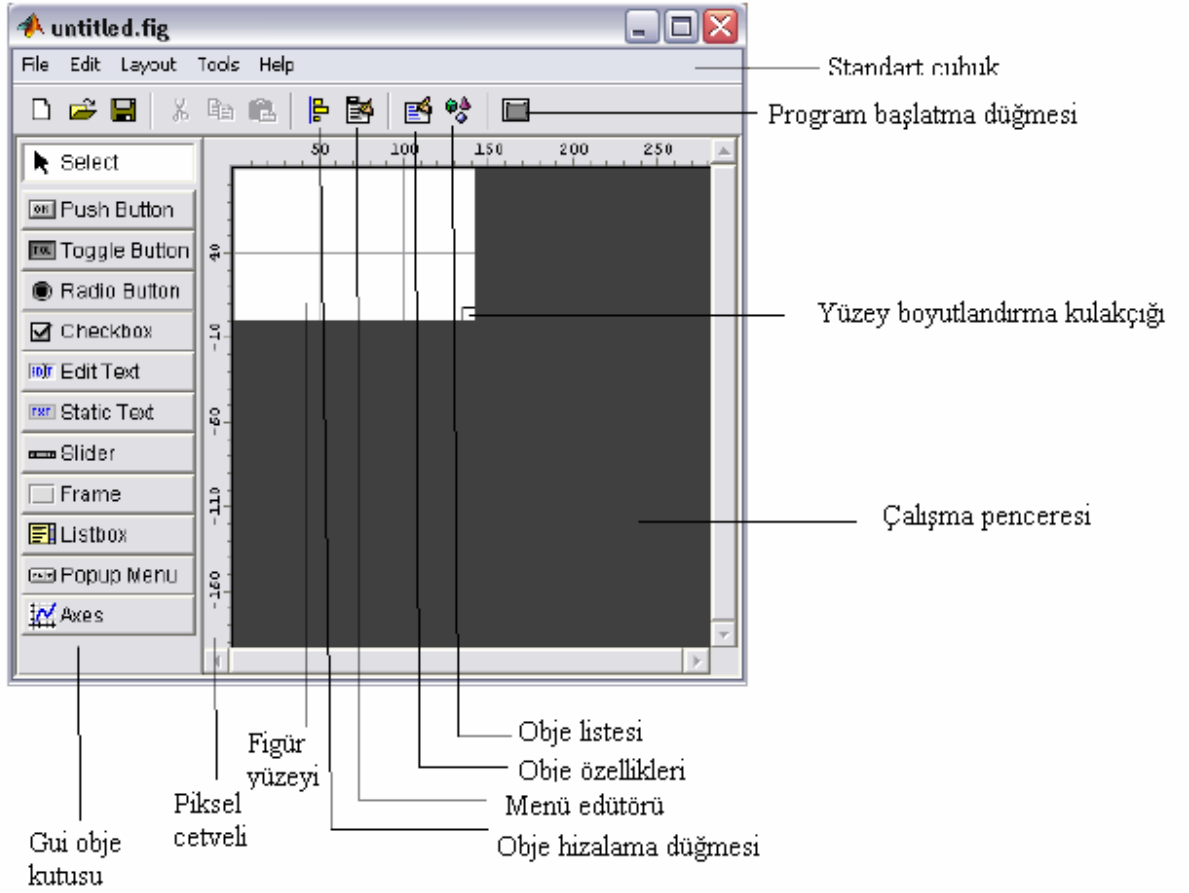
olarak bulunur.

## 4. MATLAB GUI İLE KULLANICI ARAYÜZÜ TASARLAMA

### 4.1. Gui Editörü

Matlab programı ile Gui tasarlamının en pratik yolu Guide editörünü kullanmaktır. Guide editörü, görünüm tasarımını ve tasarlanan komponentlerin özelliklerinin belirlenmesini sağlayan bir editördür. Guide editörü Gui 'yi kaydetmek ve çalıştırmak için iki dosya kullanır:

- Grafik dosyası (Dosya adı .fig) : Gui' nin genel görünümü ile ilgili kod ve açıklamaları, komponentleri ve komponentlerin özellik değerlerini içeren grafik dosyasıdır.
- M dosyası (Dosya adı .m ) : Gui' yi çalıştırmak için kullanılan ve komponentlerin işlevlerinin alt fonksiyonlar halinde kaydedildiği bir fonksiyon dosyasıdır.



Şekil 4.1 Matlab Gui Editörünün genel görünümü

## 4.2. GUI Editörünün Başlatılması

Guide editörü, komut penceresinde 'guide' yazılarak ya da MATLAB penceresinde 'File' menüsünden 'New' ve daha sonra 'Gui' seçilerek açılır.

## 4.3. GUI Standart Çubuğu

Matlab Gui standart çubuğu, Matlab çalışma penceresindeki standart çubuğun özellikleri yanı sıra, kendine özgü bazı seçenekler içermektedir.

### 4.3.1. Dosya (File) Menüsü



Şekil 4.2 Dosya (File) Menüsü

- **New:** Yeni bir pencere açar.
- **Open:** Daha önceden kaydedilmiş dosyayı açar.
- **Close:** Aktif figürü kapatır.
- **Save:** Aktif figürü kaydeder.
- **Save as:** Aktif figürü farklı kaydeder.
- **Export:** Bu özellik seçildiğinde '.fig' (Gui çalışma yüzeyi) ve '.m' (Objeye işlevleri) uzantılı olarak hazırlanan bir Gui uygulaması tek bir dosyadan oluşan bir M fonksiyon olarak kaydedilebilir.
- **Preferences:** Matlab Gui penceresinde, obje kutusundaki objelerin daha rahat seçilebilmesi için Dosya menüsünden 'Preferences' penceresi açılır.
- **Printer:** Yazdırma komutudur.

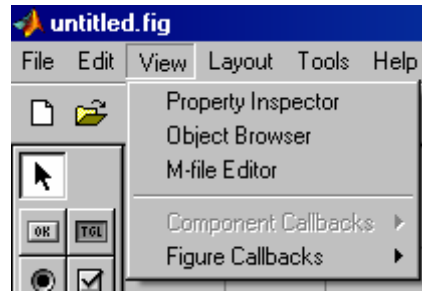
### 4.3.2. Düzen (Edit) Menüsü



Şekil 4.3 Düzen (Edit) Menüsü

- **Undo:** Son değişiklikleri geri alır.
- **Redo:** Geri alınan değişikliği tekrarlama işlemi.
- **Cut:** Seçilen objeyi keser.
- **Copy:** Seçilen objeyi kopyalar.
- **Paste:** Seçilen objeyi yapıştırır.
- **Clear:** Seçilen objeyi temizler.
- **Select All:** Tüm objeleri seçer.
- **Duplicate:** Seçilen objeyi çoğaltır.

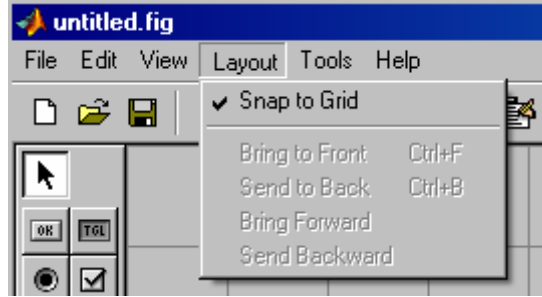
### 4.3.3. Görünüm (View) Menüsü



Şekil 4.4 Görünüm (View) Menüsü

- **Property Inspector:** Obje özellikleri penceresini açar.
- **Object Browser:** Çalışma yüzeyindeki objelerin listesini açar.
- **M-file Editor:** M-Dosya editörünü açar.
- **Component Callbacks:** Seçili objenin işlevini görüntüler.
- **Figure Callbacks:** Figür penceresine ait işlevler seçilir.

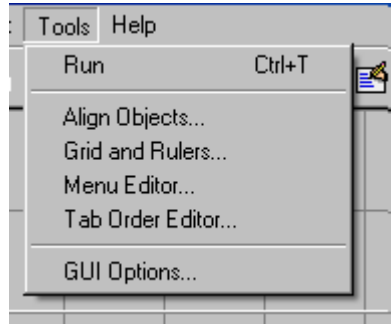
#### 4.3.4. Yapı (Layout) Menüsü



Şekil 4.5 Yapı (Layout) Menüsü

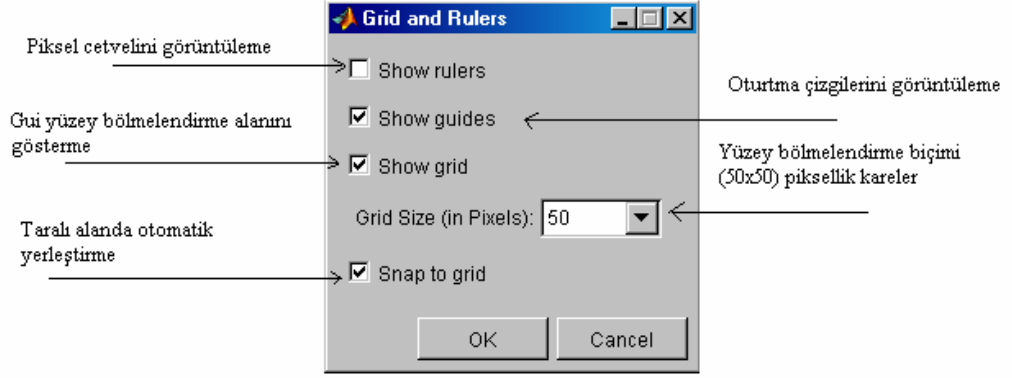
- **Snap to Grid:** Objeyi bölümlenmiş alana oturtur.
- **Bring to Front:** Objeyi en öne getirir.
- **Send to Back:** Objeyi en arkaya gönderir.
- **Bring Forward:** Objeyi bir adım öne getirir.
- **Send Backward:** Objeyi bir adım arkaya getirir.

#### 4.3.5. Araçlar (Tools) Menüsü



Şekil 4.6 Araçlar (Tools) Menüsü

- **Run:** Gui uygulamasını başlatır.
- **Align Objects:** Objeleri hizalar.
- **Grid and Rulers:** Piksel cetveli ve bölümlendirme penceresini açarak çalışma yüzeyini ince çizgilerle istenilen ölçülere böler.



Şekil 4.7 Grid and Rulers Penceresi

- **Menu editor:** Menü editörünü açar.
- **Tab Order editor:** Sekme editörünü açar.
- **GUI Options:** Uygulama özelliklerini açar.

#### 4.4. Gui Bileşenlerini Oluşturma ve Düzenleme

Gui oluşturmak için kullanılacak elemanları, Guide editörü, pencerenin sol tarafında yukarıdan aşağıya bir palet şeklinde hazır bulundurur. Bu elemanları, Gui'nin bileşenleri haline getirmek için fare kullanılır. Bileşeni istenen büyüklükte yerleştirmek için, yüzey üzerinde fare ile tıklanarak bileşenin bir köşesi belirlenir ve basılı tutulan fare gezdirilerek bileşenin karşı köşesi olarak tayin edilen noktada fare bırakılır.

#### 4.5. Gui Bileşenleri ve Özellikleri

	Select	İMLEÇ
	Push Button	ONAY BUTONU
	Toggle Button	İKİ YÖNLÜ ONAY
	Radio Button	TEKLİ SEÇİM
	Checkbox	ÇOKLU SECİM
	Edit Text	DEĞİŞTİRİLEBİLİR METİN
	Static Text	SABİT METİN
	Slider	KAYDIRMA ÇUBUGU
	Frame	ÇERÇEVE
	Listbox	LİSTE KUTUSU
	Popup Menu	AÇILIMLI SECENEKLİ SECME
	Axes	GRAFİK ÇİZDİRME

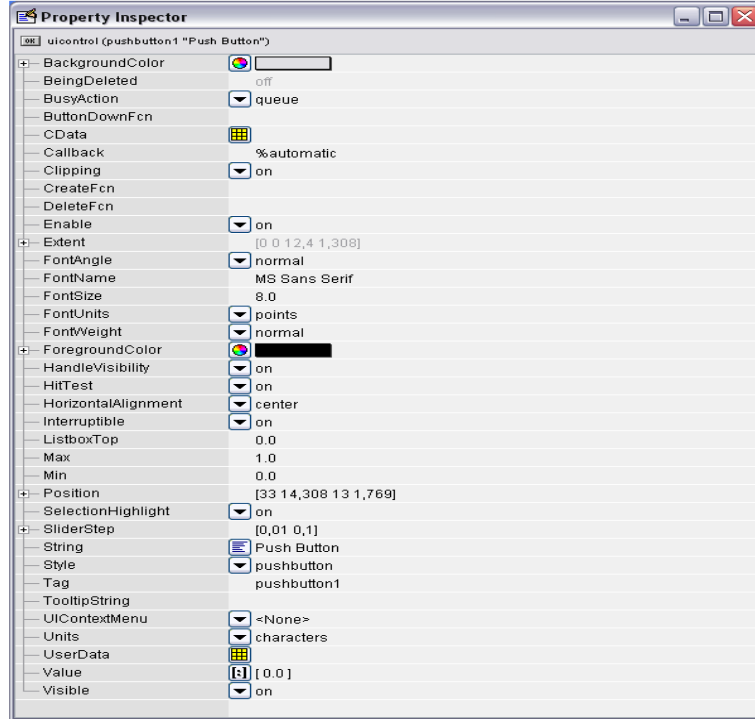
Şekil 4.8 Matlab Gui Obje Kutusu

- I. Push Button** : Push button bir kontrol butonu olup istenilen bir işlevin gerçekleşmesi için bu butona fare ile tıklanması gereken yerlerde kullanılır. Basılı konumdan normal konuma dönerken “callback” fonksiyonu işleme konulur.
- II. Toogle Button** : Toogle button fare ile üzerine tıklandığında basılı kalır, tekrar tıklandığında ise eski konumuna döner. Üzerine tıklandığında yani her konum değişiminde “callback” fonksiyonu işleme koyulur.
- III. Radio Button:** Kullanıcıya birçok seçenek sunan ve kullanıcıdan bu seçeneklerden sadece bir tanesini seçmesi istenir. Gui çıktısını, işaretlenen duruma göre sonuçlandırmak için kullanılır.
- IV. Checkbox** : Kullanıcıya birçok seçenek sunan ve kullanıcının bu seçeneklerden istediğini işaretleyebilir. İşaretleme butonlarına atanan özellikler, işaretli olduğunda işleme konulur, aksi durumda işleme konulmaz.
- V. Edit Text** : Kullanıcının karakter dizisi girmesini sağlar. Kullanıcının metin girmesi gereken yerlerde kullanılır.
- VI. Static Text** : Uygulamalarda açıklama kutucukları ve sonuçların ekranda görüntülenebileceği ekran olarak kullanılır.
- VII. Slider** : Fare ile oklara veya çubuğa tıklanarak yukarı-aşağı ya da sağa-sola hareket edilmesini sağlayan, görüntüyü sayısal değerlere karşılık gelecek şekilde kaydıran bileşendir.
- VIII. Frame** : Gui objelerinin bir bütünlük içerisinde olduğunu göstermede kullanılan kutucuktur.
- IX. Listbox** : Kullanıcı için birçok seçeneği kutucuk içinde görüntülemeyi sağlayan bileşendir. Kullanıcının bir seçeneği veya birkaç seçeneği aynı anda seçmesi sağlanabilir.
- X. Popup Menü** : Ok bölümüne tıklandığında birçok seçeneğin görüntülendiği, menü düzenindeki bileşendir. Farklı gruplarda ve birbiriyle bağlantılı seçeneklerin, yer tasarrufu yaparak görüntülenmesine imkan sağlar.
- XI. Axes** : Gui figür yüzeyinde grafik, resim veya hareketli görüntü oluşturmada kullanılır.

#### 4.6. Bileşenlerin Programlanması

Guide editöründe oluşturulan bileşenleri programlamak ve özellik kazandırmak için komponent üzerinde sağ tıklanarak “Property Inspector” araç kutusuna ulaşılır. Burada örnek olarak sadece “Push Button” incelenmiştir. Diğer bileşenler de benzer şekilde programlanabilir.

“Push Button” objesi Gui ekranına yerleştirildikten sonra, üzerinde sağ tıklanır ve aşağıdaki ekran görüntülenir.



Şekil 4.9 Property Inspector aracının görünümü

Şekil 4.9’da görülen “Property Inspector” aracının içerisinde bulunan ifadelerin anlamları şu şekildedir :

- **BackgroundColor** : Arka plan rengini belirlemek için kullanılır.
- **Busy Action** : Gui’deki işlemlerin üst üste gelmesi durumunda, işlem sırasını belirler.
- **ButtonDownFcn** : Bileşen üzerinde veya bileşene beş piksel yakınlıkta, fare ile tıklanıldığında çalıştırılacak olan fonksiyonu m-dosyasından çağırın komutun girildiği bölümdür.
- **CData** : Bileşenin yüzeyinin alacalı renkler almasını sağlayan özelliktir. MATLAB komut penceresinde oluşturulan matrissel bir değişken “Enter Expression” yerine kullanılabilir. Yalnız bu özellik kullanıldığı zaman bileşen üzerindeki yazı görüntülenemez.
- **Callback** : Guide editöründe hazırlanan Gui kaydedildikten sonra, Gui’nin tüm kodlarını içeren m-dosyasının içine, bileşenin gerçekleştireceği işlemleri içeren “callback” fonksiyonun çatısı oluşturulur. Gui çalıştırılıp bileşen etkin kılındığında, bu bölüme girilen komut ile m-dosyasındaki bileşenin “callback” fonksiyonu içindeki komutlar işleme konulur. Guide editörünün bu bölüme otomatik olarak girdiği satır şu şekildedir :

### **deneme1('pushbutton\_Callback',gcbo,[],guidata,(gcbo))**

- *deneme1* : Gui ile oluşturulan dosyanın ve aynı zamanda m-dosyasının adı
- *pushbutton2\_Callback* : Tag bölümüne girilen “callback” fonksiyonunun adı
- *gcbo* : Tag bölümüne girilen komponent üzerine dönen bir komuttur.
- *[ ]* : İstenirse sonradan kullanılmak üzere boş bırakılan “eventdata” ifadesi
- *guidata(gcbo)* : “handles” yapısına dönen bir komuttur.

- **Clipping** : Bu bileşen üzerinde etkisi yoktur.
- **CreateFcn** : Bileşen oluşturulduğunda MATLAB programının çalıştırdığı “callback” fonksiyonudur. Yeni oluşturulacak bileşen için bu fonksiyon çalıştırılır.
- **DeleteFcn** : Bileşen silinmeden önce MATLAB programı tarafından çalıştırılan “callback” fonksiyonudur.
- **Enable** : Bileşenin aktif olup olmasını sağlar.
- **FontAngle** : Bileşenin üstündeki metnin karakter açısını belirler
- **FontName** : Yazı karakterini gösterir.
- **Font Size** : Bileşenin üstündeki yazı boyutunu belirlemek için kullanılır.
- **FontWeight** : Bileşen üstündeki metnin karakter tipini belirler.
- **FontUnits** : Bileşenin üstündeki yazının büyüklüğünün ifade edilmesini sağlar.
- **ForegroundColor** : Bileşenin üstündeki yazı rengini belirlemek için kullanılır. Ayrıca bileşenin seçili olduğunu belli eden ve bileşeni çevreleyen siyah çerçevenin rengini değiştirmek için kullanılır.
- **HandleVisibility** : Gui ile ilgili “handle” (kulp) fonksiyonlarının komut penceresinden görüntülenip görüntülenmemesini ayarlamak için kullanılır.
- **HitTest** : Bu bileşen üzerinde etkisi yoktur.
- **HorizontalAlignment** : Bileşenin üzerindeki yazının, “Position” özelliğinde belirtilen alan içinde, yatay olarak ne şekilde görüntüleneceğini belirlemek için kullanılır.
- **Interruptible** : “No” seçeneği seçilirse, bu bileşene tıklandıktan sonra işlem sürmekte iken başka bir bileşene işlem yaptırılmak istenildiğinde, ilk işlem sonlandırılır ve sonra ikinci işleme geçilir. ”Yes” seçeneği seçilirse, önce ikinci işlemi sonlandırır, daha sonra birinci işleme döner ve birinci işlemi sonlandırır.
- **ListBoxTop** : Bu bileşen üzerinde etkisi yoktur.
- **Max** : “Value” bölümüne girilmesine izin verilen maksimum değeri belirtir.
- **Min** : “Value” bölümüne girilmesine izin verilen minimum değeri belirtir.
- **Position** : Bileşenin Gui üzerindeki eksen konumunun belirlenebilmesini sağlar.

- **SelectionHighlight** : “On” seçeneği seçildiğinde, bileşen ile işlem yaptırıldıktan sonra bileşenin etrafı belirginleştirici siyah bir kutucuğa dönüşür. ”Off” seçeneği seçildiğinde ise işlem yaptırıldıktan sonra bileşen siyah çerçeve içine alınmaz.
- **SliderStep** : Gui çalıştığında bileşen üzerinde, “Slider” çubuğunun, oka her tıkladığında yatay veya düşey eksenlerde girilen değerler kadar hareket etmesini sağlar.
- **String** : Bileşenin üzerindeki “Push Button” yazısı yerine görüntülenecek olan metnin görüntülenmesini sağlar.
- **Style** : Bileşenin cinsini değiştirmek için kullanılır.
- **Tag** : Bu bölüme girilen metin, bileşenin m-dosyasındaki “callback” alt fonksiyonunun ismi olarak atanır. Guide editörünün oluşturduğu “handles” yani Gui’de kullanılan bütün bileşenlerin “handle” kulplarını içeren yapıya girilen metni de ekler. ”Callback” fonksiyonunun m-dosyasındaki yapısı şu şekildedir:

**function varargout = pushbutton2\_Callback(h, eventdata, handles,varargin)**

- *Pushbutton2\_Callback* : “Tag” bölümüne girilen “pushbutton2” metninin sonuna belirgin olması için “\_Callback” eklenerek, bu fonksiyonun adı olarak kaydedilir.
- *h* : Komponentin kulpu.
- *varargin* : Fonksiyona atanan değerleri içeren değişkendir.
- **TooltipString** : Gui penceresinde fare, bileşen üzerinde bekletildiğinde beliren ve komponentle ilgili açıklamayı içeren metnin görüntülenmesini sağlar.
- **UIContextMenu** : Bileşenin üzerinde farenin sağ tuşuna tıkladığında belirmesi istenen menünün, “Menu Editör” ile oluşturulan “Context” menüleri arasından seçilmesini sağlar.
- **Units** : “Position” bölümüne girilen değerlerin birimini belirlemeye yarar (Özsarı, 2005).

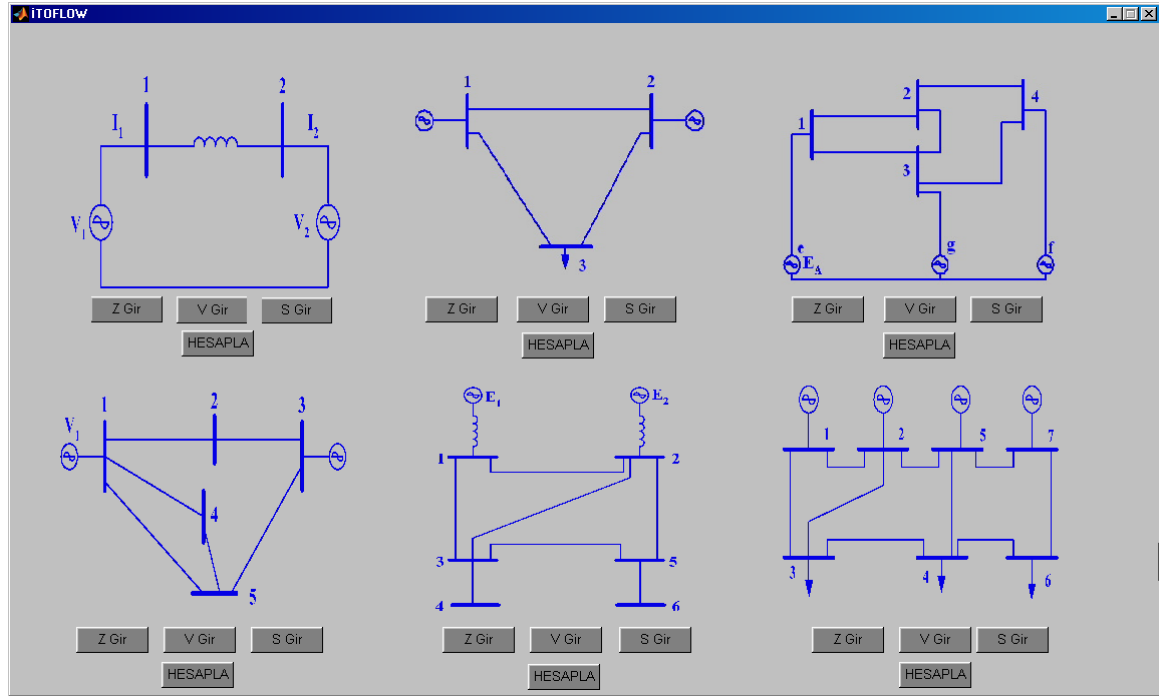
## 5. GÜÇ SİSTEMLERİ EĞİTİMİ İÇİN MATLAB GUI TABANLI BİR YÜK AKIŞ SİMÜLATÖRÜ

Bu tez çalışmasında, güç sistemleri analizi derslerinde kullanılmak üzere MATLAB GUI Tabanlı Bir Yük Akış Simülatörü geliştirilmiştir. Bu simülatörde, bara empedans ve bara admitans matrisleri yardımıyla yük akış analizleri yapılmıştır. Programın tasarlanması için teknik programlama dili olan MATLAB 6.5'den yararlanılmıştır.

Programın tasarımı, MATLAB içerisinde bulunan ve grafiksel bir ortamda program yazmayı ve düzenlemeyi sağlayan GUIDE editöründe yapılmıştır.

Öncelikle programın arayüzü geliştirilmiştir. Bu arayüz sayesinde, ekran penceresinde örnek olarak tanımlanmış 2 baralıdan 7 baralıya kadar 6 adet güç sistemi modellerine kullanıcılar kolaylıkla değişken atayabilmektedir. Böylece kullanıcılar kolay bir şekilde bara admitans ve bara empedans matrislerini elde ederek yük akış analizini yapabileceklerdir.

### 5.1 Programın Genel Görünümü



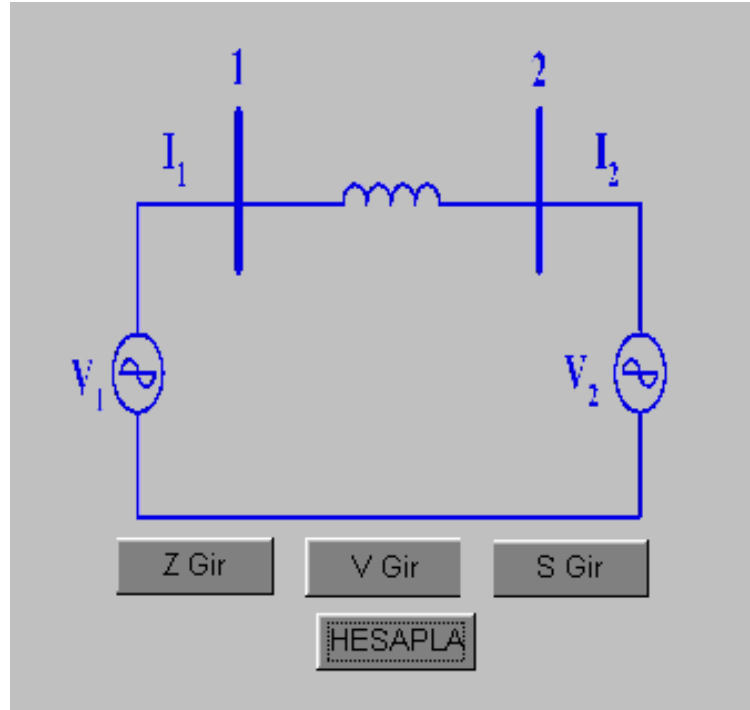
Şekil 5.1 Güç sistemleri eğitimi için Matlab Gui tabanlı bir yük akış simülatörünün genel görünümü

Güç sistemleri eğitimi için matlab gui tabanlı bir yük akış simülatörü, bara empedans ve bara admitans matrisleri yardımıyla yük akış analizleri yapmaktadır.

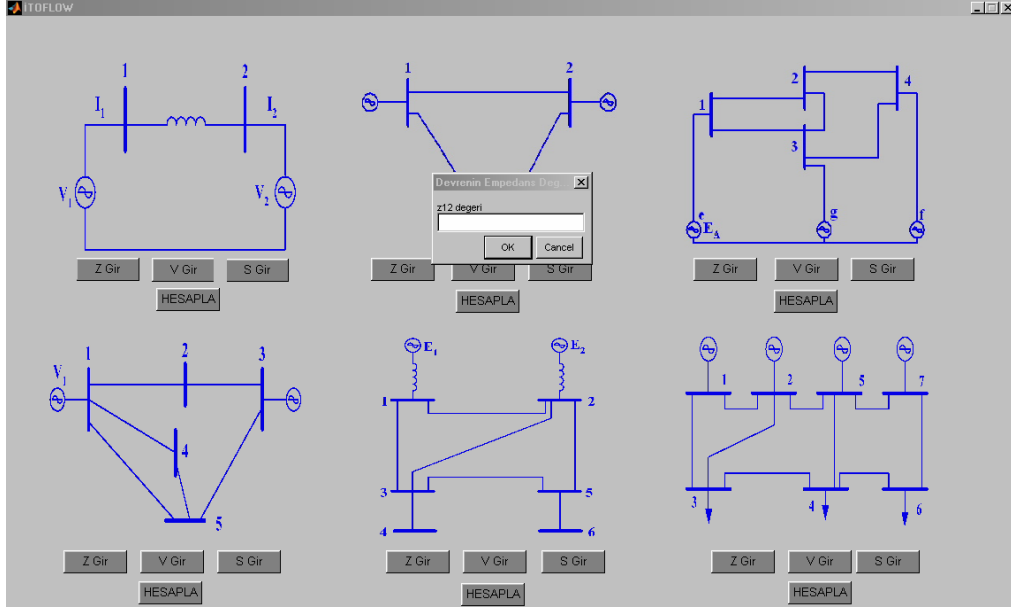
Program bir pencere üzerinde iki baralı sistem, üç baralı sistem, dört baralı sistem, beş baralı sistem, altı baralı sistem ve yedi baralı sistem olarak tasarlanmıştır. Güç sistemleri eğitimi için matlab gui tabanlı bir yük akış simülatörü penceresinde baraların altında empedans veri değerlerinin girişi için Z Gir butonu, gerilim değerlerinin veri girişi için V Gir butonu, güç değerlerinin veri girişi için S Gir butonu ve sisteme ait verilerin hesaplanması için HESAPLA butonu mevcuttur.

## 5.2 İki Baralı Sistem

Güç sistemleri eğitimi için matlab gui tabanlı bir yük akış simülatörü penceresinden İki baralı sistemin çözümü için sisteme ait verilerin girişi yapılmalıdır. Empedans veri değerlerinin girişi için “Z Gir” butonuna basılarak istenilen empedans değerleri per-unit cinsinden girilir, gerilim değerlerinin veri girişi için “V Gir” butonuna basılarak istenilen gerilim değerleri per-unit cinsinden girilir, güç değerlerinin veri girişi için “S Gir” butonuna basılarak güç değerleri per-unit cinsinden girilir ve sisteme ait verilerin hesaplanması için “HESAPLA” butonuna basılarak sisteme ait çözüm yapılır. Sisteme ait sonuçlar word belgesinde rapor halinde görüntülenir.



Şekil 5.2 İki baralı sisteme ait güç devresi



Şekil 5.3 İki baralı sisteme veri girişi ve yük akış analizi

#### BARA ADMİTANS MATRİSİ

Bara admitans matrisi birimi per-unit cinsindedir.

Ybara=

0.049815-2.881i, -0.049815+2.881i  
 -0.049815+2.881i, 0.049815-2.881i

#### BARA EMPEDANS MATRİSİ

Bara empedans matrisi birimi per-unit cinsindedir.

Zbara=

Bara admitans matrisi tekil olduğu için bara empedans matrisi hesaplanamamıştır.

#### DEVRE GERİLİMLERİ,

Devre gerilimleri birimi per-unit cinsindedir.

V=

1.1  
 0.98704-0.15659i

#### DEVRE GERİLİMLERİNİN GERÇEK DEĞERİ,

Devre gerilimleri birimi Volt cinsindedir.

V=

11  
 9.8704-1.5659i

#### DEVRE AKIMLARI

Devre akımları birimi Amper cinsindedir.

I=

4.5676-3.1763i  
 -4.5676+3.1763i

#### DEVRENİN PER-UNIT CİNSİNDEN GÖRÜNÜR GÜÇLERİ

Devre görünür güç değerlerinin birimi per-unit cinsindedir.

```
S=  
0.50243+0.34939i  
-0.50058-0.24199i
```

#### DEVRENİN GERÇEK GÖRÜNÜR GÜÇLERİ

Devre görünür güç değerlerinin birimi Voltamper cinsindedir.

```
S=  
5.0243+3.4939i  
-5.0058-2.4199i
```

#### DEVRENİN AKTİF GÜÇLERİ

Devre aktif güç değerlerinin birimi per-unit cinsindedir.

```
P=  
0.50243  
-0.50058
```

#### DEVRENİN GERÇEK AKTİF GÜÇLERİ

Devre aktif güç değerlerinin birimi Wat cinsindedir.

```
P=  
5.0243  
-5.0058
```

#### DEVRENİN REAKTİF GÜÇLERİ

Devre reaktif güç değerlerinin birimi per-unit cinsindedir.

```
Q=  
0.34939  
-0.24199
```

#### DEVRENİN GERÇEK REAKTİF GÜÇLERİ

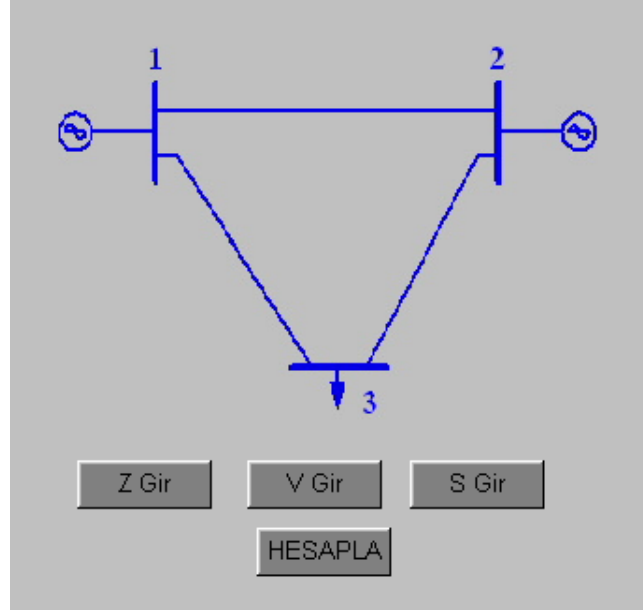
Devre reaktif güç değerlerinin birimi VAR cinsindedir.

```
Q=  
3.4939  
-2.4199
```

**Şekil 5.4** İki baralı sisteme ait yük akış analizinin sonuçları

### 5.3 Üç Baralı Sistem

Güç sistemleri eğitimi için matlab gui tabanlı bir yük akış simülatörü penceresinden üç baralı sistemin çözümü için sisteme ait verilerin girişi şu şekilde yapılır. Empedans veri değerlerinin girişi için “Z Gir” butonuna basılarak istenilen empedans değerleri per-unit cinsinden girilir, gerilim değerlerinin veri girişi için “V Gir” butonuna basılarak istenilen gerilim değerleri per-unit cinsinden girilir, güç değerlerinin veri girişi için “S Gir” butonuna basılarak güç değerleri per-unit cinsinden girilir ve sisteme ait verilerin hesaplanması için “HESAPLA” butonuna basılarak sisteme ait çözüm yapılır. Sisteme ait sonuçlar word belgesinde rapor halinde görüntülenir.



Şekil 5.5 Üç baralı sisteme ait güç devresi

The dialog box is titled 'Devrenin Empedans Degerini Giriniz'. It contains three input fields for 'z12 degeri', 'z13 degeri', and 'z23 degeri'. At the bottom right, there are 'OK' and 'Cancel' buttons.

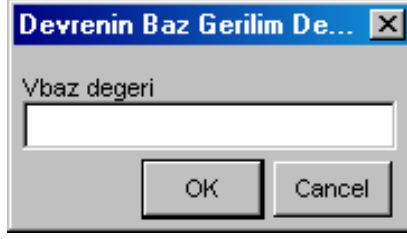
Şekil 5.6 Üç baralı sisteme ait empedans değeri girdi penceresi

The dialog box is titled 'Devrenin Gerilim Degerini Giriniz'. It contains one input field for 'V1 degeri'. At the bottom right, there are 'OK' and 'Cancel' buttons.

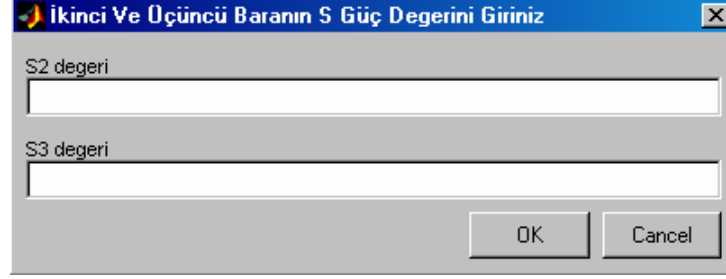
Şekil 5.7 Üç baralı sisteme ait gerilim değeri girdi penceresi

The dialog box is titled 'V1 Gerilimin Acı Degerini Giriniz'. It contains one input field for 'V1 gerilimin aci degeri'. At the bottom right, there are 'OK' and 'Cancel' buttons.

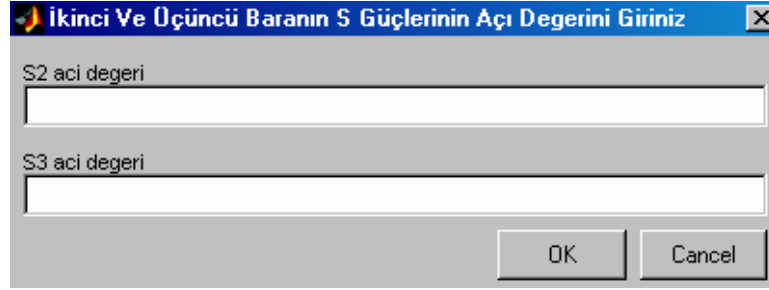
Şekil 5.8 Üç baralı sisteme ait gerilim aç değeri girdi penceresi



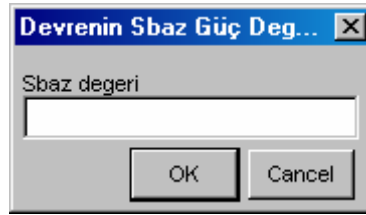
Şekil 5.9 Üç baralı sisteme ait Vbaz değeri girdi penceresi



Şekil 5.10 Üç baralı sisteme ait S güç değeri girdi penceresi



Şekil 5.11 Üç baralı sisteme ait S güçlerinin açı değeri girdi penceresi



Şekil 5.12 Üç baralı sisteme ait Sbaz değeri girdi penceresi

#### BARA ADMİTANS MATRİSİ

Bara admitans matrisi birimi per-unit cinsindedir.

Ybara=

14,-4,-10

-4, 9,-5

-10,-5,15

#### BARA EMPEDANS MATRİSİ

Bara empedans matrisi birimi per-unit cinsindedir.

Zbara=

Bara admitans matrisi tekil olduğu için bara empedans matrisi hesaplanamamıştır.

#### DEVRE AKIMLARI

Devre akımları birimi per-unit cinsindedir.

I=

5.2252

11.137

-16.362

#### DEVRE GERİLİMLERİ,

Devre gerilimleri birimi per-unit cinsindedir.

V=

1

1.0775

0.91675

#### DEVRENİN GERÇEK GERİLİMLERİ,

Devre gerilimleri birimi Volt cinsindedir.

V=

10

10.775

9.1675

#### DEVRENİN GÖRÜNÜR GÜÇLERİ

Devre görünür güç değerlerinin birimi per-unit cinsindedir.

S=

0.52252

1.2

-1.5

#### DEVRENİN GERÇEK GÖRÜNÜR GÜÇLERİ

Devre görünür güç değerlerinin birimi VA cinsindedir.

S=

5.2252

12

-15

#### DEVRENİN AKTİF GÜÇLERİ

Devre aktif güç değerlerinin birimi per-unit cinsindedir.

P=

0.52252

1.2

-1.5

#### DEVRENİN GERÇEK AKTİF GÜÇLERİ

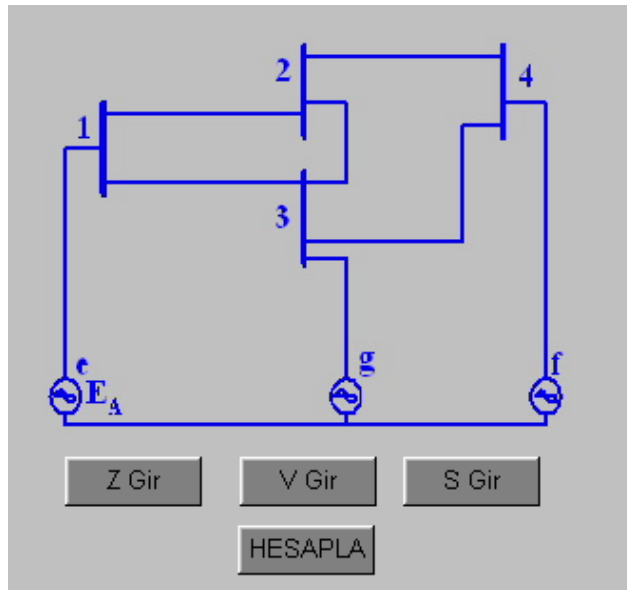
Devre aktif güç değerlerinin birimi Wat cinsindedir.

```
P=  
5.2252  
12  
-15  
  
DEVRENİN REAKTİF GÜÇLERİ  
Devre reaktif güç değerlerinin birimi per-unit cinsindedir.  
Q=  
0  
0  
0  
  
DEVRENİN GERÇEK REAKTİF GÜÇLERİ  
Devre reaktif güç değerlerinin birimi VAR cinsindedir.  
Q=  
0  
0  
0
```

Şekil 5.13 Üç baralı sisteme ait yük akış analizi sonuçları

#### 5.4 Dört Baralı Sistem

Güç sistemleri eğitimi için matlab gui tabanlı bir yük akış simülatörü penceresinden dört baralı sistemin çözümü için sisteme ait verilerin girişi yapılmalıdır. Empedans veri değerlerinin girişi için “Z Gir” butonuna basılarak istenilen empedans değerleri per-unit cinsinden girilir, gerilim değerlerinin veri girişi için “V Gir” butonuna basılarak istenilen gerilim değerleri per-unit cinsinden girilir, güç değerlerinin veri girişi için “S Gir” butonuna basılarak güç değerleri per-unit cinsinden girilir ve sisteme ait verilerin hesaplanması için “HESAPLA” butonuna basılarak sisteme ait çözüm yapılır. Sisteme ait sonuçlar word belgesinde rapor halinde görüntülenir.



Şekil 5.14 Dört baralı sisteme ait güç devresi

Devrenin Empedans Deg... [X]

z1e degeri

z12 degeri

z13 degeri

z24 degeri

z23 degeri

z43 degeri

z4f degeri

z3g degeri

OK Cancel

Şekil 5.15 Dört baralı sisteme ait empedans değeri girdi penceresi

Devrenin Gerilim Degerini Giriniz [X]

Va degeri

OK Cancel

Şekil 5.16 Dört baralı sisteme ait gerilim değeri girdi penceresi

Va Gerilimin Acı Degerini Giriniz [X]

Va gerilimin aci degeri

OK Cancel

Şekil 5.17 Dört baralı sisteme ait gerilimin aç değeri girdi penceresi

Devrenin Baz Gerilim De... [X]

Vbaz degeri

OK Cancel

Şekil 5.18 Dört baralı sisteme ait Vbaz değeri girdi penceresi

Şekil 5.19 Dört baralı sisteme ait S güç değeri girdi penceresi

Şekil 5.20 Dört baralı sisteme ait S güçlerinin açı değeri girdi penceresi

Şekil 5.21 Dört baralı sisteme ait Sbaz değeri girdi penceresi

```

BARA ADMİTANS MATRİSİ
Bara admitans matrisi birimi per-unit cinsindedir.
Ybara=
2, -1, -1, 0
-1, 2, -0.5,-0.5
-1,-0.5, 3.5,-1
0,-0.5, -1, 2

BARA EMPEDANS MATRİSİ
Bara empedans matrisi birimi per-unit cinsindedir.
Zbara=
1.35,1,0.7,0.6
1,1.3333,0.66667,0.66667
0.7,0.66667,0.73333,0.53333
0.6,0.66667,0.53333,0.93333

```

DEVRE AKIMLARI

Devre akımları birimi per-unit cinsindedir.

I=

-9.9089

6.2969

14.257

11.834

DEVRE GERİLİMLERİ,

Devre gerilimleri birimi per-unit cinsindedir.

V=

1

1.5881

1.4028

1.6901

DEVRENİN GERÇEK GERİLİMLERİ,

Devre gerilimleri birimi Volt cinsindedir.

V=

10

15.881

14.028

16.901

DEVRENİN GÖRÜNÜR GÜÇLERİ

Devre görünür güç değerlerinin birimi per-unit cinsindedir.

S=

-0.99089

1

2

2

DEVRENİN GERÇEK GÖRÜNÜR GÜÇLERİ

Devre görünür güç değerlerinin birimi VA cinsindedir.

S=

-9.9089

10

20

20

DEVRENİN AKTİF GÜÇLERİ

Devre aktif güç değerlerinin birimi per-unit cinsindedir.

P=

-0.99089

1

2

2

DEVRENİN GERÇEK AKTİF GÜÇLERİ

Devre aktif güç değerlerinin birimi Wat cinsindedir.

P=

-9.9089

10

20

20

DEVRENİN REAKTİF GÜÇLERİ

Devre reaktif güç değerlerinin birimi per-unit cinsindedir.

Q=

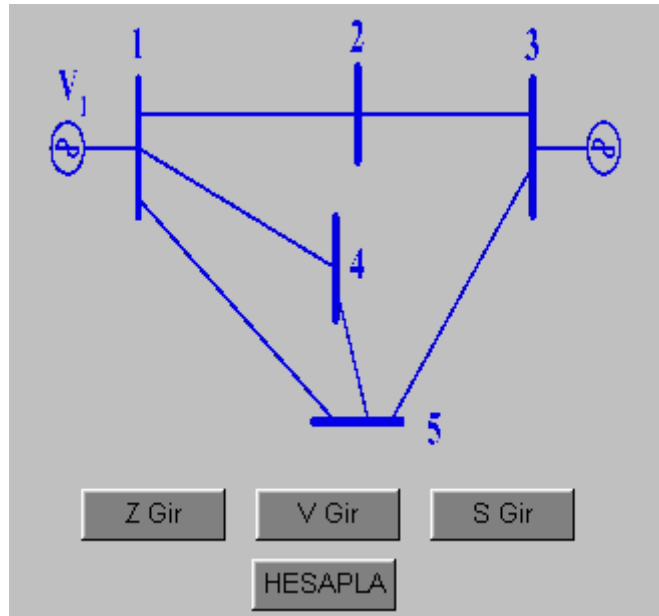
```
0
0
0
0
0

DEVRENİN GERÇEK REAKTİF GÜÇLERİ
Devre reaktif güç değerlerinin birimi VAR cinsindedir.
Q=
0
0
0
0
0
0
```

Şekil 5.22 Dört baralı sisteme ait yük akış analizi sonuçları

### 5.5 Beş Baralı Sistem

Güç sistemleri eğitimi için matlab gui tabanlı bir yük akış simülatorü penceresinden beş baralı sistemin çözümü için sisteme ait verilerin girişi yapılmalıdır. Empedans veri değerlerinin girişi için “Z Gir” butonuna basılarak istenilen empedans değerleri per-unit cinsinden girilir, gerilim değerlerinin veri girişi için “V Gir” butonuna basılarak istenilen gerilim değerleri per-unit cinsinden girilir, güç değerlerinin veri girişi için “S Gir” butonuna basılarak güç değerleri per-unit cinsinden girilir ve sisteme ait verilerin hesaplanması için “HESAPLA” butonuna basılarak sisteme ait çözüm yapılır. Sisteme ait sonuçlar word belgesinde rapor halinde görüntülenir.



Şekil 5.23 Beş baralı sisteme ait güç devresi

Devrenin Empedans Degerini Giriniz

z12 degeri

z14 degeri

z15 degeri

z23 degeri

z35 degeri

z45 degeri

OK Cancel

Şekil 5.24 Beş baralı sisteme ait empedans değeri girdi penceresi

Devrenin Gerilim Degerini Giriniz

V1 degeri

OK Cancel

Şekil 5.25 Beş baralı sisteme ait gerilim değeri girdi penceresi

V1 Gerilimin Acı Degerini Giriniz

V1 gerilimin aci degeri

OK Cancel

Şekil 5.26 Beş baralı sisteme ait gerilim aç değeri girdi penceresi

Devrenin Baz Gerilim De...

Vbaz degeri

OK Cancel

Şekil 5.27 Beş baralı sisteme ait Vbaz değeri girdi penceresi

Şekil 5.28 Beş baralı sisteme ait S güç değeri girdi penceresi

Şekil 5.29 Beş baralı sisteme ait S güçlerinin aç değeri girdi penceresi

Şekil 5.30 Beş baralı sisteme ait Sbaz değeri girdi penceresi

```

BARA ADMİTANS MATRİSİ
Bara admitans matrisi birimi per-unit cinsindedir.
Ybara=
2.5,-1,0,-1,-0.5
-1,1.5,-0.5,0,0
0,-0.5,1.5,0,-1
-1,0,0,1.5,-0.5
-0.5,0,-1,-0.5,2
BARA EMPEDANS MATRİSİ
Bara empedans matrisi birimi per-unit cinsindedir.
Zbara=
Bara admitans matrisi tekil olduğu için bara empedans matrisi

```

hesaplanamamıştır.

DEVRE AKIMLARI

Devre akımları birimi per-unit cinsindedir.

I=

-29.103

5.107

7.0103

9.2914

7.6943

DEVRE GERİLİMLERİ,

Devre gerilimleri birimi per-unit cinsindedir.

V=

1

1.9581

2.8529

2.1525

2.5993

DEVRENİN GERÇEK GERİLİMLERİ,

Devre gerilimleri birimi Volt cinsindedir.

V=

10

19.581

28.529

21.525

25.993

DEVRENİN GÖRÜNÜR GÜÇLERİ

Devre görünür güç değerlerinin birimi per-unit cinsindedir.

S=

-2.9103

1

2

2

2

DEVRENİN GERÇEK GÖRÜNÜR GÜÇLERİ

Devre görünür güç değerlerinin birimi VA cinsindedir.

S=

-58.206

20

40

40

40

DEVRENİN AKTİF GÜÇLERİ

Devre aktif güç değerlerinin birimi per-unit cinsindedir.

P=

-2.9103

1

2

2

2

DEVRENİN GERÇEK AKTİF GÜÇLERİ

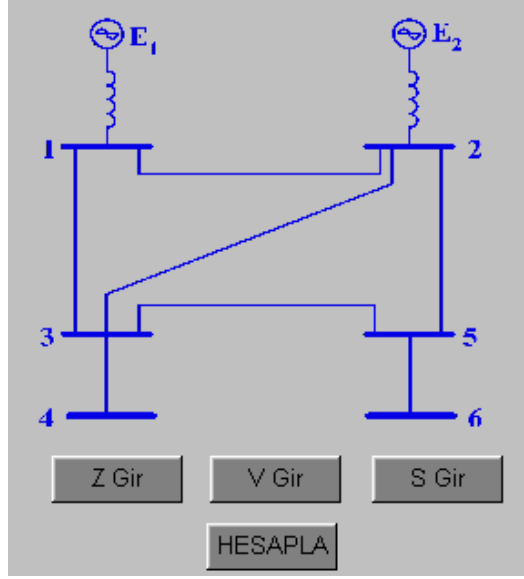
Devre aktif güç değerlerinin birimi Wat cinsindedir.

```
P=  
-58.206  
20  
40  
40  
40  
  
DEVRENİN REAKTİF GÜÇLERİ  
Devre reaktif güç değerlerinin birimi per-unit cinsindedir.  
Q=  
0  
0  
0  
0  
0  
  
DEVRENİN GERÇEK REAKTİF GÜÇLERİ  
Devre reaktif güç değerlerinin birimi VAR cinsindedir.  
Q=  
0  
0  
0  
0  
0
```

**Şekil 5.31** Beş baralı sisteme ait yük akış analizi sonuçları

### 5.6 Altı Baralı Sistem

Güç sistemleri eğitimi için matlab gui tabanlı bir yük akış simülatörü penceresinden altı baralı sistemin çözümü için sisteme ait verilerin girişi yapılmalıdır. Empedans veri değerlerinin girişi için “Z Gir” butonuna basılarak istenilen empedans değerleri per-unit cinsinden girilir, gerilim değerlerinin veri girişi için “V Gir” butonuna basılarak istenilen gerilim değerleri per-unit cinsinden girilir, güç değerlerinin veri girişi için “S Gir” butonuna basılarak güç değerleri per-unit cinsinden girilir ve sisteme ait verilerin hesaplanması için “HESAPLA” butonuna basılarak sisteme ait çözüm yapılır. Sisteme ait sonuçlar word belgesinde rapor halinde görüntülenir.



Şekil 5.32 Altı baralı sisteme ait güç devresi

The screenshot shows a software window titled "Devrenin Empedans Degerini Giriniz". It contains input fields for the following impedances: z10 degeri, z12 degeri, z13 degeri, z20 degeri, z23 degeri, z25 degeri, z34 degeri, z35 degeri, and z56 degeri. At the bottom right, there are OK and Cancel buttons.

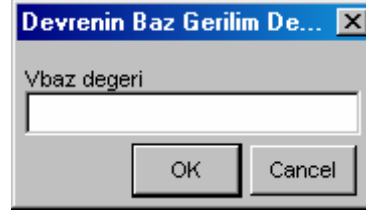
Şekil 5.33 Altı baralı sisteme ait empedans değeri girdi penceresi



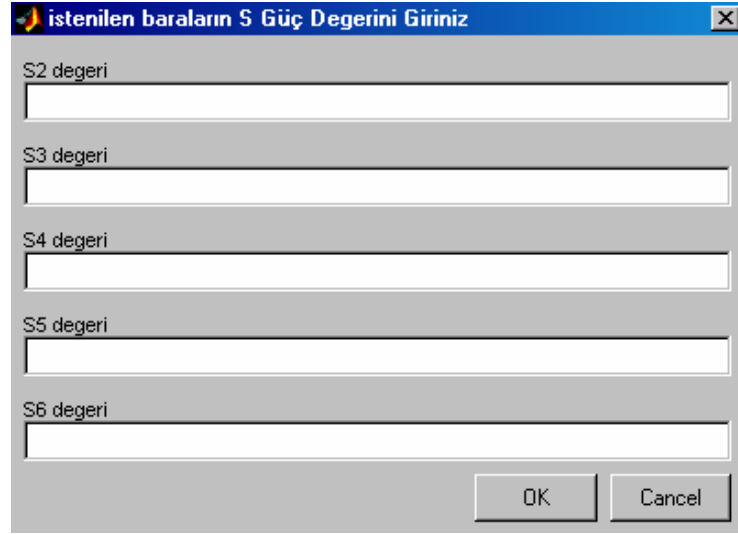
Şekil 5.34 Altı baralı sisteme ait gerilim değeri girdi penceresi



Şekil 5.35 Altı baralı sisteme ait gerilim aç değeri girdi penceresi



Şekil 5.36 Altı baralı sisteme ait Vbaz değeri girdi penceresi



Şekil 5.37 Altı baralı sisteme ait S güç değeri girdi penceresi

Şekil 5.38 Altı baralı sisteme ait S güçlerinin aç değeri girdi penceresi

Şekil 5.39 Altı baralı sisteme ait Sbaz değeri girdi penceresi

```

BARA ADMİTANS MATRİSİ
Bara admitans matrisi birimi per-unit cinsindedir.
Ybara=
3,-1,-1,0,0,0
-1,3,-0.5,0,-1,0
-1,-0.5,3,-1,-0.5,0
0,0,-1,1,0,0
0,-1,-0.5,0,2,-0.5
0,0,0,0,-0.5,0.5

BARA EMPEDANS MATRİSİ
Bara empedans matrisi birimi per-unit cinsindedir.
Zbara=
0.72881,0.54237,0.64407,0.64407,0.57627,0.57627
0.54237,0.91525,0.71186,0.71186,0.84746,0.84746
0.64407,0.71186,1.2203,1.2203,0.88136,0.88136
0.64407,0.71186,1.2203,2.2203,0.88136,0.88136
0.57627,0.84746,0.88136,0.88136,1.5254,1.5254
0.57627,0.84746,0.88136,0.88136,1.5254,3.5254

DEVRE AKIMLARI
Devre akımları birimi per-unit cinsindedir.
I=
6.1155
13.58
-20.776
6.7257
9.0896
3.4509

```

DEVRE GERİLİMLERİ,

Devre gerilimleri birimi per-unit cinsindedir.

V=

1

1.6372

0.75125

1.4238

2.1779

2.8681

DEVRENİN GERÇEK GERİLİMLERİ,

Devre gerilimleri birimi Volt cinsindedir.

V=

10

16.372

7.5125

14.238

21.779

28.681

DEVRENİN GÖRÜNÜR GÜÇLERİ

Devre görünür güç değerlerinin birimi per-unit cinsindedir.

S=

0.61155

2.2234

-1.5608

0.95761

1.9796

0.98975

DEVRENİN GERÇEK GÖRÜNÜR GÜÇLERİ

Devre görünür güç değerlerinin birimi VA cinsindedir.

S=

12.231

44.467

-31.216

19.152

39.593

19.795

DEVRENİN AKTİF GÜÇLERİ

Devre aktif güç değerlerinin birimi per-unit cinsindedir.

P=

0.61155

2.2234

-1.5608

0.95761

1.9796

0.98975

DEVRENİN GERÇEK AKTİF GÜÇLERİ

Devre aktif güç değerlerinin birimi Wat cinsindedir.

P=

12.231

44.467

-31.216

19.152

39.593

19.795

DEVRENİN REAKTİF GÜÇLERİ

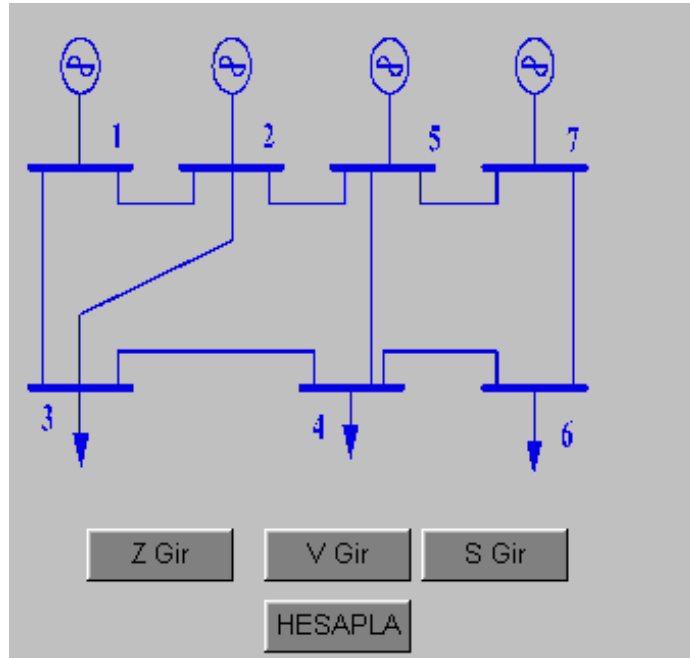
Devre reaktif güç değerlerinin birimi per-unit cinsindedir.

```
Q=  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
DEVRENİN GERÇEK REAKTİF GÜÇLERİ  
Devre reaktif güç değerlerinin birimi VAR cinsindedir.  
Q=  
0  
0  
0  
0  
0  
0  
0
```

Şekil 5.40 Altı baralı sisteme ait yük akış analizi sonuçları

### 5.7 Yedi Baralı Sistem

Güç sistemleri eğitimi için matlab gui tabanlı bir yük akış simülatörü penceresinden yedi baralı sistemin çözümü için sisteme ait verilerin girişi yapılmalıdır. Empedans veri değerlerinin girişi için “Z Gir” butonuna basılarak istenilen empedans değerleri per-unit cinsinden girilir, gerilim değerlerinin veri girişi için “V Gir” butonuna basılarak istenilen gerilim değerleri per-unit cinsinden girilir, güç değerlerinin veri girişi için “S Gir” butonuna basılarak güç değerleri per-unit cinsinden girilir ve sisteme ait verilerin hesaplanması için “HESAPLA” butonuna basılarak sisteme ait çözüm yapılır. Sisteme ait sonuçlar word belgesinde rapor halinde görüntülenir.



Şekil 5.41 Yedi baralı sisteme ait güç devresi

Devrenin Empedans Degerini Giriniz

z12 degeri

z13 degeri

z23 degeri

z25 degeri

z34 degeri

z45 degeri

z46 degeri

z57 degeri

z67 degeri

z1kaynak degeri

z2kaynak degeri

z5kaynak degeri

z7kaynak degeri

OK Cancel

Şekil 5.42 Yedi baralı sisteme ait empedans değeri girdi penceresi

Devrenin Gerilim Degerini Giriniz

V1 degeri

OK Cancel

Şekil 5.43 Yedi baralı sisteme ait gerilim değeri girdi penceresi

V1 gerilimin aci degeri

OK Cancel

Şekil 5.44 Yedi baralı sisteme ait gerilim aç ı değeri girdi penceresi

Devrenin Baz Gerilim De...

Vbaz degeri

OK Cancel

Şekil 5.45 Yedi baralı sisteme ait Vbaz değeri girdi penceresi

istenilen baraların S Güç Degerini Giriniz

S2 degeri

S3 degeri

S4 degeri

S5 degeri

S6 degeri

S7 degeri

OK Cancel

Şekil 5.46 Yedi baralı sisteme ait S güç değeri girdi penceresi

Şekil 5.47 Yedi baralı sisteme ait S güçlerinin aç ı değeri girdi penceresi

Şekil 5.48 Yedi baralı sisteme ait Sbaz değeri girdi penceresi

```

BARA ADMİTANS MATRİSİ
Bara admitans matrisi birimi per-unit cinsindedir.
Ybara=
2.5,-1,-1,0,0,0,0
-1,3.5,-1,0,-0.5,0,0
-1,-1,2.5,-0.5,0,0,0
0,0,-0.5,2,-1,-0.5,0
0,-0.5,0,-1,5,0,-1
0,0,0,-0.5,0,0.83333,-0.33333
0,0,0,0,-1,-0.33333,1.6667

BARA EMPEDANS MATRİSİ
Bara empedans matrisi birimi per-unit cinsindedir.
Zbara=
0.7373,0.36188,0.48138,0.2085,0.095827,0.16098,0.089692
0.36188,0.51575,0.38896,0.18951,0.10858,0.15192,0.095535
0.48138,0.38896,0.81448,0.33174,0.13098,0.25052,0.12869
0.2085,0.18951,0.33174,0.86269,0.24609,0.62682,0.27302
0.095827,0.10858,0.13098,0.24609,0.30647,0.24044,0.23197
0.16098,0.15192,0.25052,0.62682,0.24044,1.7759,0.49944
0.089692,0.095535,0.12869,0.27302,0.23197,0.49944,0.83907

DEVRE AKIMLARI
Devre akımları birimi per-unit cinsindedir.

```

I=  
-83.829  
67.72  
51.969  
35.781  
61.319  
26.618  
51.992

DEVRE GERİLİMLERİ,  
Devre gerilimleri birimi per-unit cinsindedir.

V=  
1  
4.7254  
6.1576  
8.9433  
5.2186  
12.022  
8.6551

DEVRENİN GERÇEK GERİLİMLERİ,  
Devre gerilimleri birimi Volt cinsindedir.

V=  
10  
47.254  
61.576  
89.433  
52.186  
120.22  
86.551

DEVRENİN GÖRÜNÜR GÜÇLERİ  
Devre görünür güç değerlerinin birimi per-unit cinsindedir.

S=  
-8.3829  
32  
32  
32  
32  
32  
45

DEVRENİN GERÇEK GÖRÜNÜR GÜÇLERİ  
Devre görünür güç değerlerinin birimi VA cinsindedir.

S=  
-167.66  
640  
640  
640  
640  
640  
900

DEVRENİN AKTİF GÜÇLERİ  
Devre aktif güç değerlerinin birimi per-unit cinsindedir.

P=  
-8.3829  
32  
32  
32  
32  
32

45

DEVRENİN GERÇEK AKTİF GÜÇLERİ

Devre aktif güç değerlerinin birimi Wat cinsindedir.

P=

-167.66

640

640

640

640

640

900

DEVRENİN REAKTİF GÜÇLERİ

Devre reaktif güç değerlerinin birimi per-unit cinsindedir.

Q=

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

Şekil 5.49 Yedi baralı sisteme ait yük akış analizi sonuçları

### 5.8 Teorik Sonuçlar İle Similatör Sonuçlarının Karşılaştırılması

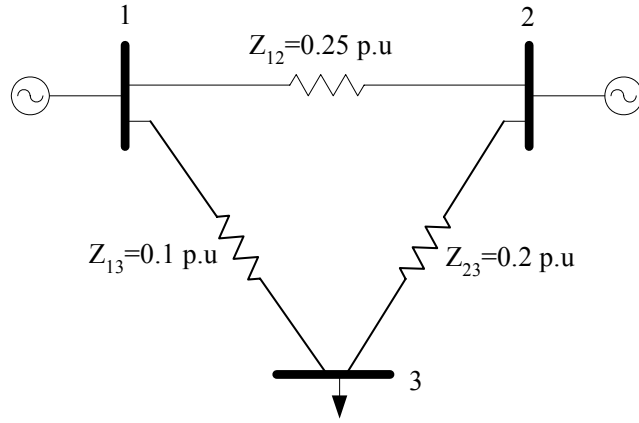
Bu uygulamada üç baralı sisteme ait devre önce klasik çözüm yöntemi uygulanarak devre çözümü yapıp istenen parametreler bulunacak ve ardından da güç sistemleri eğitimi için matlab gui tabanlı yük akış simülâtörü kullanılarak devre çözümü yapılacak ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılacaktır.

Aşağıda verilen üç baralı devre için veriler şu şekildedir;

$$V_1 = 1^{\angle 0} \quad (\text{p.u})$$

$$P_2 = 1.2 \quad (\text{p.u})$$

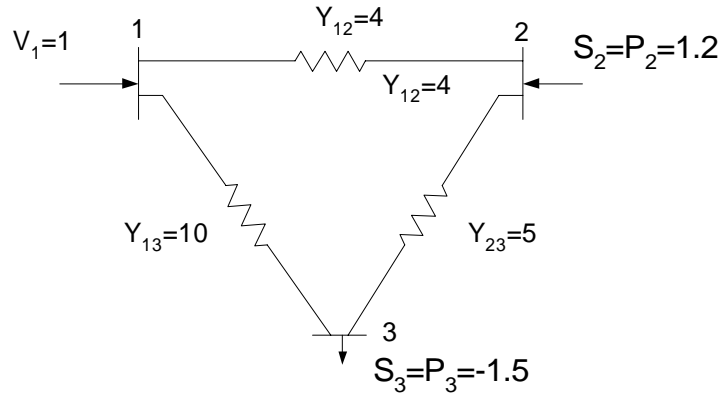
$$P_3 = 1.5 \quad (\text{p.u})$$



Şekil 5.50 Üç baralı sisteme ait empedans devresi

Devrenin teorik çözümü şu şekilde yapılır:

Öncelikle verilen üç baralı empedans devresi admitans devresine dönüştürülür. Üç baralı sisteme ait empedans devresi, aşağıdaki şekilde üç baralı admitans matrisi devresine dönüştürülür.



Şekil 5.51 Üç baralı sisteme ait admitans devresi

$$Y_{\text{BARA}} = \begin{bmatrix} Y_{11} & Y_{12} & Y_{13} \\ Y_{21} & Y_{22} & Y_{23} \\ Y_{31} & Y_{32} & Y_{33} \end{bmatrix} \quad (5.1)$$

$$Y_{\text{BARA}} = \begin{bmatrix} 14 & -4 & -10 \\ -4 & 9 & -5 \\ -10 & -5 & 15 \end{bmatrix} \quad (5.2)$$

Gauss-Seidel Metodu kullanılarak sonuçlar şöyle bulunur:

$$V_k(i+1) = \frac{1}{Y_{\text{BARA}}(k,k)} \left[ \frac{S_k^*}{V_k(i)^*} - \sum_{n=1}^{k-1} Y_{\text{BARA}}(k,n) V_n(i+1) - \sum_{n=k+1}^N Y_{\text{BARA}}(k,n) V_n(i) \right] \quad (5.3)$$

$$V_2(i+1) = \frac{1}{Y_{\text{BARA}}(2,2)} \left[ \frac{S_2^*}{V_2(i)^*} - Y_{\text{BARA}}(2,1) V_1(i+1) - Y_{\text{BARA}}(2,3) V_3(i) \right] \quad (5.4)$$

$$V_3(i+1) = \frac{1}{Y_{\text{BARA}}(3,3)} \left[ \frac{S_3^*}{V_3(i)^*} - Y_{\text{BARA}}(3,1) V_1(i+1) - Y_{\text{BARA}}(3,2) V_2(i+1) \right] \quad (5.5)$$

$$V_2(i+1) = \frac{0,4/3}{V_2(i)^*} + \frac{4}{9} V_1(i+1) + \frac{5}{9} V_3(i) \quad (5.6)$$

$$V_3(i+1) = \frac{-0,1}{V_3(i)^*} + \frac{2}{3} V_1(i+1) + \frac{1}{3} V_2(i+1) \quad (5.7)$$

**Tablo 5.1** İterasyon tablosu

İ	V2	V3
0	1	1
1	1,1333	0,9
2	1,0621	0,9333
3	1,0885	0,9224
4	1,0784	0,9180
5	1,0781	0,9171

$$V_2=1,078 \quad (\text{p.u}) \quad (5.8)$$

$$V_3=0,917 \quad (\text{p.u}) \quad (5.9)$$

$$S_2 = V_2 [Y_{\text{BARA}}(2,1) * V_1^* + Y_{\text{BARA}}(2,2) * V_2^* + Y_{\text{BARA}}(2,3) * V_3^*] \quad (5.10)$$

$$= 1.078 [(-4).1 + 9.1.078 + (-5).0.917] \quad (5.11)$$

$$= 1,2041 \quad (\text{p.u})$$

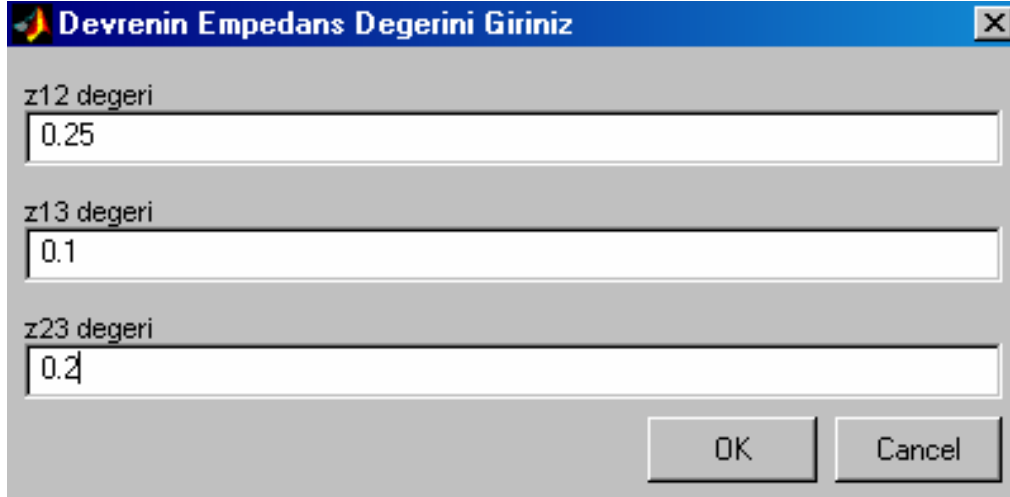
$$S_3 = V_3 [Y_{\text{BARA}}(3,1) * V_1^* + Y_{\text{BARA}}(3,2) * V_2^* + Y_{\text{BARA}}(3,3) * V_3^*] \quad (5.12)$$

$$= 0.917 [(-10) + (-5).1.078 + 15.0.917] \quad (5.13)$$

$$= -1,4993 \quad (\text{p.u})$$

Güç sistemleri eğitimi için matlab gui tabanlı bir yük akış simülasyonunda çözümü ise şu şekilde yapılır:

Güç sistemleri eğitimi için matlab gui tabanlı bir yük akış simülatörü çalıştırıldığında, baralar adlı menüden 3 baralı devre işaretlenir ve o devreye ait şekil ekrana gelir. Ayrıca ekrana gelen devreye ait empedans değerleri, güç değerleri ve gerilim değerleri girilir Program bu verileri kullanarak hesaplama yapar ve sonuçları ekrana getirir.



Devrenin Empedans Degerini Giriniz

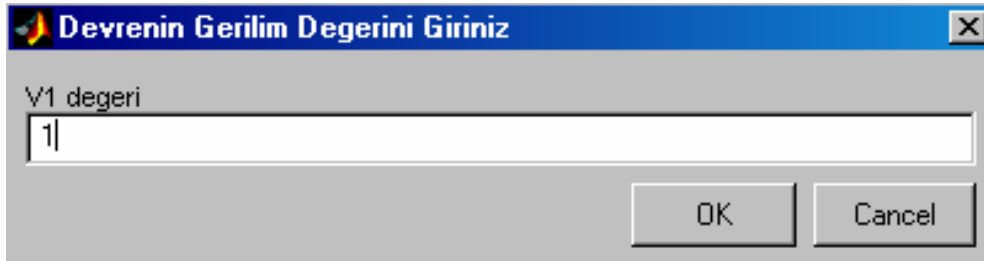
z12 degeri  
0.25

z13 degeri  
0.1

z23 degeri  
0.2

OK Cancel

Şekil 5.52 Üç baralı sisteme ait empedans değeri girdi penceresi

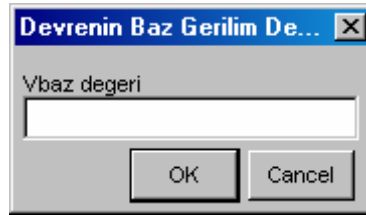


Devrenin Gerilim Degerini Giriniz

V1 degeri  
1

OK Cancel

Şekil 5.53 Üç baralı sisteme ait gerilim değeri girdi penceresi

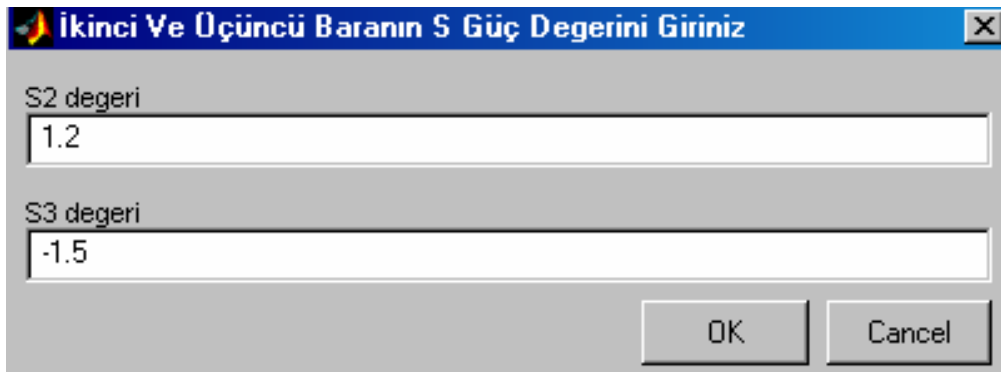


Devrenin Baz Gerilim De...

Vbaz degeri

OK Cancel

Şekil 5.54 Üç baralı sisteme ait Vbaz değeri girdi penceresi



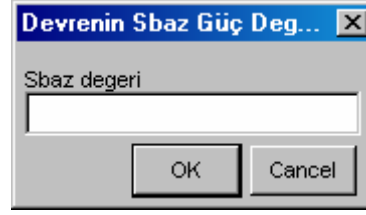
İkinci Ve Üçüncü Baranın S Güç Degerini Giriniz

S2 degeri  
1.2

S3 degeri  
-1.5

OK Cancel

Şekil 5.55 Üç baralı sisteme ait S güç değeri girdi penceresi



The image shows a Windows-style dialog box with a blue title bar containing the text 'Devrenin Sbaz Güç Deg...' and a close button (X). The main area of the dialog has a label 'Sbaz degeri' above a single-line text input field. Below the input field are two buttons: 'OK' and 'Cancel'.

Şekil 5.56 Üç baralı sisteme ait Sbaz değeri girdi penceresi

```
BARA ADMİTANS MATRİSİ
Bara admitans matrisi birimi per-unit cinsindedir.
Ybara=
14,-4,-10
-4, 9,-5
-10,-5,15

BARA EMPEDANS MATRİSİ
Bara empedans matrisi birimi per-unit cinsindedir.
Zbara=
Bara admitans matrisi tekil olduğu için bara empedans matrisi
hesaplanamamıştır.

DEVRE AKIMLARI
Devre akımları birimi per-unit cinsindedir.
I=
5.2252
11.137
-16.362

DEVRE GERİLİMLERİ,
Devre gerilimleri birimi per-unit cinsindedir.
V=
1
1.0775
0.91675

DEVRENİN GERÇEK GERİLİMLERİ,
Devre gerilimleri birimi Volt cinsindedir.
V=
10
10.775
9.1675

DEVRENİN GÖRÜNÜR GÜÇLERİ
Devre görünür güç değerlerinin birimi per-unit cinsindedir.
S=
0.52252
1.2
-1.5

DEVRENİN GERÇEK GÖRÜNÜR GÜÇLERİ
Devre görünür güç değerlerinin birimi VA cinsindedir.
S=
5.2252
```

```
12
-15

DEVRENİN AKTİF GÜÇLERİ
Devre aktif güç değerlerinin birimi per-unit cinsindedir.
P=
0.52252
1.2
-1.5

DEVRENİN GERÇEK AKTİF GÜÇLERİ
Devre aktif güç değerlerinin birimi Wat cinsindedir.
P=
5.2252
12
-15

DEVRENİN REAKTİF GÜÇLERİ
Devre reaktif güç değerlerinin birimi per-unit cinsindedir.
Q=
0
0
0

DEVRENİN GERÇEK REAKTİF GÜÇLERİ
Devre reaktif güç değerlerinin birimi VAR cinsindedir.
Q=
0
0
0
```

**Şekil 5.57** Üç baralı sisteme ait sonuç penceresi

Üç baralı güç sisteminin teorik ve simülasyon sonuçları karşılaştırıldığında sonuçların aynı olduğu görülmektedir. Dolayısıyla bu simülasyon kullanılarak daha çok uygulama yapılabilir ve yük akış analizinin daha iyi öğrenilmesi sağlanabilir.

## 6. SONUÇLAR

Bu tez çalışmasında, güç sistemleri eğitimi için iki baralı, üç baralı, dört baralı, beş baralı, altı baralı, yedi baralı olmak üzere 6 adet temel güç sistemi modeli üzerinde çalışılmıştır. Bu sistem modellerine ait akım, gerilim ve güç değerlerinin bulunması için MATLAB GUI tabanlı bir yük akış simülatörü geliştirilmiştir.

Güç sistemleri eğitimi için hazırlanan bu simülatör, kullanıcı açısından rahat bir arayüze sahiptir. Bu arayüz sayesinde kullanıcılar değişkenleri rahatlıkla probleme atayabilir ve yük akış analizlerini daha kolay bir şekilde yapabilir.

Güç sistemleri eğitimi için hazırlanan programın en büyük avantajı aynı pencere üzerinde bütün işlemlerin görüntülenmesidir. Problemin analizi ile ilgili bütün aşamalar grafiksel arayüz üzerinde gerçekleştirilmektedir. Problemin çözümünden sonraki analiz sonuçları ayrı bir pencerede rapor halinde görüntülenmektedir.

Güç sistemleri eğitimi için hazırlanan bu simülatör üzerinde çalışılarak geliştirilebilecek bir yapıya sahiptir. Gui bileşenleri istenilen şekilde düzenlenerek yeniden kodlanabilir.

Sonuçların doğruluğunu kontrol etmek amacıyla üç baralı bir güç sisteminin yük akış analizi teorik olarak hesaplanmış ve simülatör sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır. Simülatör yardımıyla hassas sonuçlar elde edildiği görülmüştür.

Sonuç olarak, bu çalışmada güç sistemlerinde yük akışı problemlerini çözmek için MATLAB GUI ortamında geliştirilen simülatör yardımıyla, bara admitans ve bara empedans matrisleri kullanıcının atıyacağı değerlere göre oluşturulmakta ve bu matrisler Gauss-seidel metoduyla çözümlenerek hızlı bir şekilde akım, gerilim ve güç değerleri hesaplanmaktadır.

## KAYNAKLAR

- [1] Arifođlu, U., Gu Sistemlerinin Bilgisayar Destekli Analizi, Alfa Basım Yayım Dağıtım Ltd. Őti., İstanbul 2002.
- [2] Arifođlu, U., Matlab 7.04 Simulink ve Muhendislik Uygulamaları, Alfa Basım Yayım Dağıtım Ltd. Őti., İstanbul 2005.
- [3] akır, H., Elektrik Gu Sistemleri Analizi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul 1986.
- [4] akır, H., Enerji İletimi (Elektrik Hesaplar), Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul 1986.
- [5] Gzel,T. ve Hocaođlu M.H. Gu Sistem Analizi İçin Grafik Kullanıcı Arabirimi, Bursa 2004.
- [6] Keyhani A., (2005), Ders Notları, [The Ohio State University](http://www.ece.ohio-state.edu/~keyhani/),columbus
- [7] Mutlu A., Yalcinoz T., ‘Eğitim amacıyla kullanılmak üzere Matlab GUI’de geliştirilen yük akışı programı’, Elektrik-Elektronik-Bilgisayar Muhendisliđi Sempozyumu, pp. 6-10 (Elektrik), ELECO'2004.
- [8] Pata A.M., An Object Oriented Graphical User Interface For Power System Analysis Applications , Ankara 1997.
- [9] Uzunođlu, M., Kızıl, Ali. ve Onar, .A., Kolay Anlatımı ile İleri Düzeyde Matlab, Türkmen Kitabevi, İstanbul. (2002),
- [10] Yazar ., An Object Oriented Graphical User Interface For Power System Modeling, Ankara 1995.

## ÖZGEÇMİŞ

İlyas TOSUN, 1978 yılında Osmaniye’de doğdu. İlk ve orta öğrenimini Adana’da tamamladı. 1995-1999 yılları arasında Fırat Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Elektrik Eğitimi Bölümü’nde lisans eğitimini tamamladı. Mezuniyetten sonra Kahramanmaraş’ın Göksun ilçesinde 60.Yıl Cumhuriyet Endüstri ve Meslek Lisesin’de elektrik öğretmeni olarak çalışmaya başladı. 2007 yılında tayini Hatay’ın İskenderun ilçesinde Mesleki Eğitim Merkezine çıkmıştır. Halen İskenderun MEM’de elektrik öğretmeni olarak görev yapmaktadır.