25626

T.C.

FIRAT ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

LİNEER OLMAYAN DEVRELERİN DURUM DENKLEMLERİNİN DEĞİŞİK BÖLGELERDE BULUNMASI VE BÖLGELER ARASI GEÇİŞLER İÇİN ANAHTARLAMA DENKLEMLERİNİN HESAPLANMASI

Yakup DEMİR

DOKTORA TEZİ

ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

Bu Tez, ... Tarihinde, Aşağıda Belirtilen Jüri Tarafından

Oybirliği / Oyçokluğu ile Başarılı / Başarısız

Olarak Değerlendirilmiştir.

(İmza)	(İmza)	(İmza)
Danışman		

ÖZET

Doktora Tezi

LİNEER OLMAYAN DEVRELERİN DURUM DENKLEMLERİNİN DEĞİŞİK BÖLGELERDE BULUNMASI VE BÖLGELER ARASI GEÇİŞLER İÇİN ANAHTARLAMA DENKLEMLERİNİN HESAPLANMASI

Yakup DEMİR

Fırat Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Elektrik-Elektronik Mühendisliği

Anabilim Dalı

1993, Sayfa: 206

Bu tezde , lineer olmayan devrelerin durum, çıkış ve kontrol denklemlerinin değişik sistem durumlarında bulunması ve bu sistem durumları arasındaki geçişler için anahtarlama denklemlerinin hesaplanması için bir formülasyon yöntemi sunulmuştur. Bunun için lineer olmayan elemanlara ilişkin kontrol denklemlerini de içeren matematiksel modeller tanıtılmıştır.

Bu çalışmada, devrede bulunan lineer olmayan elemanların karekteristiklerine parça-parça lineerlik yaklaşımı yapılmaktadır. Bu yaklaşıma göre lineer olmayan elemanlar ; anahtarlar, kaynaklar ve lineer elemanlara ek olarak Eleman Durumu - Anahtar Pozisyonu

(EDAP) tablosu ve kontrol denklemleri kullanılarak modellenmektedir. Önce, sırasıyla Sistem Durumu - Eleman Durumu (SDED) tablosu, Kısıtlama tablosu, Sistem Durumu - Anahtar Pozisyonu (SDAP) tablosu ve Sistem Durumu - Sistem Durumu (SDSD) tablosunun formülasyonu verilmektedir. Daha sonra sistem modeli, yukarıda bahsolunan matematiksel modellemelerden ve elemanların birbirleriyle bağlantı durumlarını gösteren topolojik denklemlerden yararlanılarak durum , çıkış, anahtarlama ve kontrol denklemlerinin hesaplanması ile verilmektedir .

Ayrıca yukarıda anlatılanları gerçekleştirmek için LODCAK isimli bir bilgisayar programı hazırlanmış, çözülecek problemin tanımı ve bu programla ilgili bilgiler verilmiştir. Bu çalışmada yapılan yenilikleri ortaya koyabilmek için değişik örnekler üzerinde çalışılmıştır.

ANAHTAR KELIMELERI : Lineer olmayan devreler, lineer olmayan elemanlar, sistem durumu, eleman durumu - anahtar pozisyonu, sistem durumu - eleman durumu, kısıtlama tablosu, sistem durumu - anahtar pozisyonu, sistem durumu - sistem durumu

SUMMARY

Ph. D. Thesis

COMPUTATION OF STATE EQUATIONS FOR SYSTEM STATES AND SWITCHING EQUATIONS FOR TRANSITIONS BETWEEN SYSTEM STATES IN NONLINEAR SYSTEMS

Yakup DEMİR

Fırat Üniversity

Graduate School of Naturel and Applied Sciences

Department of Electrical and Electronic Engineering

1993, Page: 206

In this thesis, a formulation method is presented for the computation of the state, output and control equations in different system states of nonlinear circuits and the switching equations for transitions between system states. For this purpose, mathematical models containing control equations of nonlinear components are introduced.

In this work, piecewise linearization approach is used for the characteristics of nonlinear compenants in the system. According to this approach nonlinear components are modelled in addition to switches, sources and linear components, by using Component State-Switch Position (CSSP) Table and control equations. First, the formulation of System State-Component State (SSCS) Table, Restriction Table, System State- Switch Position (SSSP)

Table and System State- System State (SSSS) Table are given. Later, by the use of the above mentioned mathematical models and the topological equations describing the interconnection of components, the system model is presented by the computation of state, output, switching, control equations.

For the realization of the computations described above a computer program named LODCAK is prepared, the describtion of the problem to be solved and the informations related with this program is given. To demonstrate of the innovations of this work, different examples are worked out.

KEY WORDS: Nonlinear circuits, nonlinear components, system state, component state- switch position, system state- component state, restriction table, system state- switch position, system state- system state.

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışması sırasında her türlü yardımlarını benden esirgemeyen ve bulunduğumuz şehirler arasındaki uzak mesafeye rağmen yaptığı fedakarlıklarla çalışmamın aksamadan yürümesini sağlayan Tez Yöneticim Sayın Prof. Dr. Muhammet KÖKSAL'a çok teşekkür eder şükranlarımı sunarım.

Ayrıca çalışmalarım süresince gerek yardım eden gerekse manevi yönden destek olan bölümdeki arkadaşlarıma da teşekkür ederim.

Son olarak, oldukça uzun zaman ayırmayı ve sıkı bir tempoyu gerektiren bu çalışma süresince gösterdikleri sabır ve desteklerinden dolayı eşime ve kızıma da çok teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET III

SUMMARY V

TEŞEKKÜR VII

İÇİNDEKİLER VIII

ŞEKİLLER LİSTESİ XII

TABLOLAR LİSTESİ XVI

SİMGELER LİSTESİ XVII

1. GİRİŞ 1

2. LİNEER OLMAYAN ELEMANLARIN MODELLEMESİ 9

2.1. Giriş 9

2.2. Lineer Elemanlar 10

2.3. Anahtarlar 10

2.4. Eleman Durumu - Anahtar Pozisyonu 13

2.5. Kontrol Denklemleri 15

2.6. Lineer Olmayan Elemanlar 17

2.6.1. Yarı iletken elemanlar 18

2.6.2. Lineer olmayan kapasitörler 33

2.6.3. Lineer olmayan indüktanslar 43

2.6.4. Lineer olmayan dirençler 50

2.6.5. Lineer olmayan karmaşık elemanlar 56

3. LİNEER OLMAYAN SİSTEM MODELİ 58

3.1. Giriş 58

3.2. Sistem Durumu - Eleman Durumu Matrisi 59

3.3. Sistem Durumu - Anahtar Pozisyonu Matrisi 62

3.4. Sistem Durumu - Sistem Durumu Matrisi 63

3.5. Anahtarlar İçeren Lineer Devrelerin Formülasyonu 64

3.5.1. Sistem grafı ve başlangıç denklemleri 66

3.5.2. Durum ve çıkış denklemleri 70

3.5.3. Anahtarlama denklemleri 71

3.5.4. Kontrol denklemleri 72

4. PROBLEMİN TANIMI VE DATA GİRİŞİ 75

4.1. Giriş 75

4.2. Problemin Tanımı 75

4.3. Data Girişi 82

5. BİLGİSAYAR PROGRAMININ TANITIMI 89

5.1. Giriş 89

5.2. Ana Program LODCAK 89

5.3. BADENK Altprogramı 94

5.3.1. BADENK 'in değişken isimleri 94

5.3.2. BADENK 'in altprogramları 95

5.4. SDAP Altprogramı 97

5.4.1. SDAP 'ın değişken isimleri ve altprogramları 97

5.5. FORM1 Altprogramı 98

5.5.1. Değişken isimleri 99

5.5.2. FORM1'in altprogramları 101

5.6. KONT Altprogramı 103

5.7. Programla İlgili Değerlendirmeler 103

6. ÖRNEKLER 105

6.1. Örnek 1 105

6.2. Örnek 2 111

6.3. Örnek 3 119

6.4. Örnek 4 126

6.5. Örnek 5 131

6.6. Örnek 6 135

7. SONUÇLAR 140

KAYNAKLAR 143

EK - 1 LİNEER OLMAYAN DİRENÇ UYGULAMALARI 150

EK - 2 LODCAK PROGRAMININ LİSTESİ 153

EK - 3 ÖRNEKLERE İLİŞKİN BLOCK DATA ALTPROGRAMLARI 187

EK-3.1 Örnek 1'e İlişkin BLOCK DATA Altprogramı 187

EK-3.2 Örnek 2'ye İlişkin BLOCK DATA Altprogramı 187

EK-3.3 Örnek 3'e İlişkin BLOCK DATA Altprogramı 188

EK-3.4 Örnek 4'e İlişkin BLOCK DATA Altprogramı 189

EK-3.5 Örnek 5'e İlişkin BLOCK DATA Altprogramı 190

EK-3.6 Örnek 6'ya İlişkin BLOCK DATA Altprogramı 190

EK - 4 ÖRNEKLERE İLİŞKİN BİLGİSAYAR ÇIKTISININ LİSTELERİ 192

EK-4.1 Örnek 1'e İlişkin Bilgisayar Çıktısı 192

EK-4.2 Örnek 2'ye İlişkin Bilgisayar Çıktısı 193

EK-4.3 Örnek 3'e İlişkin Bilgisayar Çıktısı 197

EK-4.4 Örnek 4'e İlişkin Bilgisayar Çıktısı 200

EK-4.5 Örnek 5'e İlişkin Bilgisayar Çıktısı 202

EK-4.6 Örnek 6'ya İlişkin Bilgisayar Çıktısı 204

ŞEKİLLER

Şekil 2.1 : İdeal anahtar, a) açık durumda, b) kapalı durumda 12

Şekil 2.2 : İdeal olmayan bir anahtarın eşdeğer devresi 12

Şekil 2.3 : a) Üç uçlu ve üç durumlu anahtar, b) iki uçlu anahtarlarla simüle edilmiş uygun anahtarlama fonksiyonlu eşdeğer devresi 13

Şekil 2.4 : a) İdeal diyot, b) i-v karekteristiği, c) eşdeğer devresi 18

Şekil 2.5 : Eşik gerilimi 0 olan diyotun i-v karekteristiği 19

Şekil 2.6 : Şekil 2.5' deki karekteristiği temsil eden devre 20

Şekil 2.7 : Eşik gerilimi Vo olan diyotun i-v karekteristiği 20

Şekil 2.8 : a), b) Şekil 2.7' deki karekteristiği temsil eden eşdeğer devre 21

Şekil 2.9 : a) Zener diyot ve b) i-v karekteristiği 22

Şekil 2.10 : a), b) Şekil 2.9 b' deki karekteristiği temsil eden eşdeğer devreler 23

Şekil 2.11 : a) Tünel diyot ve b) i-v karekteristiği 24

Şekil 2.12 : a), b) Şekil 2.11 b' deki karekteristiği temsil eden eşdeğer devreler 25

Şekil 2.13 : a) Tristör ve b) i-v karekteristiği 25

Şekil 2.14 : Şekil 2.13 b' deki karekteristiği temsil eden eşdeğer devreler 26

Şekil 2.15 : a) Triyak ve b) i-v karekteristiği 27

Şekil 2.16 : a), b) Şekil 2.15 b' deki karekteristiği temsil eden eşdeğer devreler 27

Şekil 2.17 : a) Diyak ve b) i-v karekteristiği 28

Şekil 2.18 : a), b) Şekil 2.17 b' deki karekteristiği temsil eden eşdeğer devreler 29

Şekil 2.19 : a) Transistör, b) baz karekteristiği, c) kollektör karekteristiği 30

Şekil 2.20 : Şekil 2.19 b' deki karekteristikleri temsil eden eşdeğer devre 30

Şekil 2.21 : a) Baz karekteristiği ve c) Kollektör karekteristiği 31

Şekil 2.22 : Şekil 2.21' deki karekteristikleri temsil eden eşdeğer devre 32

Şekil 2.23 : a) Lineer olmayan kapasitör ve c) iki durumlu q-v karekteristiği 33

Şekil 2.24 : Şekil 2.23 b' deki karekteristiği temsil eden eşdeğer devre 34

Şekil 2.25 : Lineer olmayan iki durumlu kapasitörün q-v karekteristiği 35

Şekil 2.26 : Şekil 2.25' deki karekteristiği temsil eden eşdeğer devre 35

Şekil 2.27 : a) Varactor diyot ve c) q-v karekteristiği 36

Şekil 2.28 : Şekil 2.27 b' deki karekteristiği temsil eden eşdeğer devre 37

Şekil 2.29 : Lineer olmayan üç durumlu kapasitörün q-v karekteristiği 37

Şekil 2.30 : Şekil 2.29' daki karekteristiği temsil eden eşdeğer devre 38

Şekil 2.31 : Lineer olmayan üç durumlu kapasitörün q-v karekteristiği 39

Şekil 2.32 : Şekil 2.31' deki karekteristiği temsil eden eşdeğer devre 40

Şekil 2.33 : Lineer olmayan üç durumlu kapasitörün q-v karekteristiği 40

Şekil 2.34 : Şekil 2.33' deki karekteristiği temsil eden eşdeğer devre 41

Şekil 2.35 : Histerisiz çevrimli kapasitörün q-v karekteristiği 42

Şekil 2.36 : Şekil 2.35' deki karekteristiği temsil eden eşdeğer devre 42

Şekil 2.37 : a) Lineer olmayan indüktans ve b)iki durumlu λ-i karekteristiği 43

Şekil 2.38 : Şekil 2.37 b' deki karekteristiği temsil eden eşdeğer devre 44

Şekil 2.39 : Üç durumlu bir indüktansın λ-i karekteristiği 45

Şekil 2.40 : Şekil 2.39' daki karekteristiği temsil eden eşdeğer devre 45

Şekil 2.41 : Tam doyumlu indüktansın λ-i karekteristiği 46

Şekil 2.42 : Şekil 2.41' deki karekteristiği temsil eden eşdeğer devre 47

Şekil 2.43 : Histerisiz çevrimli indüktansın λ-i karekteristiği 48

Şekil 2.44 : Şekil 2.43' deki karekteristiği temsil eden eşdeğer devre 48

Şekil 2.45 : Histerisiz çevrimli tam doyumlu indüktansın λ-i karekteristiği 49

Şekil 2.46 : Şekil 2.45' deki karekteristiği temsil eden eşdeğer devre 50

Şekil 2.47 : a) Lineer olmayan direnç, b) Gerilim kontrollü i-v karekteristiği, b) Akım kontrollü i-v karekteristiği 51

Şekil 2.48 : a), b) Şekil 2.47 b' deki karekteristiği temsil eden eşdeğer devreler 52

Şekil 2.49 : a), b) Şekil 2.47 b' deki karekteristiği temsil eden seri eşdeğer devreler 53

Şekil 2.50 : a), b) Şekil 2.47 c' deki karekteristiği temsil eden eşdeğer devreler 54

Şekil 2.51 : a), b) Şekil 2.47 c' deki karekteristiği temsil eden seri eşdeğer devreler 55

Şekil 2.52 : Şekil 2.48 a' daki devrenin iki anahtarla çizilmiş eşdeğeri 55

Şekil 2.53 : Varicap diyotun detaylı eşdeğer devresi 56

Şekil 3.1 : (P+Q) - kapılı zamanla değişmeyen kaynaksız lineer sistem 66

Şekil 4.1 : a) Lineer cebirsel, indüktif, kapasitif elemanlar ile bağımsız kaynaklar ve anahtarlar içeren devre, b) sistem grafı 77

Şekil 5.1 : LODCAK programının akış şeması 92

Şekil 5.2 : LODCAK tarafından kullanılan altprogramlar ve çagırma ilişkileri 93

Şekil 6.1 : a)Örnek 1'e ilişkin devre, b)Lineer olmayan direncin i-v karekteristiği .. 106

Şekil 6.2 : Şekil 6.1 b' deki karekteristiği temsil eden eşdeğer devre 106

Şekil 6.3 : a) Örnek 1'e ilişkin yeni eşdeğer devre, b) sistem grafı 108

Şekil 6.4 : a) Örnek 2'ye ilişkin devre, b) Yeni eşdeğer devre, c) Sistem grafı 112

Şekil 6.5 : a) Örnek 3'e ilişkin devre, b) DC motorun mekanik kısmına ilişkin yeni tür analojiye göre elektriksel eşdeğer devresi, c) tüm devrenin sistem grafı 120

Şekil 6.6 : a) Örnek 4'e ilişkin devre, b) Lineer olmayan direncin i-v karekteristiği, c) bu karekteristiği temsil eden eşdeğer devre 127

Şekil 6.7 : a) Örnek 4'e ilişkin yeni eşdeğer devre, b) sistem grafı 128

Şekil 6.8 : a) Örnek 5'e ilişkin devre, b) yeni eşdeğer devresi, c) sistem grafı 132

Şekil 6.9 : a) Örnek 6'ya ilişkin devre, b) yeni eşdeğer devre, c) sistem grafı 136

Şekil Ek - 1.1 : a) Lineer olmayan bir direncin i-v karekteristiği, b) eşdeğer devresi, c) EDAP tablosu 150

Şekil Ek - 1.2 : a), b) Lineer olmayan iki ayrı direncin i-v karekteristikleri, b) eşdeğer devreleri, c) EDAP tablosu 151

Şekil Ek - 1.3 : a) Lineer olmayan bir direncin i-v karekteristiği, b) eşdeğer devresi,
c) EDAP tablosu, d)kontrol denklemleri 152

Şekil Ek - 1.4 : a) Lineer olmayan bir direncin i-v karekteristiği, b) eşdeğer devresi,
c) EDAP tablosu 152

TABLOLAR

Tablo 2.1 : Lineer elemanların sembolleri ve tanım bağıntıları 11

Tablo 4.1 : BLOCK DATA altprogramının görünümü 85

Tablo 5.1 : BADENK altprogramının vektöryel argümanları 96

Tablo 5.2 : SDAP altprogramının vektöryel argümanları 98

Tablo 5.3 : Ana programdan FORM1' e aktarılan değişken isimleri ve FORM1' de kullanılan karşılıkları 100

Tablo 5.4 : FORM1 altprogramının bazı değişkenleri 101

Tablo 5.5 : KONT altprogramının vektöryel argümanları 104

SIMGELER

A_k , B_k	: Durum denklemlerine ilişkin katsayı matrisleri.
α_k	: Bağımlı kaynaklara ilişkin katsayılar.
C	: Kapasitans.
C_k , D_k	: Çıkış denklemlerine ilişkin katsayı matrisleri.
E , F	: Lineer cebirsel çok uçlu elemanların tanım bağıntılarına ilişkin katsayı matrisleri.
f	: Frekans.
$F_{k,j}, G_{k,j,i}$	: Anahtarlama denklemlerine ilişkin katsayı matrisleri.
g	: İletkenlik.
k	: Jiratör elemanının tanım bağıntısına ilişkin katsayı.
L	: İndüktans.
λ	: Halkalama akısı.
M	: Ortak indüktans.
q	: Yük.
R	: Direnç.
$\sigma_{k,j}$	: Anahtarlama zamanı.
u (t)	: Giriş (kaynak) fonksiyonları.
X	: Durum değişkenleri vektörü.
y	: Çıkış büyüklükleri vektörü.

1. GİRİŞ

Lineer eleman içeren devreler veya sistemler (bundan sonra devre ve sistem kelimeleri aynı anlamda kullanılacaktır), lineer olmayan eleman içeren devrelerden birçok yönde tamamen başka türlü davranırlar. Eğer bir devre lineer elemanlardan oluşmuşsa lineer devre olarak isimlendirilir. Devrelerde bağımsız kaynakların önemi büyüktür, çünkü bunlar giriş büyüklükleri olarak gözönüne alınırlar ve çözüm bu girişlere bir cevap olarak düşünülür. Eğer devrede, lineer olmayan eleman varsa lineer olmayan devre olarak isimlendirilir. Lineer olmayan devreler lineer devrelere göre oldukça farklılık gösterirler. Örneğin; sinüsoidal uyarıya karşı davranışları, devrenin başlangıç şartlarına, uygulanan sinyalin genliğine, frekansına ve fazına bağlı olarak çok değişik özellikler arzedebilir. Bu davranışları genellikle peryodik değildir (Chua vd., 1982).

Lineer olmayan elemanlar uzun zamandan beri yer aldıkları devrelerin analizlerini karmaşıklaştırmaktadır. Devrelerde eskiden beri yer alan bu tür elemanlara son yıllarda çok sayıda elektronik ve güç elektroniği devre elamenları da eklenmiştir. Karekteristekleri lineer olmayan güç elektroniği devre elemanlarını, hızlı anahtarlama, küçük bir güçle kontrol edebilme, küçük boyut, sessiz çalışma, düşük maliyet ve uzun ömür gibi çeşitli özellikleri vazgeçilmez hale getirmiştir. Dolayısıyla bu elemanların ya da genel olarak lineer olmayan elemanların yer aldıkları devrelerin analizi daha fazla önem kazanmıştır ve bunun için çok sayıda yöntem geliştirilmiştir. Şimdi lineer olmayan sistemlerin çözümleri ile ilgili yöntemler karşılaştırmalı olarak kısaca özetlenecektir.

Lineer olmayan bir sistemin periyodik sürekli hal çözümünün bulunmasında en basit yol sistemi tanımlayan denklemlerin geçici rejimleri sönünceye kadar nümerik integrasyonla çözülmesidir. "Brute Force" (Kaba Kuvvet) olarak adlandırılan bu yöntem, geçici rejimleri çabuk sönen sistemlerde doğru ve güvenilir sonuçlar verir. Aksi takdirde sürekli rejime ulaşıncaya kadar çok fazla nümerik integrasyon gerektirdiği için çok uzun bilgisayar zamanı

gerektirir. Eğer lineer olmayan sistem lineer ve lineer olmayan kısımlara bölünebiliyorsa ve lineer olmayan kısım daha küçükse bilinmeyen sinyalleri Fourier serileri ile gösterimini kullanan Harmonik Denge (Harmonic Balance) metodu kullanılabilir (Nakhla ve Vlach, 1976; Filicori vd., 1979). Serinin katsayıları sistemi tanımlayan denklemleri minimum hata ile sağlayacak şekilde belirlenir. Bunun için herhangi bir optimizasyon algoritmasından yararlanılabilir. Çok sayıda lineer olmayan eleman içeren veya büyük boyutlu sistemlerde optimize edilecek katsayıların sayısı arttığı için optimizasyon algoritmaları yetersiz kalmakta ve bilgisayar zamanı aşırı derecede uzamaktadır. Ancak benzer bir yaklaşım spektral analiz yöntemi kullanılarak Tohumoğlu tarafından kullanılmış ve optimizasyon veya nümerik integral kullanılmadan iterativ olarak Fourier serilerinin katsayılarının bulunabileceği gösterilmiştir (Tohumoğlu, 1993).

Üçüncü bir yaklaşım olarak Şutlama Yöntemleri (Shooting Methods) gelmektedir (Aprille ve Trick, 1972; Nakhla ve Branin, 1977; Skelboe, 1980). Bu yöntemlerde iki noktalı sınır değeri problemi çözülmektedir. Bunun için üç yaklaşım vardır ve üçü de bir peryod sonraki başlangıç şartlarını belirlemek için uygun bir algoritma kullanır. Bunlardan birincisi nümerik integrasyonla her iterasyon adımında Jakobian matrisinin hesabını gerektiren Newton metodudur. Bu metodda herhangi bir t_o anındaki başlangıç değerleri ile $t_o + T$ anındaki değerler arasındaki fark en aza indirilmeye çalışılır (Aprille ve Trick, 1972; Armanzi, 1973; Colon ve Trick, 1973). Bu gruptaki ikinci metod nümerik integrasyonla Gradyent vektörünün hesaplanmasıdır. Bu yöntemde problem, optimize edilecek parametreler olarak başlangıç değerlerinin seçildiği bir lineer olmayan programlama problemi gibi formüle edilir (Brayton ve Director, 1975; Nakhla ve Branin, 1977). Üçüncü bir yol Ekstrapolasyon yöntemi olup, sistemi tanımlayan denklemler çeşitli ekstrapolasyon algoritmalarının uygulanabilmesi için nümerik olarak entegre edilmekte ve bir dizi ilk koşul vektörleri elde edilmektedir (Skelboe, 1980; Mcleod, 1971; Cabay ve Jackson, 1976). Daha sonra çeşitli ekstrapolasyonlar kullanılarak dizinin gerçek ilk koşullara yakınsaması hızlandırılmaktadır. Newton, gradyen ve ekstrapolasyon metodlarının karşılaştırılması,

(Fattouh vd., 1980) ve (Skelboe, 1982)'de incelenmiş ve hızlı peryodik sürekli rejim metodları olarak nitelendirilmişlerdir.

Daha önce, son yıllarda lineer olmayan elemanlar olarak çok sayıda elektronik ve özellikle güç elektroniği devre elemanlarının eklendiği belirtilmişti. Bu nedenle güç elektroniği devrelerinin analizi birçok yazar tarafından ele alınmıştır. Bunlardan bazıları uzun bilgisayar zamanına gerek duyulduğu için genel metodlarla uğraşmayıp özel devrelerin çözümü ile uğraşmışlardır. Singh ve Kohli kıyıcıyla beslenen dışardan uyartımlı bir DC motoru analiz etmişlerdir (Singh ve Kohli , 1983). Racz, Baka, Lupan ve Miklas yarı peryodik olan çok parametreli sistemleri peryodik sürekli rejim şartlarından sapmalarını analiz etmişler, fakat bu sistemlerin sürekli rejim çözümünü bulmak için genel bir metod vermemişlerdir (Racz vd., 1969).

Matsu, Othashi, Thunehiro ve Chellamuthu tristörlü devrelerde durum geçiş yaklaşımını kullanmışlardır (Matsu vd., 1979; Chellamuthu ve Sastry, 1981). Bu yaklaşımda tristörün açık veya kapalı olması durumlarına geçiş zamanlarının tahmini değerlerini doğrulamak için özel bir algoritma kullanılmıştır. Ancak bu sadece kıyıcı ile beslenen bir DC motorun analizine uygulanmıştır. Milias, Zacharias, Hatziadoniu ve Galanos güç elektroniği devrelerini ideal anahtarlar ile lineer elemanlardan oluşan eşdeğer devrelerle modelleyerek anahtarların durumlarına göre sistemin durum denklemlerini düzenleyen bir algoritma sunmuşlardır (Milias vd., 1987). Bu algoritmada, devredeki durum değişkenleri sürekli kabul edilmiştir ve sadece geçici rejim analizi yapılmıştır.

Murakami genel olarak anahtarlar ve lineer RLC elemanlarından oluşan devrelerin formulasyonu ve çözümü için bir metod vermiştir (Murakami, 1987). Kapalı anahtarları gerilim kaynağı ve açık anahtarları da akım kaynağı kabul ederek durum uzayı formülasyonu kullanılmıştır. Anahtarların konum değiştirdiği anlardaki süreksizlikler ve Distribüsyon mantığıyla Heaviside ve Drac delta fonksiyonlarını kullanmıştır. Ayrıca anahtarların kontrol edilebilirliği ve gözlenebilirliğini de incelemiştir. Ancak Murakami'nin bu çalışmaları daha genel olarak her türlü cebirsel çok uçluların (bağımlı

kaynaklarda dahil) bulunması halinde yaklaşık on yıl önce Köksal tarafından yapılmış ve yayınlanmıştır (Köksal, 1975; Köksal ve Tokad, 1976; Köksal ve Tokad, 1977).

Huang ve Liu parça-parça lineer sistemlerin çözümü için basit bir algoritma sunmuşlardır (Huang ve Liu, 1989). Thevenin /Norton eşdeğer devreleri için tanımladıkları yeni bir teoreme dayalı olarak geliştirdikleri algoritmayı kullanmışlardır. Opal ve Vlach peryodik olarak anahtarlanan lineer devrelerin frekans domeni analizini ele almışlardır (Opal ve Vlach, 1989). Nümerik Laplas dönüşümü kullanarak çok doğru sonuçlar elde etmişlerdir.

Peryodik olarak uyarıldıkları zaman sürekli rejim davranışları peryodik olan lineer olmayan sistemlere her zamankinden farklı olarak ilk yaklaşım Köksal tarafından yapılmış (Köksal, 1984a ; Köksal, 1984b). Onun yaklaşımında bu şekildeki sistemler peryodik olarak zamanla değişen sistemler olarak göz önüne alınmıştır. Bu yaklaşım ne şutlama metodundaki gibi nümerik integrasyona ne de harmaonik denge metodundaki gibi optimizasyona gerek duymaz. Doğrudan peryodik olarak zamanla değişen sistemler için geliştirilen analiz yöntemleri kullanılır. Peryodik uyarı olarak da sadece sinüzoidal uyarılar değil Fourier dizisi ile gösterimlenebilen bütün peryodik uyarılar gözönüne alınır.

Güç elektroniği devrelerinin analizi için Türkbeyler, Köksal'ın yukarıda bahsolunan metodundan yararlanarak bir yaklaşımda bulunmuştur (Türkbeyler, 1987). Lineer olmayan elemanların parça-parça lineer elemanlar olarak gözönüne alındığı bu yaklaşımda lineer olmayan elemanlar, lineer elemanlar ve peryodik olarak çalışan anahtarlardan oluşan eşdeğer devrelerle modellenmiştir. Her lineer olmayan elemanın birden fazla farklı duruma sahip olduğu ve bu durumlarda kalma sürelerinin sistem cevabı tarafından belirlendiği kabul edilmiştir. Ana peryod sistemin zamanla değişmeyen lineer sistem olarak kaldığı alt aralıklara bölünerek analiz gerçekleştirilmektedir. Bu yaklaşımın diğer metodlara göre en iyi yanı nümerik integrasyon kullanmadan doğrudan sürekli rejim çözümünü elde etmesidir.

Güç elektroniği devrelerinin veya genel olarak parça-parça lineer veya dışardan kontrollu elemanların yer aldığı devrelerin sürekli hal analizi için Herdem, Türkbeyler'in

yukarıda bahsolunan metodunu da kapsayan daha genel bir yaklaşımda bulunmuş ve bunun için bir bilgisayar programı hazırlanmıştır (Herdem, 1993). Bu program, önce analizi yapılan sistemin sürekli halde girdiği durumları ve bu durumlara geçiş zamanlarının yaklaşık değerlerini belirlemekte, daha sonra geçiş zamanlarının gerçek değerlerini belirleyerek sürekli hal çözümünü bulmaktadır. Sürekli haldeki sistem durumları bulunurken sistemi tanımlayan denklemlerin tam çözümü yapılmaktadır. Bu çözümde de nümerik integrasyon kullanılmayıp her t değeri için çözüm doğrudan elde edilmiştir. Dolayısıyla büyük çözüm adımları kullanılarak çok kısa sürede sonuç elde edilebilmektedir.

Herdem tarafından hazırlanan bilgisayar programı başlangıçta birçok datanın bilindiği kabul edilerek hazırlanmıştır. Hazırlanan bu bilgisayar programının durum, çıkış, anahtarlama ve kontrol denklemlerine ihtiyacı vardır. Herdem tarafından hazırlanan program, bu çalışmanın sonucunda oluşturulan bilgisayar programının bir devamı niteliğinde olup iki program birlikte bir bütünlük oluşturacaktır.

Lineer olmayan devrelerin analizinde takip edilen metodlardan birisi devre elemanlarının değişik çalışma bölgeleri içinde anahtarlar, kaynaklar ve lineer elemanlarla özdeşleştirilmesidir. Özellikle peryodik olarak açılıp kapanan anahtarları içeren lineer devrelerin analizinde son yıllarda yapılan yenilikler ve geliştirilen yöntemler bu yaklaşımın önemini artırmıştır. Devrede anahtarların bulunması, durum ve çıkış denklemlerine ilaveten anahtarların açılıp kapanmaları ile oluşacak süreksizliklerin hesaplanması için anahtarlama denklemlerinin de kullanılmasını gerektirmiştir.

Lineer olmayan sistemlerin parça-parça lineer yapılarak peryodik anahtarlar içeren lineer devreler gibi formülasyonuna göre en önemli farklılığı anahtarlama zamanlarının önceden bilinmiyor olmasıdır. Dolayısıyla sadece durum, çıkış ve anahtarlama denklemleri formülasyon ve çözüm için yeterli değildir. Bunlara ilaveten kontrol denklemlerinin kullanılmasıda gerekmektedir. Çünkü sistemin hangi sistem durumunda olduğunun belirlenebilmesi aynı zamanda eleman durumlarını belirlemek için de kullanılan kontrol denklemleri ile mümkündür. Ayrıca lineer bir devreyi oluşturan elemanların matematik

modellerinde uç denklemleri elemanları tanımlamak için yeterlidir. Ancak lineer olmayan bir eleman modellendiğinde matematik modellerinde eşdeğer devre elemanlarının uç denklemlerine ek olarak kontrol denklemlerininde kullanılması gereklidir. Uç denklemleri ve/ veya eşdeğer devreleri aynı fakat kontrol denklemleri farklı olan elemanlar farklı davranış gösterirler.

Bu çalışmanın en önemli özelliği, daha ileride de bahsolunacağı gibi, kontrol denklemlerinin eleman modellerinin bir parçası olarak düşünülmesidir. İçindeki lineer olmayan elemanların sayısına göre, bir sistemde elemanların içinde bulunacağı değişik çalışma bölgelerine bağlı olarak sistemin lineer bir sistem olarak davranacağı durumların sayısı ve durumlar arası geçiş şekilleri artmaktadır. Verilen bir uyarım altında sistemde mümkün olan bütün durumların ve durumlar arası geçiş şekillerinin gerçekleşmesi geçerli olmasa bile, sistem çözümünün her türlü uyarım altında yapılabilmesi için durum, çıkış, anahtarlama ve sistem bazında birleştirilebilen kontrol denklemlerinin önceden mümkün olan tüm ihtimalleri göz önüne alarak hesaplamış olması gerekmektedir. Elemanların eşdeğer devreleri kullanılarak elde edilen sistemde anahtarların birbirinden bağımsız olarak çalışması durumunda sistem durumlarının sayısı ve bu durumlar arası geçiş şekillerinin sayısı çok fazla olur. Bu sayılar, her elemanın kendi eşdeğerindeki anahtarların birbirlerine bağımlılığından dolayı, eleman bazındaki bu kısıtlama ile sistem bazında da kısıtlanmaktadır. Bu kısıtlama eleman durumu- anahtar pozisyonu (EDAP) matrisi ile sağlanmaktadır. Ayrıca sistemin girebileceği durumların, bu durumlardaki anahtar pozisyonlarının ve hangi durumlardan hangilerine geçiş yapabileceğinin belirlenmesi gerekir. Bunlar da sistem durumu- eleman durumu (SDED), sistem durumu- anahtar pozisyonu (SDAP) ve sistem durumu- sistem durumu (SDSD) matrisleri ile ifade edilirler. Ayrıca lineer olmayan elemanların çalışma durumları arasında kısıtlamalar aşikar olabilir. Bu durum da kısıtlama matrisi ile ifade edilir. Kısıtlama matrisi ile SDED, SDAP ve SDSD matrisleri de kısıtlanır. Sistem bazındaki bu kısıtlama ile sistem durumlarının sayısı ve bu durumlar arası geçiş şekillerinin sayısı da azaltılmış olur.

Yukarıda kısaca bahsolunan ve ilerleyen bölümlerde detaylı olarak anlatılacak olan bu işlemleri gerçekleştirmek için LODCAK isimli bir bilgisayar programı hazırlanmıştır. Bu program, önce lineer olmayan elemanların eşdeğer devrelerinin kullanıldığı yeni devreye göre eleman tanımlarını ve çıkış denklemlerine ilişkin tanımları kullanarak başlangıç denklemlerini elde etmektedir. Daha sonra EDAP matrislerini ve varsa kısıtlama matrisini de kullanarak sırasıyla SDED ve SDAP matrislerini oluşturmaktadır. SDAP matrisine göre her sistem durumuna ilişkin durum ve çıkış denklemlerini, daha sonra sistem durumları arasındaki geçişlere ilişkin anahtarlama denklemleri hesaplanmaktadır. Son olarakta kullanıcı tarafından girilen kontrol denklemlerine ilişkin değerler sistem bazında düzenlenmektedir. LODCAK programı Bölüm 5'de detaylı olarak anlatılmıştır.

Tezin amacına ilişkin bu kısa bilgilerden sonra tezin alt bölümleri ile ilgili olarak şu açıklamalar yapılabilir.

İkinci bölümde, lineer olmayan elemanların modellemesi verilmiştir, önce lineer elemanlar ve anahtarlar hakkında bazı kısa bilgiler verildikten sonra lineer olmayan elemanın Eleman Durumu- Anahtar Pozisyonu (EDAP) tablosunun oluşturulması ve eleman durumlarını belirlemek için kullanılan kontrol denklemlerinin, kontrol denklemleri sayısının birden fazla olması halinde bunlar arasındaki bağlaçların, eleman durumlarının zamanla ilgilerinin ve zamanla ilgili eleman durumlarına ilişkin zaman değerlerinin formülasyonu verilmiştir. Daha sonra lineer olmayan elemanlar başlığı altında, parça-parça lineerlik yaklaşım metodu ile bazı lineer olmayan elemanların eşdeğer devreleri modellenmiştir.

Üçüncü bölümde, lineer olmayan sistem modeli verilmiştir. Genel açıklamalardan sonra sistem durumu- eleman durumu (SDED) tablosunun ve kısıtlama tablosunun oluşturulması, daha sonra sırasıyla sistem durumu- anahtar pozisyonu (SDAP) tablosunun ve sistem durumu-sistem durumu (SDSD) tablosunun oluşturulması verilmiştir. Daha sonra da anahtarlar içeren lineer devrelerin formülasyonu başlığı altında önce sistem grafı ve başlangıç denklemlerinin bulunması için, sonra durum ve çıkış denklemlerinin bulunması için, daha

sonra anahtarlama denklemlerinin bulunması için gerekli olan işlemler anlatılmış ve bu işlemler ile ilgili formülasyon verilmiştir. Ayrıca kontrol denklemleri sistem bazında formüle edilmiştir.

Dördüncü bölümde, önce hazırlanan bilgisayar programı ile çözülecek her problemin tanımının nasıl yapılacağına ilişkin genel açıklamalar verilmiştir. Sonra dataların kullanıcı tarafından nasıl girileceği ve kullanıcı programındaki değişkenlerin tanımları ve kullanıcı alt programının (BLOCK DATA) görünümü verilmiştir.

Beşinci bölümde, yukarıda anlatılanları gerçekleştirmek üzere hazırlanan bilgisayar programı tanıtılmıştır. Genel açıklamalardan sonra hazırlanan programın akış şeması verilmiştir.Ana program ve kullanılan alt programlar ile bunların değişkenleri anlatılmıştır. Bu bölümün sonunda programın hafıza gereksinimi, çalışma süresi gibi bilgilerinde verildiği programla ilgili genel bir değerlendirme verilmiştir.

Altıncı bölümde, hazırlanan bilgisayar programının özelliklerini çeşitli yönleriyle ortaya koyabilmek için değişik örnekler verilmiştir. Bazı özellikleri açıkca gösterebilmek için örnek sayısı özellikle fazla seçilmiştir.

Yedinci bölümde, tezle ilgili sonuçlar özetle verilmiştir. Yani yapılanların getirdiği kolaylıklardan ve üstünlüklerden, uygulama esnasındaki sınırlamalardan ve daha sonra yapılacak çalışmalara ışık tutacak olan tavsiyelerden bahsedilmiştir.

Tezin sonunda ise lineer olmayan direnç uygulamaları, hazırlanan bilgisayar programının listesi ek olarak verilmiştir. Ayrıca Bölüm 6'daki her örneğe ilişkin, dataların girildiği BLOCK DATA altprogram listeleri ve program çıktı listeleri de ek olarak verilmiştir.

2. LİNEER OLMAYAN ELEMANLARIN MODELLEMESİ

2.1. Giriş

Parça parça lineer veya dışarıdan kontrollü gibi lineer olmayan elemanları içeren devreler lineer olmayan devrelerdir. Bu devrelerdeki lineer olmayan elemanların karakteristiklerine parça-parça lineerlik yaklaşımı yapılır. Peryodik olarak uyarıldıkları zaman sürekli halde peryodik olarak çıkış veren lineer olmayan devreler de bu yaklaşımla peryodik olarak zamanla değişen lineer devreler gibi analiz edilebilirler. Bu yaklaşım her ne kadar farklı bir şekilde de olsa (Köksal, 1984a)' da kullanılmıştır. Devrede yer alan parça-parça lineer veya dışarıdan kontrollü elemanlar sadece anahtarlar, kaynaklar ve lineer elemanlar kullanılarak modellenebilirler. Anahtarların bazılarının açık bazılarının kapalı olmalarıyla oluşan her bir kombinasyon, parça-parça lineer veya dışarıdan kontrollü elemanların her bir lineer bölgesine karşılık gelir. Devrenin tamamının davranışı peryodik olduğu için bu yaklaşımla devrede yer alacak anahtarların çalışmaları da peryodik olacaktır. Bu nedenle söz konusu devreler, peryodik olarak çalışan anahtarlar içeren devreler gibi analiz edilebilirler. Bu tip devrelerin analizi için ise gerekli tüm teorik çalışmalar hemen hemen tamamlanmış gibidir (Köksal ve Tokad, 1976; Köksal ve Tokad, 1977). Ayrıca, bu metodla parça-parça lineerlik özelliği göstermeyen değişimlere sahip lineer olmayan devrelerin analizi de belirli hata sınırları içerisinde mümkün olmaktadır.

2.2. Lineer Elemanlar

Lineer ve lineer olmayan devrelerde kullanılan bazı lineer elemanların sembolleri ve tanım bağıntıları Tablo 2.1'de topluca görülmektedir (Hüseyin vd., 1976). Lineer çok uçlu cebirsel, kapasitif ve indüktif elemanların tanım bağıntıları genel olarak sırayla

$$E.v_{çu} - F.i_{çu} = 0 \tag{2.1}$$

$$C.\dot{v}_c - i_c = 0 \tag{2.2}$$

$$L.\dot{i}_L - v_L = 0 \tag{2.3}$$

şeklinde yazılabilir. Bu devrelerde v (i) çok uçlunun uç gerilimlerini (akımlarını) gösteren vektördür. Tablo 2.1'de görülen elemanların çoğu yukarıdaki genel şekilde tanımlanmıştır. Ancak, iki uçlu bağımlı kaynaklar için özel bir gösterim kullanılmıştır.

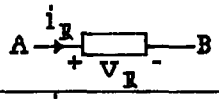
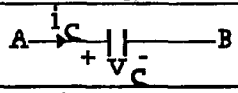
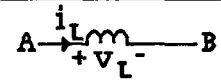
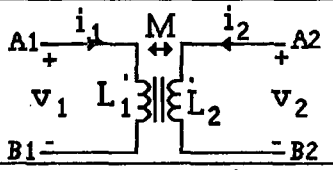
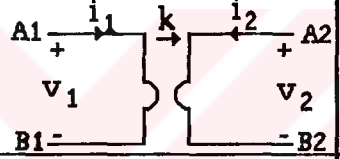
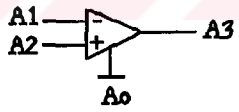
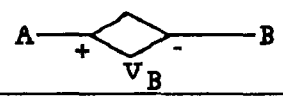
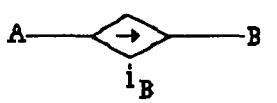
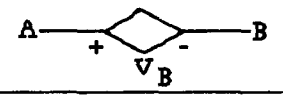
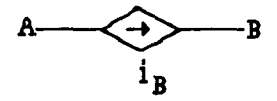
Lineer elemanların tanım bağıntıları ile ilgili daha fazla bilgi ileriki bölümlerde verilecektir.

2.3. Anahtarlar

Eğer bir eleman kapalı durum da küçük bir direnç, açık durumunda büyük bir direnç gibi iki farklı değer gösteriyor ise bu iki uçlu elemana ideal olmayan anahtar denir. Bu dirençler anahtarın iletim ve kesim dirençleri olarak da adlandırılırlar.

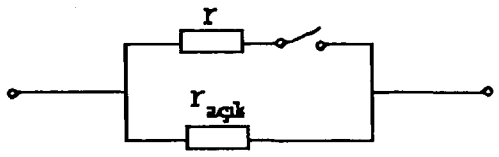
Eğer bir anahtarın anahtarlama fonksiyonu belirli bir peryotla zamanın peryodik bir fonksiyonu olursa anahtara Peryodik Olarak Çalışan Anahtar denir . Bir anahtarın kapalı durumdaki direnci sıfır ve açık durumundaki direnci sonsuz ise böyle bir anahtara ideal anahtar denilir (Köksal, 1975). İdeal bir anahtarın şematik gösterimi Şekil 2.1'de verilmiştir.

Tablo 2.1 Lineer elemanların sembolleri ve tanım bağıntıları

Elemanın adı	Sembolü	Tanım Bağıntısı
Direnç (R)		$v_R - Ri_R = 0$
Kapasite (C)		$C\dot{v}_C - i_C = 0$
İndüktans (L)		$Li_L' - v_L = 0$
Ortak İndüktans (L)		$\begin{bmatrix} L_1 & \pm M \\ \pm M & L_2 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} i_1' \\ i_2' \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$
Jiratör (J)		$\begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 0 & k \\ -k & 0 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} i_1 \\ i_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$
İşlemsel Kuvvetlendirici (2 uçlu) (OP2)		$\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ -1 & 0 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} i_1 \\ i_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$
İşlemsel Kuvvetlendirici (3 uçlu) (OP3)		$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & 1 & 0 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} i_1 \\ i_2 \\ i_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$
Gerilim Kontrollü Gerilim Kaynağı (GKGK)		$v_B - (\alpha_1 v_1 + \alpha_2 v_2 + \ldots) = 0$
Gerilim Kontrollü Akım Kaynağı (GKAK)		$i_B - (\alpha_1 v_1 + \alpha_2 v_2 + \ldots) = 0$
Akım Kontrollü Gerilim Kaynağı (AKGK)		$v_B - (\alpha_1 i_1 + \alpha_2 i_2 + \ldots) = 0$
Akım Kontrollü Akım Kaynağı (AKAK)		$i_B - (\alpha_1 i_1 + \alpha_2 i_2 + \ldots) = 0$

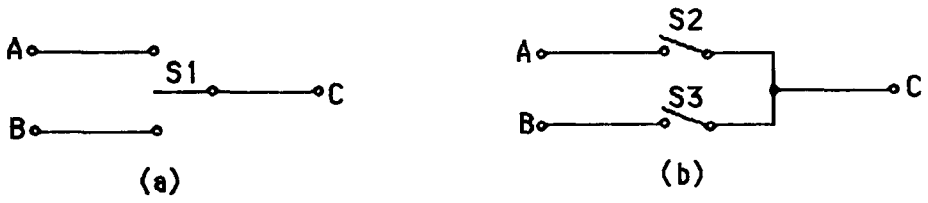
Şekil 2.1 İdeal anahtar, a) açık durumda, b) kapalı durumda

İdeal olmayan anahtarlar bir ideal anahtar ve iki direnç kullanılarak Şekil 2.2'de gösterildiği gibi simüle edilebilirler. Pratikte kullanılan anahtarlar ne ideal olan ne de ideal olmayan anahtarlara tam olarak benzemezler. Pratik anahtarlar için, anahtarın bir durumundan diğer durumuna geçme zamanı sıfır değildir. Bu nedenle her zaman için AÇIK ve KAPALI durumlarına ek olarak bir de geçiş (anahtarlama) durumu gözönüne alınmalıdır. Geçiş durumları ile ilgili olarak Yükselme ve Düşme zamanları tanımlanılır. Yarıiletken anahtarlar için sıfır olmayan geçiş zamanlarını temsil etmek üzere ideal olmayan anahtarın eşdeğer devresinde açık durum direncine paralel olarak küçük değerde bir kapasite (jonksiyon kapasitesi) bağlanabilir. Pratikte kullanılan anahtarlarda bu durum, çalışma peryodu, kaynak ve empedans seviyelerine bağlıdır (Köksal, 1975).



$$r_{kapalı} = \frac{r \cdot r_{açık}}{r + r_{açık}}$$

Şekil 2.2 İdeal olmayan bir anahtarın eşdeğer devresi



Şekil 2.3 a) Üç uçlu ve üç durumlu anahtar, b) iki uçlu anahtarlarla simüle edilmiş uygun anahtarlama fonksiyonlu eşdeğer devresi

Uygulamada ikiden fazla uçlu yada ikiden fazla durumlu anahtarlar da vardır. Bu anahtarlar, sadece iki ucu bulunan ve uygun anahtarlama fonksiyonuna sahip olan anahtar devreleri yardımıyla simüle edilebilirler (Köksal, 1975). Bu anahtarlarla ilişkin üç uca ve üç duruma sahip bir örnek ile uygun anahtarlama fonksiyonuna sahip olan iki uçlu anahtarlarla simüle edilmiş eşdeğer devresi Şekil 2.3'de görülmektedir. Uygun anahtarlama fonksiyonundan ileriki bölümler de detaylı olarak bahsedilecektir.

Sonuç olarak anahtar ideal değilse, (ideal anahtar + diğer elemanlar) şeklinde modellenebildiği kabul edileceğinden tüm anahtarların ideal iki uçlu anahtarlar olduğu varsayılmıştır.

2.4. Eleman Durumu - Anahtar Pozisyonu

Lineer olmayan elemanların karekteristiklerine yapılan parça parça lineerlik yaklaşımı ile farklı eğimli doğrulara sahip yeni karekteristikler elde edilir. Bu herbir doğru parçası o elemanın bir eleman durumuna karşılık gelmektedir. Meydana gelen herbir eleman durumu, lineer olmayan elemanın modellemesi ile ortaya çıkan anahtar

pozisyonlarının birbirlerine göre farklı kombinasyonlarından oluşur. Ya da bir sistemde birbirleri ile senkronize çalışan anahtarlar çok uçlu anahtarlar grubu olarak bir eleman şeklinde gösterilebilir. Böylece anahtarların senkronize çalışma şartlarına bağlı olarak anahtar pozisyonlarının birbirlerine göre farklı kombinasyonlarından da eleman durumları oluşur.

Eleman durumlarına göre anahtarların farklı pozisyonlarını gösteren tabloya Eleman Durumu - Anahtar Pozisyonu (EDAP) tablosu denir ve bu tablonun içeriği matris formda verilir.

Bir sistemde lineer olmayan eleman sayısı n_{es} olsun. i=1,2,...,n_{es} ise, i. eleman için, n_s^i: anahtar sayısını, n_{ed}^i : durum sayısını göstersin. M_{EDAP}^i , i. elemanın $n_{ed}^i . n_s^i$ boyutlu EDAP matrisi olsun. Bu durumda

$$M_{EDAP}^i = \left[\left(m_{EDAP}^i \right)_{k,l} \right]_{n_{ed}^i , n_s^i} \quad , \quad \left(m_{EDAP}^i \right)_{k,l} \varepsilon \{0,1\}$$

dir ve $(m_{EDAP}^i)_{k,l}$, i. eleman için, k. durumda l. anahtarın pozisyonunu gösterir (kapalı ise 1, açık ise 0). Burada k=1,2,...,n_{ed}^i ve l=1,2,...,n_s^i dir. Normal olarak iki uçlu anahtarlar ele alındığından, anahtarların bağımsız çalışmaları halinde n_{ed}^i 'nin alabileceği en yüksek değer $2^{n_s^i}$ dir.

Yukarıdaki tanımların daha iyi anlaşılabilmesi için örnek olarak, içinde anahtarlar bulunan 2 elemanı olan bir sistem ele alınabilir. 1. elemanın 1, 2. elemanın zıt fazlı çalışan 2 anahtar içerdiği varsayılırsa bu sistemin EDAP tabloları ve matrisleri

1. elemanın eleman durumları için :

I	S1
1	1
2	0

$$M_{EDAP}^1 = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

2. elemanın eleman durumları için :

II	S2	S3
1	1	0
2	0	1

$$M_{EDAP}^2 = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

şeklinde yazılırlar. Burada 2. eleman için en fazla $2^2 = 4$ eleman durumu olabilmesine karşın, anahtarların zıt fazlı çalışmasından dolayı 2 eleman durumu mevcuttur, yani $n_{ed}^2 = 2$.

2.5. Kontrol Denklemleri

Lineer bir devreyi oluşturan elemanların matematik modellerinde uç denklemleri elemanları tanımlamak için yeterlidir. Ancak, lineer olmayan bir eleman parça-parça lineer elemanlar ve anahtarlarla (eşdeğer devresi ile) modellendiğinde matematik modellerde eşdeğer devre elemanlarının uç denklemlerine ek olarak kontrol denklemlerinin de kullanılması gereklidir. Uç denklemleri ve/veya eşdeğer devreleri aynı fakat kontrol denklemleri farklı olan elemanlar farklı davranış gösterirler.

Eleman durumlarını belirlemek için kullanılan denklemlere kontrol denklemleri denir. Burada denklem eşitsizlikleri de kapsar anlamda kullanılmış olup, bir elemanın durumunu belirlemek için en az bir eşitsizliğin olduğu varsayılır. i. elemanın j. durumuna ilişkin kontrol denklemleri

$$L_j^i \, y_j^i(t) \geq R_j^i \tag{2.4}$$

biçiminde yazılır. Burada L_j^i matrisi, $n_j^i . m_j^i$ boyutunda olup durum değişimine neden olan uç büyüklüklerinden oluşan $y_j^i(t)$ vektörüne ilişkin katsayıları içerir. n_j^i: i. elemanın j. durumunun kontrol denklemi sayısı, $m_j^i : y_j^i(t)$ vektörünün boyutu olup

$$L_j^i = \left[\left(l_j^i\right)_{k,l}\right]_{n_j^i, m_j^i} \quad , \quad \left(l_j^i\right)_{k,l} \varepsilon R$$

dir. R_j^i vektörü; n_j^i boyutunda olup uç büyüklüklerinin durum değişimine neden olan referans değerlerini gösterir.

$$R_j^i = \left[\left(r_j^i\right)_k\right]_{n_j^i} \quad , \quad \left(r_j^i\right)_k \varepsilon R$$

dır.

i. elemanının eleman durumları için kontrol denklemleri sayısının birden fazla olması halinde bunların birbirine VE ile mi yoksa VEYA ile mi bağlı olduğunu gösterebilmek için Z^i matrisi tanımlanmıştır. Z^i matrisi Herdem (1993) tarafından hazırlanan PGEDAN programına aktarılacak şekilde kullanılmıştır. i. elemana ilişkin bilgileri içeren Z^i matrisi

$$Z^i=\left[\left(z^i\right)_{l,k}\right]_{n_d^i,\ \max_j\left(n_j^i\right)} \quad , \quad \left(z^i\right)_{l,k}\varepsilon\{0,1,2\}$$

şeklindedir. Burada n_d^i: i. elemandaki durum sayısıdır. Z^i matrisinin l. sırasının elemanları, l. eleman durumuna ilişkin kontrol denklemlerinin birbiriyle olan mantıksal ilişkilerini

$$\left(z^i\right)_{l,k}=\begin{cases} 0, (k+1).\ \text{denklem yok ise} \\ 1, k.\ \text{denklem } (k+1).\ \text{denkleme VE ile bağlı ise} \\ 2, k.\ \text{denklem } (k+1).\ \text{denkleme VEYA ile bağlı ise} \end{cases}$$

şeklinde gösterir. Burada, $k= 1,2,\ldots., \max_j\left(n_j^i\right)$.

Yukarıdaki tanımlamalar sadece parça parça lineer elemanlar için yeterlidir. Eğer bu elemanlar aynı zamanda dışarıdan da kontrol ediliyorsa, eleman durumlarının belirlenmesinde bununda dikkate alınması gerekir. Çünkü eleman durumlarını sadece hesaplanan büyüklükler (y) değil dışarıdan yapılan etkide belirleyecektir. Kontrol denklemlerinin yanısıra bu etkilerin zaman değerlerinin de bilinerek kontrol edilmesi gerekir. Bu nedenle öncelikle elemanların hangi durumlarının zamanla ilgili, hangi durumlarının ilgisiz olduğunu gösteren bir F^i vektörü

$$F^i=\left[\left(f^i\right)_j\right]_{n_d^i} \quad , \quad \left(f^i\right)_j\varepsilon N$$

$$\left(f^i\right)_j=\begin{cases} 0, \text{i. elemanın j. durumu zamanla ilgili değil ise} \\ \quad \text{(zamanla kontrol edilmiyorsa)} \\ n, \text{i. elemanın j. durumu bir peryotta n kez kontrol ediliyor ise} \\ \quad \text{(zamanla kontrollu ise)} \end{cases}$$

ifadeleriyle tanımlanmıştır. Burada $N=\{0,1,2,3,\ldots.\}$ sayma sayıları kümesidir. Zamanla ilgili olan eleman durumlarına ilişkin zaman değerleri de T^i vektöründe toplanmıştır. Bu vektör

$$T^i = \left[\left(t^i\right)_l\right]_{L^i} \quad , \quad L^i = \sum_{j=1}^{n_d^i} \left(f^i\right)_j \quad , \quad \left(t^i\right)_l \varepsilon R$$

şeklindedir. Zaman değerleri durum sırası takip edilerek ve her durum sırası için küçükten büyüğe olacak şekilde sıralanır. Elemanın herhangi bir durumu zamanla ilgili değilse, o durum için T^i vektöründe yer ayrılmaz. Ancak bir elemanının hiçbir durumu zamanla ilgili değilse $T^i = [0]$ olarak alınır. Bu durumda F^i 'nin tüm elemanları 0 olacağından T^i'nin 0 olarak yazılan bu elemanının bir önemi yoktur. F^i ve T^i'ler PGEDAN programına aktarılır (Herdem, 1993).

2.6. Lineer Olmayan Elemanlar

Bu çalışmada parça parça lineer elemanlar olarak daha çok güç elektroniği devrelerinde kullanılan yarı iletken elemanlar ve lineer olmayan direnç, kapasite ve indüktans gibi elemanlar gözönüne alınacaktır. Bu elemanların yer aldıkları devrelerin peryodik olarak çalışan anahtarlar içeren devreler gibi analiz edilebilmeleri için bu elemanların yerine eşdeğer devrelerinin gözönüne alınması gerekir. Bu eşdeğer devreler anahtarların yanısıra direnç, indüktans, kapasitör (R,L,C) ve sabit kaynaklar da içerebilir.

Yarı iletken elemanların iletime geçme ve kesime gitme zamanları ihmal edilebiliyorsa bu elemanların reaktif etkileri çok önemli değildir. Dolayısıyla yarı iletken elemanların eşdeğer devrelerini elde etmek için i-v karekteristiklerinde parça- parça lineerlik yaklaşımı kullanılabilir. Yarı iletken elemanların geçici rejim davranışlarının önemli olduğu durumlarda iletime geçme ve kesime gitme zamanları ihmal edilemeyebilir. Buna hem uyarma sinyallerinin peryotlarına hem de devrenin zaman sabitlerine göre karar verilir. Eğer yarıiletkenle ilgili zaman değerleri, devreyle ilgili zamanlar yanında ihmal edilemiyorsa o zaman yukarıda verilen eşdeğer devreler yeterli olmayabilir. Bu durumda eşdeğer devrelerde kapasite ve indüktans gibi reaktif elemanlar da yer almalıdır. Bu

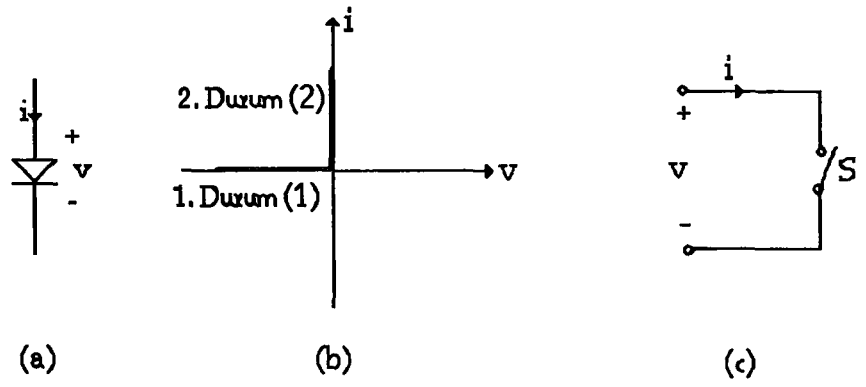
şekildeki eşdeğer devreler literatürde geniş bir şekilde bulunabilirler (Rajagopalan, 1987; Sarkar ve Mukhopadhyay, 1982; Mukhopadhyay ve Mitra, 1980; Williams, 1977; Gray ve Searle, 1969); ancak böyle elemanların modellenmesine ilişkin bir örnek lineer olmayan karmaşık elemanlar alt başlığı altında Bölüm 2.6.5.'de verilmiştir.

Şimdi parça -parça lineerlik yaklaşımı metodu ile bazı lineer olmayan elemanların eşdeğer devreleri modellenecektir.

2.6.1. Yarı iletken elemanlar

Diyot :

Devre sembolü ve i-v karekteristiği (buradaki i üst olarak i. elemanı gösterenden farklı olarak akımı belirtmektedir) Şekil 2.4a ve b'de görülen (herhangi bir devrede i. eleman olarak kabul edilen) bir ideal diyotun eşdeğer devresi Şekil 2.4 c' de verilmiştir.



Şekil 2.4 a) İdeal diyot, b) i-v karekteristiği, c)Eşdeğer devresi

Burada S anahtarı 1. eleman durumunda açık, 2. eleman durumunda kapalıdır. Bu duruma göre EDAP tablosu ve matrisi :

i	S
1	0
2	1

$$M^{i}_{EDAP}=\begin{bmatrix}0\\1\end{bmatrix}$$

dir. Kontrol denklemleri:

1. durumda $L_1^i\, y_1^i(t) \geq R_1^i$ için

$[-1]\,[v] \geq [0]$

2. durumda $L_2^i\, y_2^i(t) \geq R_2^i$ için

$[1][i] \geq [0]$

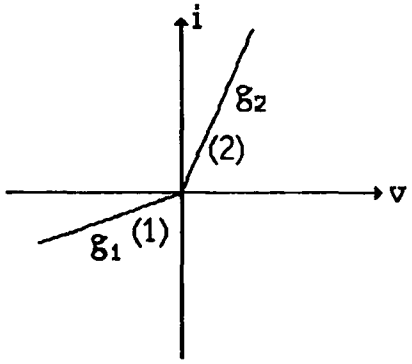
dır. Bu eleman için

$$Z^i=\begin{bmatrix}0\\0\end{bmatrix}$$

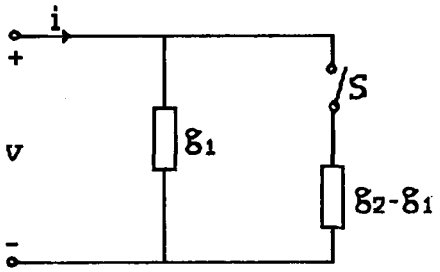
dır. Burada 1. durumda tek kontrol denklemi olduğu için Z^i matrisinin 1. satırının tek elemanı vardır ve değeri 0 dır. 2. durumda da tek kontrol denklemi olduğu için Z^i matrisinin 2. satırınında tek elemanı vardır ve değeri 0 dır.

Bu elemanın durumlarının zamanla ilgisi olmadığı için

$F^i=[0 \quad 0]$



Şekil 2.5 Eşik gerilimi 0 olan diyotun i-v karekteristiği



Şekil 2.6 Şekil 2.5'deki karekteristiği temsil eden devre

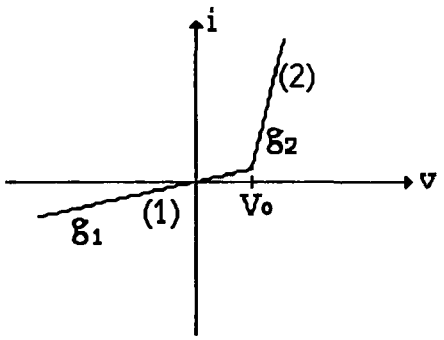
dır. İletim ve kesim dirençleri 0 ve ∞ dan farklı, eşik gerilimi 0 kabul edilen ideal olmayan bir diyotun i-v karekteristiği Şekil 2.5'de verilmiştir.Bu şekilden

1. durum için $i = g_1 . v$
2. durum için $i = g_2 . v$

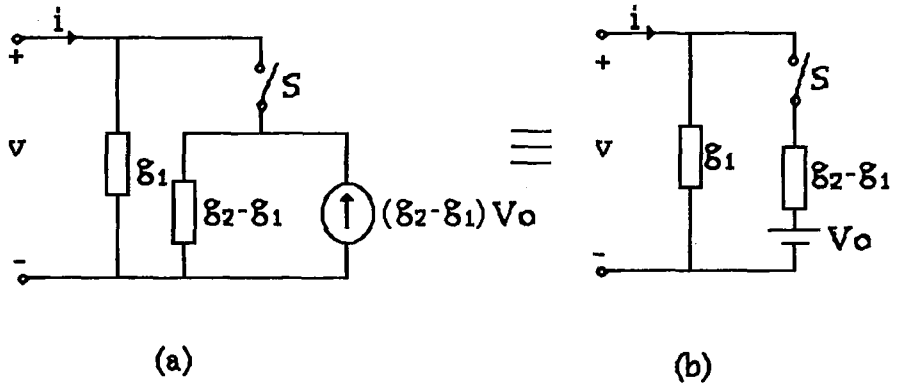
ve $0<g_1<g_2$ olduğu görülür. Bu ifadelerden oluşan eşdeğer devre Şekil 2.6'daki gibi elde edilir.

Bu elemanın EDAP tablosu ve matrisi ideal diyotunki gibidir. Kontrol denklemleri ise şöyledir :

1. durumda $\begin{bmatrix} -1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v \\ i \end{bmatrix} \geq \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$



Şekil 2.7 Eşik gerilimi Vo olan diyotun i-v karekteristiği



Şekil 2.8 a),b)Şekil 2.7'deki karekteristiği temsil eden eşdeğer devreler

2. durumda $\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} v \\ i \end{bmatrix} \geq \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$

$$Z^i = \begin{bmatrix} 2 & 0 \\ 2 & 0 \end{bmatrix}$$

$$F^i = \begin{bmatrix} 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Eşik geriliminin Şekil 2.7'deki gibi sıfırdan farklı olduğu kabul edilirse ;

1. durum için $i = g_1 . v$
2. durum için $i = g_2 . v - (g_2 - g_1) V_0$

şeklinde yazılan uç denklemlerinden eşdeğer devre Şekil 2.8'deki gibi elde edilir. EDAP tablosu ve matrisi ideal diyottaki gibi olup kontrol denklemleri:

1. durumda $[-1][v] \geq [-V_0]$

2. durumda $[1][v] \geq [V_0]$

$$Z^i = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$F^i = \begin{bmatrix} 0 & 0 \end{bmatrix}$$

şeklinde yazılabilir.

Zener diyot:

Bu elemanın ve bundan sonra tanıtılacak elemanların karekteristikleri, eşdeğer devreleri, EDAP tabloları, EDAP matrisleri ve kontrol denklemlerine ilişkin tanımlamalarda kullanılan gerekli açıklamalar yukarıdaki örneklere benzer olduğundan tekrarı önlemek için özel hallerin dışında yazılmayacaktır.

Devre sembolü ve karekteristiği Şekil 2.9' da görülen zener diyotun uç denklemleri:

1. durum için $i = g_1 . v + (g_1 - g_2) V_z$

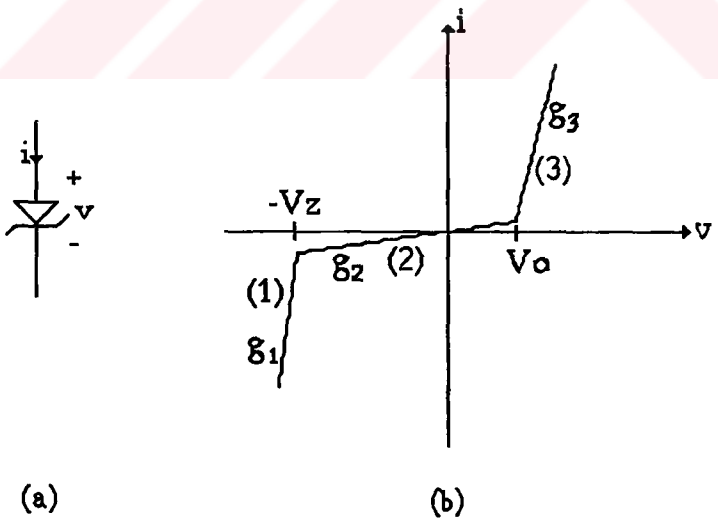
2. durum için $i = g_2 . v$

3. durum için $i = g_3 . v - (g_3 - g_2) V_0$

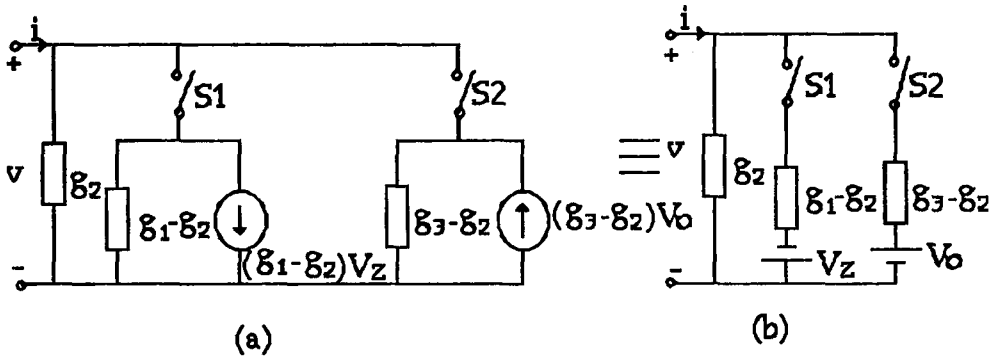
şeklinde yazılır ve eşdeğer devre Şekil 2.10' daki gibi elde edilir.EDAP tablosu ve matrisi

i	S1	S2
1	1	0
2	0	0
3	0	1

$$M^{i}_{EDAP} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$



Şekil 2.9 a) Zener diyot ve b) i-v karekteristiği



Şekil 2.10 a),b) Şekil 2.9 b'deki karekteristiği temsil eden eşdeğer devreler

Kontrol denklemleri:

1. durumda $[-1]\,[v] \geq [V_z]$

2. durumda $\begin{bmatrix} 1 \\ -1 \end{bmatrix}[v] \geq \begin{bmatrix} -V_z \\ -V_0 \end{bmatrix}$

3. durumda $[1]\,[v] \geq [V_0]$

$$Z^i = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$F^i = [0 \quad 0 \quad 0]$$

Tünel diyot:

Devre sembolü ve karekteristiği Şekil 2.11' de görülen tünel diyotun uç denklemleri:

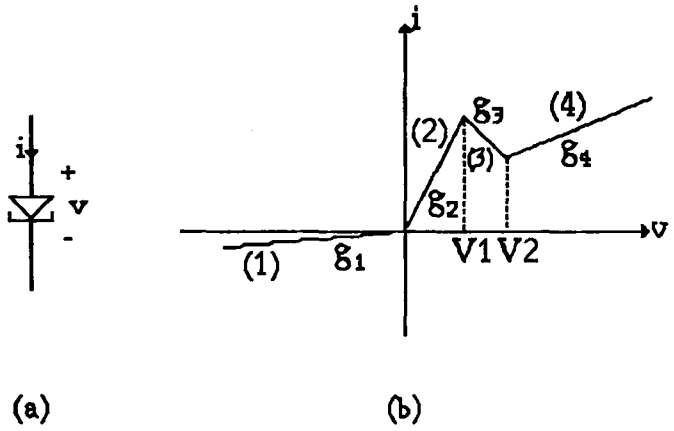
1. durum için $i = g_1 . v$

2. durum için $i = g_2 . v$

3. durum için $i = g_3 . v - (g_3 - g_2) V_1$

4. durum için $i = g_4 . v - (g_3 - g_2) V_1 - (g_4 - g_3) V_2$

şeklinde yazılır ve eşdeğer devre Şekil 2.12' deki gibi elde edilir.



Şekil 2.11 a) Tünel diyot ve b) i-v karekteristiği

EDAP tablosu ve matrisi :

i	S1	S2	S3
1	0	0	0
2	1	0	0
3	1	1	0
4	1	1	1

$$M^{i}_{EDAP}=\begin{bmatrix}000\\100\\110\\111\end{bmatrix}$$

Kontrol denklemleri :

1. durumda $[-1][v]\geq[0]$

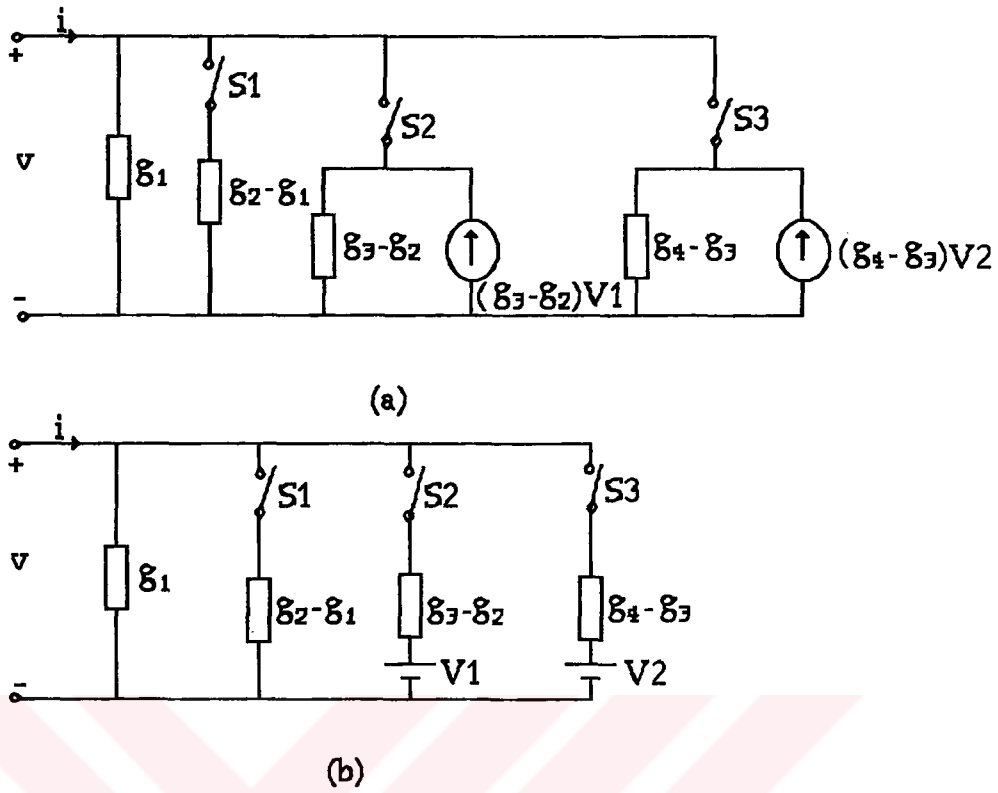
2. durumda $\begin{bmatrix}1\\-1\end{bmatrix}[v]\geq\begin{bmatrix}0\\V_1\end{bmatrix}$

3. durumda $\begin{bmatrix}1\\-1\end{bmatrix}[v]\geq\begin{bmatrix}V_1\\V_2\end{bmatrix}$

4. durumda $[1][v]\geq[V_2]$

$$Z^{i}=\begin{bmatrix}0&0\\1&0\\1&0\\0&0\end{bmatrix}$$

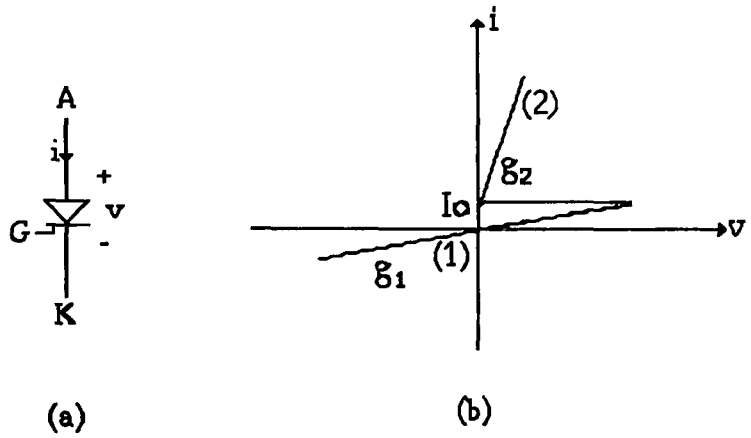
$$F^{i}=[0\quad 0\quad 0\quad 0]$$



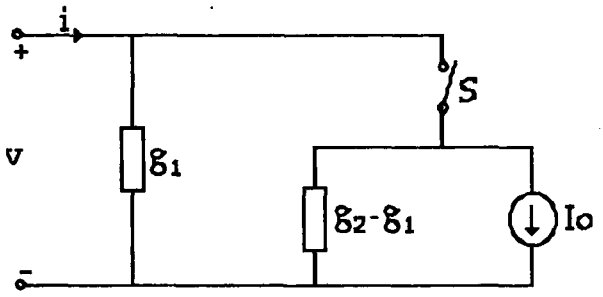
Şekil 2.12 a),b) Şekil 2.11 b'deki karekteristiği temsil eden eşdeğer devreler.

Tristör :

Devre sembolü ve karekteristiği :



Şekil 2.13 a) Tristör ve b) i-v karakteristiği



Şekil 2.14 Şekil 2.13 b'deki karekteristiği temsil eden eşdeğer devreler.

Şekil 2.13b' de karekteristiği görülen tritörün uç denklemleri :

1. durum için $i = g_1 . v$

2. durum için $i = g_2 . v + I_0$

şeklinde yazılır ve eşdeger devre Şekil 2.14' deki gibi elde edilir. EDAP tablosu ve matrisi:

i	S
1	0
2	1

$$M^{i}_{EDAP} = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}$$

Kontrol denklemleri:

1. durumda $[-1][i] \geq [-I_0]$

2. durumda $[1][i] \geq [I_0]$

$$Z^{i} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$F^{i} = [0 \quad n]$

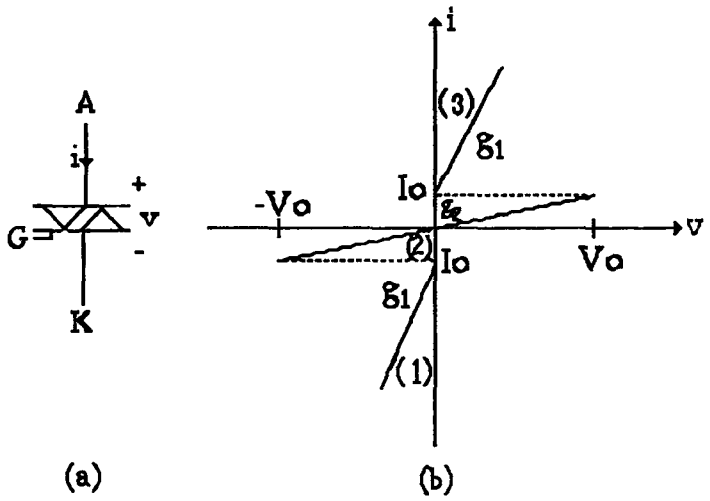
$T^{i} = [n\text{- tane zaman değeri}]$

Burada 2. eleman durumu bir periyotta n-tane zaman ile ilgilidir, bu zaman değerleri de T^{i} vektörü ile verilmektedir.

Tristör için yapılan tüm tanımlamalar kapıdan tıkanabilen (GTO) tristör için de geçerlidir. Fakat GTO tristörün 1. eleman durumu da zaman ile ilgili olduğu için

$F^{i} = [n_1 \quad n_2]$, $T^{i} = [n_1 + n_2$ tane zaman değeri] olur.

Triyak :



Şekil 2.15 a) Triyak ve b) i-v karekteristiği

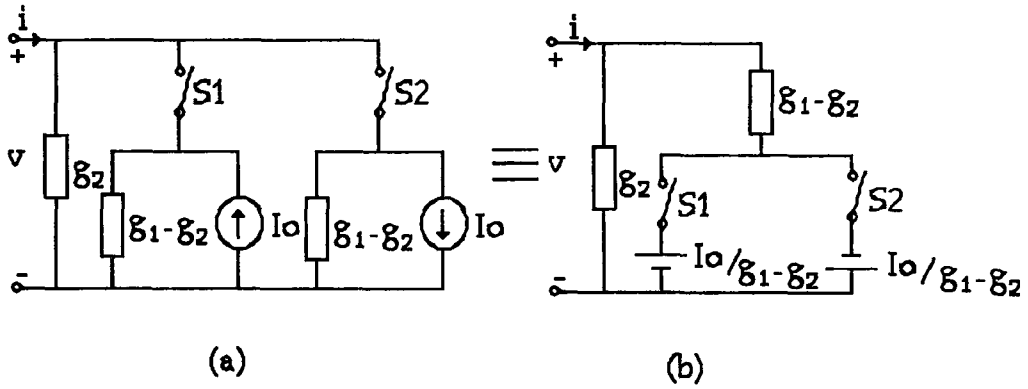
Devre sembolü ve karekteristiği Şekil 2.15' de görülen triyak'ın uç denklemleri :

1. durum için $i = g_1.v - I_0$

2. durum için $i = g_2.v$

3. durum için $i = g_1.v + I_0$

Eşdeğer devreleri :



Şekil 2.16 a),b) Şekil 2.15 b'deki karakteristiği temsil eden eşdeğer devreler

EDAP tablosu ve matrisi:

i	S1	S2
1	1	0
2	0	0
3	0	1

$$M^{i}_{EDAP}=\begin{bmatrix}1 & 0\\ 0 & 0\\ 0 & 1\end{bmatrix}$$

Kontrol denklemleri:

1. durumda $[-1][i]\geq[I_0]$

2. durumda $\begin{bmatrix}1\\-1\end{bmatrix}[i]\geq\begin{bmatrix}-I_0\\-I_0\end{bmatrix}$

3. durumda $[1][i]\geq[I_0]$

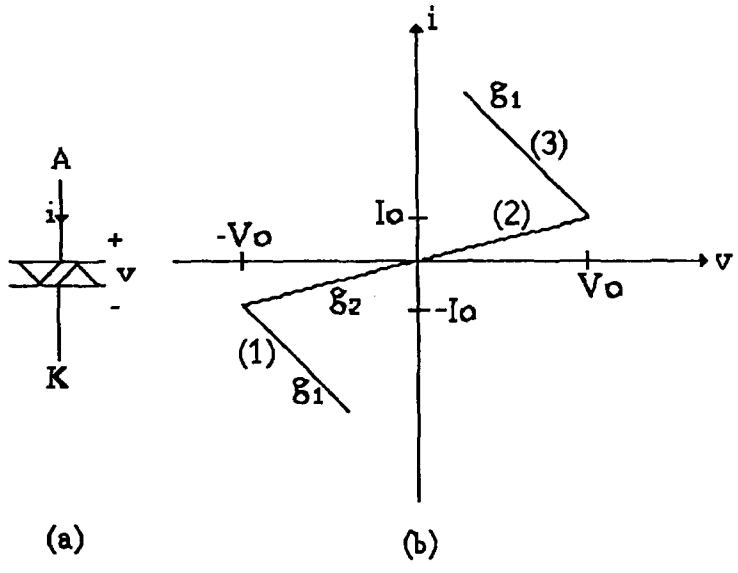
$$Z^{i}=\begin{bmatrix}0\,0\\1\,0\\0\,0\end{bmatrix}$$

$F^{i}=[0\ n_2\ n_3]$

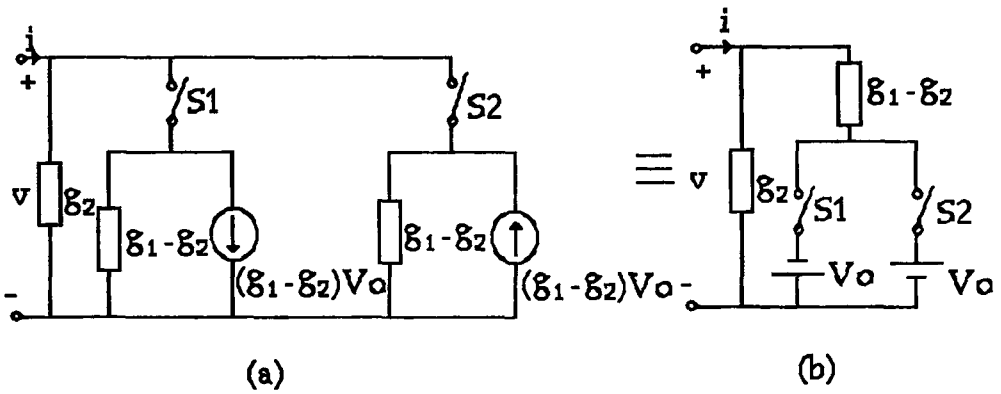
$T^{i}=[n_2+n_3$ tane zaman değeri]

Diyak :

Devre sembolü ve karekteristiği :



Şekil 2.17 a) Diyak ve b) i-v karekteristiği



Şekil 2.18 a),b) Şekil 2.17 b'deki karekteristiği temsil eden eşdeğer devreler

Karekteristiği Şekil 2.17b' de görülen diyak'ın uç denklemleri:

1. durum için $i = g_1 . v + (g_1 - g_2) V_0$

2. durum için $i = g_2 . v$

3. durum için $i = g_1 . v - (g_1 - g_2) V_0$

şeklinde yazılır ve eşdeğer devre Şekil 2.18' deki gibi elde edilir.EDAP tablosu ve matrisi:

i	S1	S2
1	1	0
2	0	0
3	0	1

$$M^i_{KDAP} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Kontrol denklemleri:

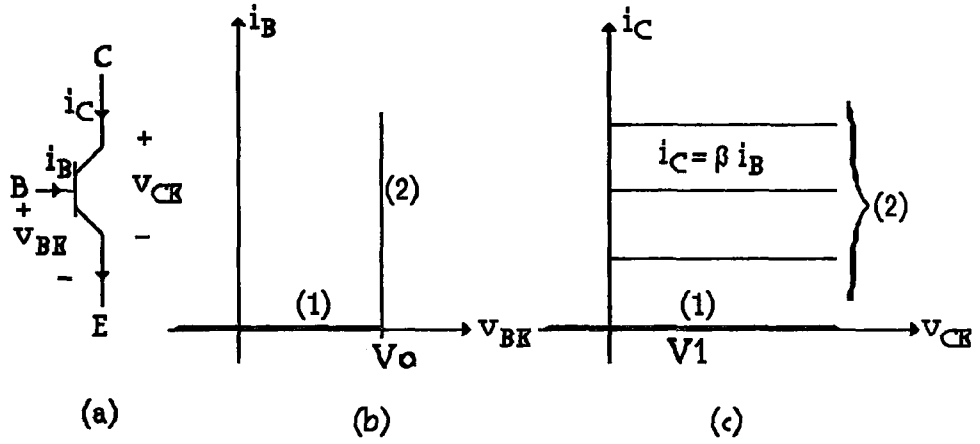
1. durumda $[-1][i] \geq [I_0]$

2. durumda $\begin{bmatrix} 1 \\ -1 \end{bmatrix} [i] \geq \begin{bmatrix} -I_0 \\ -I_0 \end{bmatrix}$

3. durumda $[1][i] \geq [I_0]$

$$Z^i = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$F^i = [0 \quad 0 \quad 0]$$



Şekil 2.19 a) Transistör, b) baz karekteristiği, c) kollektör karekteristiği

Transistör :

NPN tipi bir transistörün devre sembolü Şekil 2.19a'da verilmiştir. Baz ve kollektör karekteristikleri parça-parça lineer yapılarak Şekil 2.19b ve c'de verilmiştir (Schiling ve Belowe, 1989; Chua vd., 1987). Uç denklemleri:

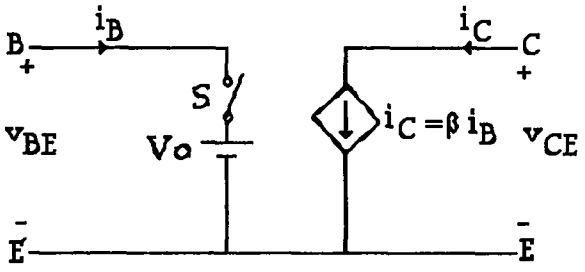
1. durum için $i_B = 0$, $i_C = 0$

2. durum için $v_{BE} = Vo$, $i_C = \beta i_B$

şeklinde yazılır ve eşdeğer devre Şekil 2.20' deki gibi elde edilir. EDAP tablosu ve matrisi:

i	S
1	0
2	1

$$M^{i}_{EDAP} = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}$$



Şekil 2.20 Şekil 2.19 b ve c'deki karekteristikleri temsil eden eşdeğer devre

Kontrol denklemleri :

1. durumda $[-1][v_{BE}] \geq [-V_0]$

2. durumda $[1][i_B] \geq [0]$

$$Z^i = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

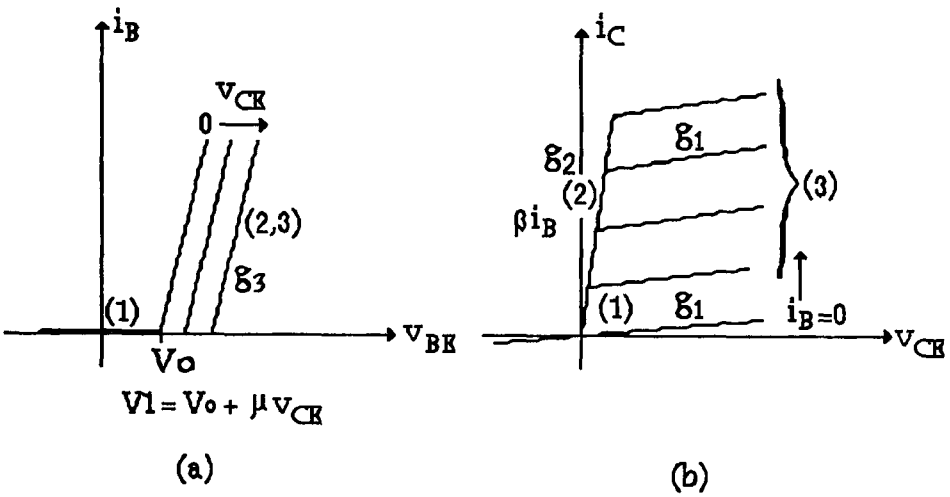
$$F^i = [0 \quad 0]$$

Transistörün parça-parça lineer modeli için yukarıda verilen referanslarda daha az idealleştirilmiş olarak Şekil 2.21a ve b'deki baz ve kollektör karekteristikleri verilmiştir. Bu durumda uç denklemleri, eşdeğer devreler ve kontrol denklemleri aşağıdaki gibi bulunabilir. Uç denklemleri :

1. durum için $i_B = 0$, $i_C = g_1 v_{CE}$

2. durum için $i_B = -g_3 Vo + g_3 v_{BE} - \mu g_3 v_{CE}$, $i_C = g_2 v_{CE}$

3. durum için $i_B = -g_3 Vo + g_3 v_{BE} - \mu g_3 v_{CE}$, $i_C = \beta i_B + g_1 v_{CE}$



Şekil 2.21 a) Baz karekteristiği ve b) Kollektör karekteristiği

Eşdeğer devre Şekil 2.22'deki gibi elde edilir. EDAP tablosu ve matrisi:

i	S1	S2	S3	S4
1	0	1	0	0
2	1	1	0	1
3	1	0	1	1

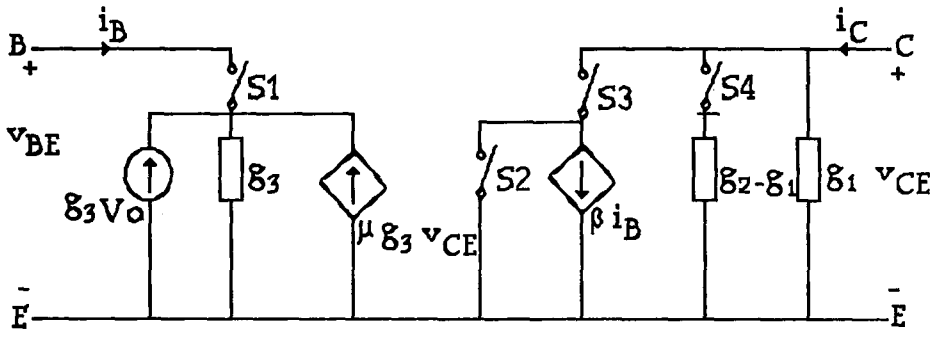
$$M^{i}_{EDAP}=\begin{bmatrix}0100\\1101\\1011\end{bmatrix}$$

Kontrol denklemleri:

1.durumda $\begin{bmatrix}-1\end{bmatrix}\begin{bmatrix}v_{BE}\end{bmatrix}\geq\begin{bmatrix}-V_o\end{bmatrix}$

2.durumda $\begin{bmatrix}1 & 0 & 0\\ 0 & 0 & 1\\ 0 & 1 & 0\\ 0 & -1 & \frac{\beta}{g_2-g_1}\end{bmatrix}\begin{bmatrix}v_{BE}\\ v_{CE}\\ i_B\end{bmatrix}\geq\begin{bmatrix}V_o\\ 0\\ 0\\ 0\end{bmatrix}$

3.durumda $\begin{bmatrix}1 & 0 & 0\\ 0 & 0 & 1\\ 0 & 1 & -\frac{\beta}{g_2-g_1}\end{bmatrix}\begin{bmatrix}v_{BE}\\ v_{CE}\\ i_B\end{bmatrix}\geq\begin{bmatrix}V_o\\ 0\\ 0\end{bmatrix}$



Şekil 2.22 Şekil 2.21'deki karekteristikleri temsil eden eşdeğer devre

$$Z^i = \begin{bmatrix} 0000 \\ 1110 \\ 1100 \end{bmatrix}$$

$$F^i = [0 \;\; 0 \;\; 0]$$

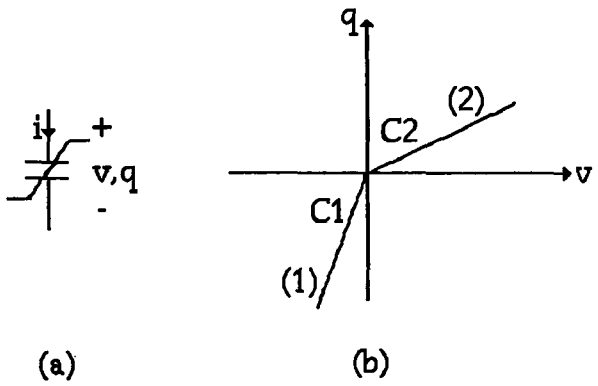
2.6.2. Lineer olmayan kapasitörler

İki durumlu kapasitör:

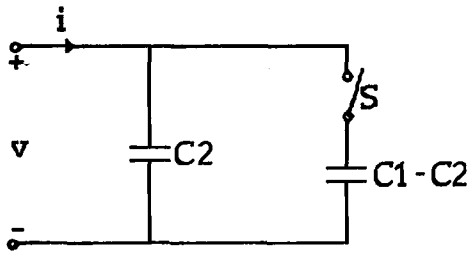
İki durumlu bir kapasitörün q-v karekteristiği (q: yük) [Chua, 1969] da verilmiştir. Şekil 2.23a'da genel olarak 2-uçlu lineer olmayan bir kapasitörün devre sembolü gösterilmiştir. Parça-parça lineerlik yaklaşımı kullanılarak iki durumlu bir kapasitörün q-v karekteristiği Şekil 2.23b'de olduğu gibi çizilebilir. Uç denklemleri:

1. durum için $q = C_1 . v$, $i = C_1 \frac{dv}{dt}$

2. durum için $q = C_2 . v$, $i = C_2 \frac{dv}{dt}$



Şekil 2.23 a) Lineer olmayan kapasitör ve b) iki durumlu q-v karekteristiği



Şekil 2.24 Şekil 2.23 b'deki karekteristiği temsil eden eşdeğer devre

Eşdeğer devre Şekil 2.24'deki gibi elde edilir. EDAP tablosu ve matrisi:

i	S
1	1
2	0

$$M^{i}_{EDAP}=\begin{bmatrix}1\\0\end{bmatrix}$$

Kontrol denklemleri:

1. durumda $[-1][v]\geq[0]$

2. durumda $[1][v]\geq[0]$

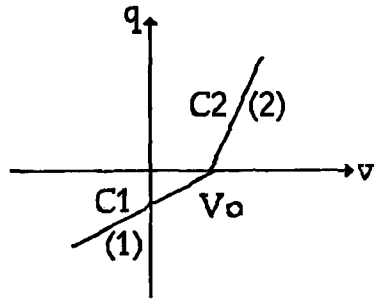
$$Z^{i}=\begin{bmatrix}0\\0\end{bmatrix}$$

$$F^{i}=[0\ \ 0]$$

İki durumlu kapasitörün durum değişimi Vo gibi bir eşik gerilimine sahip ise q-v karekteristiği (Karnopp ve Rosenberg, 1968)'de verilmiştir. Parça-parça lineerlik yaklaşımı kullanılarak q-v karekteristiği Şekil 2.25'deki gibi çizilebilir. Uç denklemleri:

1. durum için $q=C_1.(v-Vo)$, $i=C_1\frac{dv}{dt}$

2. durum için $q=C_2.(v-Vo)$, $i=C_2\frac{dv}{dt}$



Şekil 2.25 Lineer olmayan iki durumlu kapasitörün q-v karekteristiği

Eşdeğer devre Şekil 2.26'daki gibi elde edilir. EDAP tablosu ve matrisi:

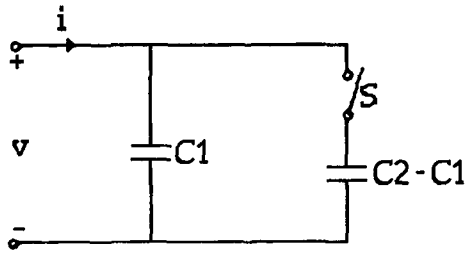
i	S
1	0
2	1

$$M^{i}_{EDAP}=\begin{bmatrix}0\\1\end{bmatrix}$$

Kontrol denlemleri:

1. durumda $[-1][v]\geq[-Vo]$

2. durumda $[1][v]\geq[Vo]$



Şekil 2.26 Şekil 2.25'deki karekteristiği temsil eden eşdeğer devre

$$Z^i = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$F^i = \begin{bmatrix} 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Varactor diyot kapasitansı :

Ters polarize edilmiş bir varactor diyodun q-v karekteristiği [Chua vd., 1987]'de verilmiştir. Parça-parça lineerlik yaklaşımı kullanılarak devre sembolü Şekil 2.27 a'da gösterilen bir varactor diyotun q-v karekteristiği Şekil 2.27 b'de olduğu gibi çizilebilir. Uç denklemleri:

1. durum için $q = C_1.v - Qo$, $i = C_1 \frac{dv}{dt}$

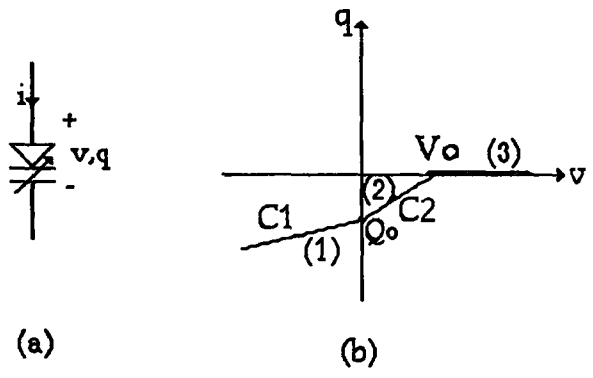
2. durum için $q = C_2.v - Qo$, $i = C_2 \frac{dv}{dt}$

3. durum için $q = 0$, $i = 0$

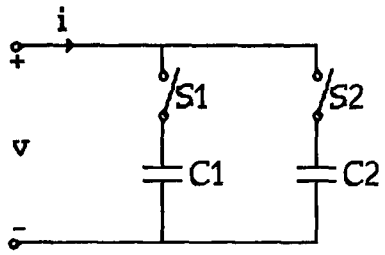
şeklinde yazılır ve eşdeğer devre Şekil 2.28' deki gibi çizilir.EDAP tablosu ve matrisi :

i	S1	S2
1	1	0
2	0	1
3	0	0

$$M^i_{EDAP} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$$



Şekil 2.27 a) Varactor diyot ve b) q-v karekteristiği



Şekil 2.28 Şekil 2.27 b'deki karekteristiği temsil eden eşdeğer devre

Kontrol denklemleri:

1. durumda $[-1][v] \geq [0]$

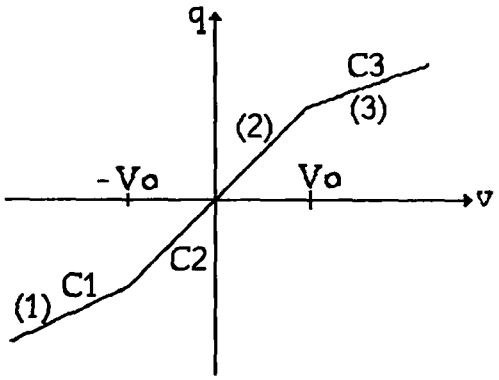
2. durumda $\begin{bmatrix} 1 \\ -1 \end{bmatrix}[v] \geq \begin{bmatrix} 0 \\ -Vo \end{bmatrix}$

3. durumda $[1][v] \geq [0]$

$$Z^i = \begin{bmatrix} 0\,0 \\ 1\,0 \\ 0\,0 \end{bmatrix}$$

$$F^i = [0\ \ 0\ \ 0]$$

Üç durumlu kapasitör:



Şekil 2.29 Lineer olmayan üç durumlu kapasitörün q-v karekteristiği

Üç durumlu bir kapasitörün q-v karekteristiği (Chua, 1969)'da verilmiştir. Parça-parça lineerlik yaklaşımı kullanılarak q-v karekteristiği Şekil 2.29'da olduğu gibi çizilebilir. Uç denklemleri:

1. durum için $q = C_1.v - (C_2 - C_1)V_0$, $i = C_1\frac{dv}{dt}$

2. durum için $q = C_2.v$, $i = C_2\frac{dv}{dt}$

3. durum için $q = C_3.v - (C_2 - C_3)V_0$, $i = C_3\frac{dv}{dt}$

Eşdeğer devresi Şekil 2.30' daki gibi elde edilir. EDAP tablosu ve matrisi:

i	S1	S2
1	1	0
2	0	0
3	0	1

$$M^{i}_{EDAP} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Kontrol denklemleri:

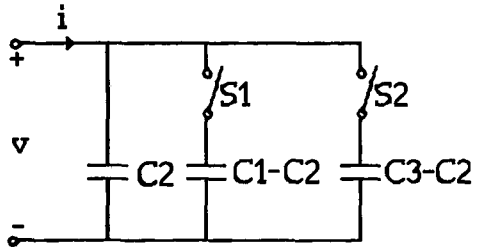
1. durumda $\begin{bmatrix} -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v \end{bmatrix} \geq \begin{bmatrix} V_0 \end{bmatrix}$

2. durumda $\begin{bmatrix} -1 \\ 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v \end{bmatrix} \geq \begin{bmatrix} -V_0 \\ -V_0 \end{bmatrix}$

3. durumda $\begin{bmatrix} 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v \end{bmatrix} \geq \begin{bmatrix} V_0 \end{bmatrix}$

$$Z^{i} = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$F^{i} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$



Şekil 2.30 Şekil 2.29'daki karekteristiği temsil eden eşdeğer devre

Yukarıda incelenen kapasitörün karekteristiğinde C3 = C1 ise 2. ve 3. durumdaki uç denklemleri ve Şekil 2.30'daki son iki kapasitör birbirlerinin aynısı olur. Ancak bu durum 2. ve 3. durumları birleştirerek bunların yerine bir sonraki örnekte olduğu gibi sadece 2. durumun kullanılması imkan vermez. Bunun sebebi C1-C2 ve C3-C2 kapasitanslarının anahtarlama anlarında farklı (sırayla Vo ve -Vo) olmasıdır.

Üç durumlu kapasitör ± Vo değerlerinden sonra doyuma gidiyorsa q-v karekteristiği parça-parça lineer yaklaşımı kullanılarak Şekil 2.31'deki gibi verilmiştir (Tokad, 1976). Uç denklemleri:

1. durum için $q = \pm q_0 = \pm C.V_0$, $i = 0$

2. durum için $q = C.v$, $i = C\frac{dv}{dt}$

Eşdeğer devre Şekil 2.32' deki gibi elde edilir. EDAP tablosu ve matrisi:

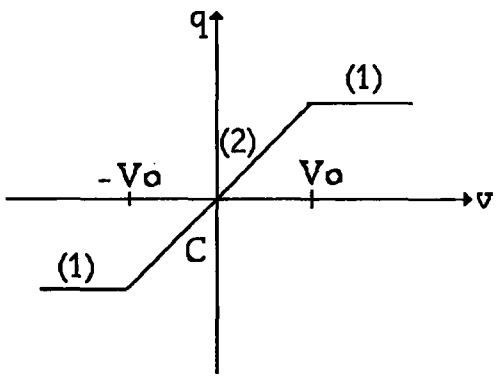
i	S
1	0
2	1

$$M^{i}_{EDAP} = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}$$

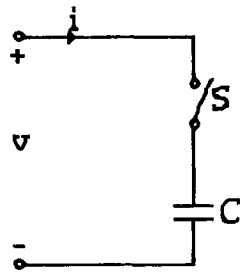
Kontrol denklemleri :

1. durumda $\begin{bmatrix} 1 \\ -1 \end{bmatrix}[v] \geq \begin{bmatrix} V_0 \\ V_0 \end{bmatrix}$

2. durumda $\begin{bmatrix} -1 \\ 1 \end{bmatrix}[v] \geq \begin{bmatrix} -V_0 \\ -V_0 \end{bmatrix}$



Şekil 2.31 Lineer olmayan üç durumlu kapasitörün q-v karekteristiği



Şekil 2.32 Şekil 2.31'deki karekteristiği temsil eden eşdeğer devre

$$Z^{i}=\begin{bmatrix}2 & 0\\ 1 & 0\end{bmatrix}$$

$$F^{i}=\begin{bmatrix}0 & 0\end{bmatrix}$$

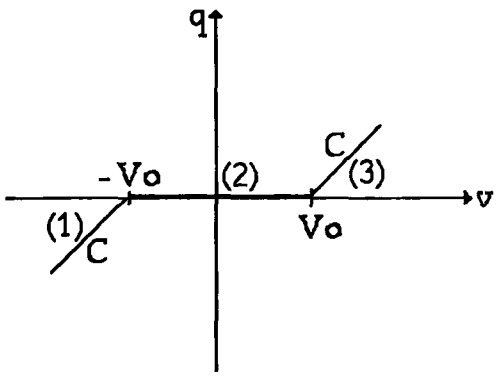
Üç durumlu kapasitör ±Vo değerlerinden sonra bir kapasiteye sahipse q-v karekteristiği parça-parça lineerlik yaklaşımı kullanılarak Şekil 2.33'deki gibi verilmiştir (Tokad, 1976).Uç denklemleri:

1. durum için $q=C.(v+Vo)$, $i=C\frac{dv}{dt}$

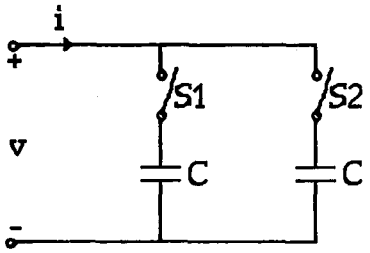
2. durum için $q=0$, $i=0$

3. durum için $q=C.(v-Vo)$, $i=C\frac{dv}{dt}$

Eşdeğer devresi Şekil 2.34' deki gibi elde edilir.



Şekil 2.33 Lineer olmayan üç durumlu kapasitörün q-v karekteristiği



Şekil 2.34 Şekil 2.33'deki karekteristiği temsil eden eşdeğer devre

EDAP tablosu ve matrisi:

i	S1	S2
1	1	0
2	0	0
3	0	1

$$M^{i}_{EDAP}=\begin{bmatrix}1 & 0\\ 0 & 0\\ 0 & 1\end{bmatrix}$$

Kontrol denklemleri:

1. durumda $\begin{bmatrix}-1\end{bmatrix}\begin{bmatrix}v\end{bmatrix}\geq\begin{bmatrix}V_0\end{bmatrix}$

2. durumda $\begin{bmatrix}1\\-1\end{bmatrix}\begin{bmatrix}v\end{bmatrix}\geq\begin{bmatrix}-V_0\\-V_0\end{bmatrix}$

3. durumda $\begin{bmatrix}1\end{bmatrix}\begin{bmatrix}v\end{bmatrix}\geq\begin{bmatrix}V_0\end{bmatrix}$

$$Z^{i}=\begin{bmatrix}0 & 0\\ 1 & 0\\ 0 & 0\end{bmatrix}$$

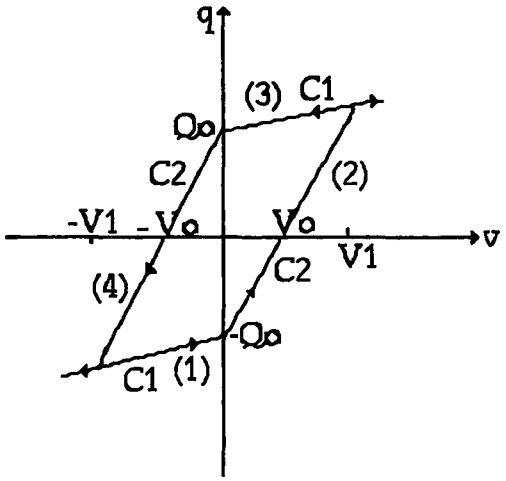
$$F^{i}=\begin{bmatrix}0 & 0 & 0\end{bmatrix}$$

Histerisiz çevrimli kapasitör:

Histerisiz çevrimli bir kapasitörün q-v karekteristiği parça-parça lineer yapılarak Şekil 2.35'de verilmiştir (Chua, 1969).Uç denklemleri:

1. ve 3. durumlar için $q=C_1.v\pm Qo,\quad i=C_1\frac{dv}{dt}$

2. ve 4. durumlar için $q=C_2.v\pm Qo,\quad i=C_2\frac{dv}{dt}$



Şekil 2.35 Histerisiz çevirimli kapasitörün q-v karekteristiği

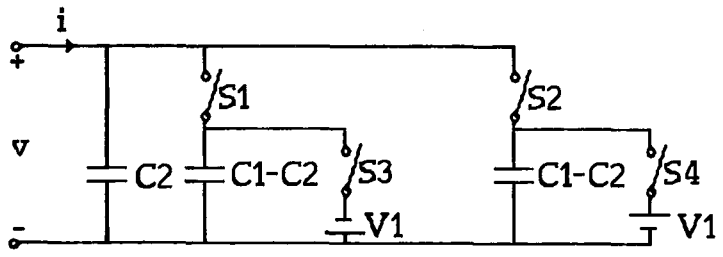
Eşdeğer devresi Şekil 2.36'daki gibi elde edilir. EDAP tablosu ve matrisi:

i	S1	S2	S3	S4
1	1	0	0	1
2	0	0	1	1
3	0	1	1	0
4	0	0	1	1

$$M^{i}_{EDAP}=\begin{bmatrix}1001\\0011\\0110\\0011\end{bmatrix}$$

Kontrol denklemleri:

1. durumda $[-1][v]\geq[0]$



Şekil 2.36 Şekil 2.35'deki karekteristiği temsil eden eşdeğer devre

2. durumda $\begin{bmatrix} 1 \\ -1 \end{bmatrix}[v] \geq \begin{bmatrix} 0 \\ -V_1 \end{bmatrix}$

3. durumda $[1][v] \geq [0]$

4. durumda $\begin{bmatrix} -1 \\ 1 \end{bmatrix}[v] \geq \begin{bmatrix} 0 \\ -V_1 \end{bmatrix}$

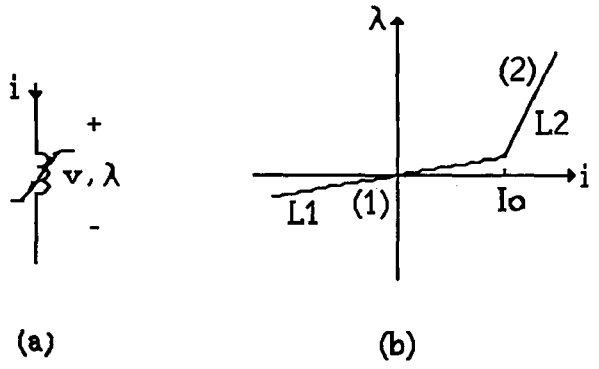
$$Z^i = \begin{bmatrix} 00 \\ 10 \\ 00 \\ 10 \end{bmatrix}$$

$$F^i = [0 \ 0 \ 0 \ 0]$$

2.6.3. Lineer olmayan indüktanslar

İki durumlu indüktans:

Lineer olmayan 2 uçlu bir indüktansın genel devre sembolü Şekil 2.37a'da gösterilmiştir. Böyle bir indüktarsın λ-i karekteristiği (λ: halkalama akısı) iki farklı bölgede parça-parça lineer yapılarak Şekil 2.37b'de verilmiştir (Chua vd., 1987).



Şekil 2.37 a) Lineer olmayan indüktans ve b) iki durumlu λ-i karekteristiği

Uç denklemleri:

1. durum için $\lambda = L_1 . i$, $v = L_1 \frac{di}{dt}$

2. durum için $\lambda = L_2 . i - (L_2 - L_1) I_o$, $v = L_2 \frac{di}{dt}$

Eşdeğer devresi Şekil 2.38' deki gibi elde edilir.EDAP tablosu ve matrisi:

i	S
1	1
2	0

$$M^{i}_{EDAP} = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Kontrol denklemleri:

1. durumda $[-1][i] \geq [Io]$

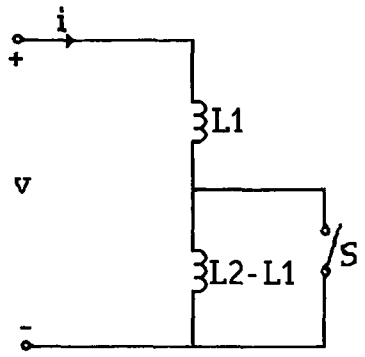
2. durumda $[1][i] \geq [Io]$

$$Z^{i} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

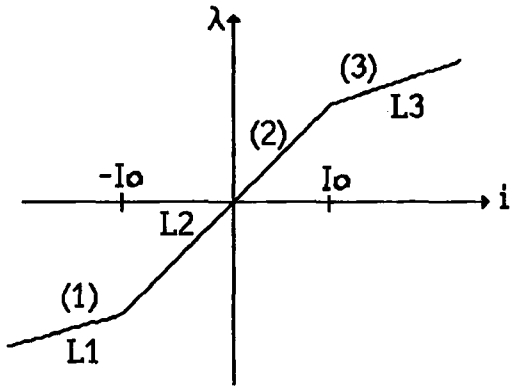
$$F^{i} = [0 \quad 0]$$

Üç durumlu indüktans:

Doyuma giden bir indüktansın λ-i karekteristiği üç lineer bölge alınarak Şekil 2.39'da olduğu gibi çizilebilir.



Şekil 2.38 Şekil 2.37b'deki karekteristiği temsil eden eşdeğer devre



Şekil 2.39 Üç durumlu bir indüktansın λ-i karekteristiği

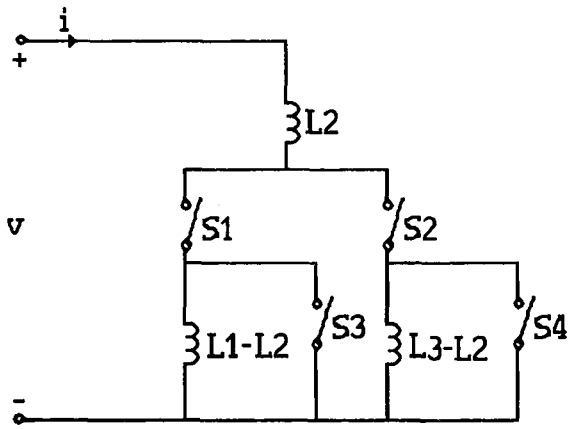
Uç denklemleri:

1. durum için $\lambda = L_1.i - (L_2 - L_1) I_o$, $v = L_1 \frac{di}{dt}$

2. durum için $\lambda = L_2.i$, $v = L_2 \frac{di}{dt}$

3. durum için $\lambda = L_3.i - (L_2 - L_3) I_o$, $v = L_3 \frac{di}{dt}$

Eşdeğer devresi:



Şekil 2.40 Şekil 2.39'daki karekteristiği temsil eden eşdeğer devre

EDAP tablosu ve matrisi :

i	S1	S2	S3	S4
1	1	0	0	1
2	1	1	1	1
3	0	1	1	0

$$M^{i}_{EDAP}=\begin{bmatrix}1001\\1111\\0110\end{bmatrix}$$

Kontrol deklemleri:

1. durumda $[-1][i]\geq[I_0]$

2. durumda $\begin{bmatrix}1\\-1\end{bmatrix}[i]\geq\begin{bmatrix}-I_0\\-I_0\end{bmatrix}$

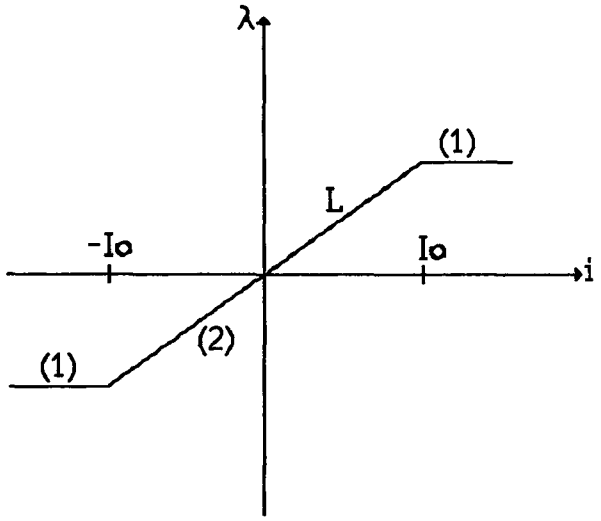
3. durumda $[1][i]\geq[I_0]$

$$Z^{i}=\begin{bmatrix}0&0\\1&0\\0&0\end{bmatrix}$$

$$F^{i}=[0\ \ 0\ \ 0]$$

Tam doyuma giden indüktans:

Doyuma giden indüktans ± Io değerlerinden sonra tam doyuma giriyorsa Şekil 2.39'da gösterilen λ_i karekteristiği Şekil 2.41'deki gibi olur.



Şekil 2.41 Tam doyumlu indüktansın λ-i karekteristiği

Uç denklemleri :

1. durum için $\lambda = \pm L.Io$, $v = 0$

2. durum için $\lambda = L.i$, $v = L\frac{di}{dt}$

Eşdeğer devresi Şekil 2.42' deki gibi elde edilir. EDAP tablosu ve matrisi :

i	S
1	1
2	0

$$M^{i}_{EDAP} = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Kontrol denklemleri :

1. durumda $\begin{bmatrix} 1 \\ -1 \end{bmatrix}[i] \geq \begin{bmatrix} I_0 \\ I_0 \end{bmatrix}$

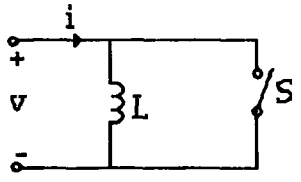
2. durumda $\begin{bmatrix} 1 \\ -1 \end{bmatrix}[i] \geq \begin{bmatrix} -I_0 \\ -I_0 \end{bmatrix}$

$$Z^{i} = \begin{bmatrix} 2 & 0 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$$

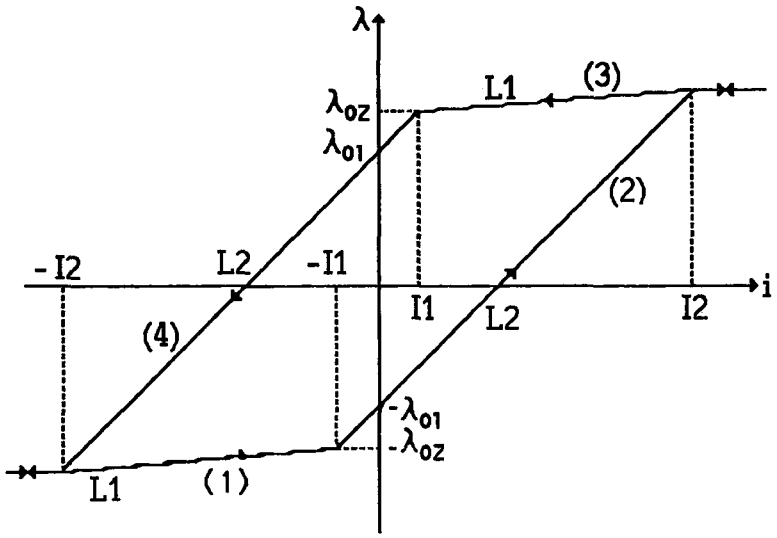
$$F^{i} = [0 \quad 0]$$

Histerisiz çevrimli indüktans :

Histerisiz çevrimli bir indüktansın λ-i karekteristiği (Tokad, 1976)'da verilmiştir. Parça-parça lineerlik yaklaşımı kullanılarak indüktansın λ-i karekteristiği Şekil 2.43'de olduğu gibi çizilebilir.



Şekil 2.42 Şekil 2.41 'deki karekteristiği temsil eden eşdeğer devre



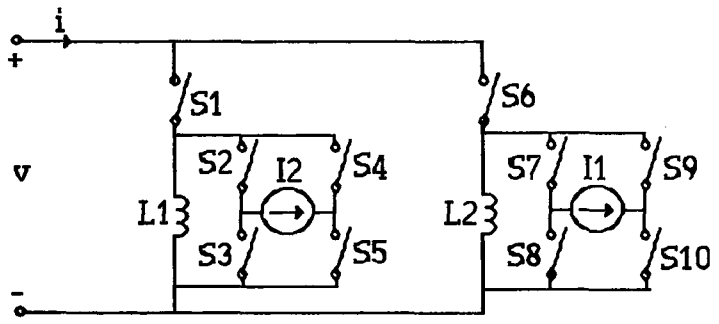
Şekil 2.43 Histerisiz çevrimli indüktansın λ-i karekteristiği

Uç denklemleri:

1. ve 3. durumlar için $\lambda = L_1.i \pm \lambda_{02}$, $v = L_1 \frac{di}{dt}$

2. ve 4. durumlar için $\lambda = L_2.i \pm \lambda_{01}$, $v = L_2 \frac{di}{dt}$

Eşdeğer devresi:



Şekil 2.44 Şekil 2.43'deki karekteristiği temsil eden eşdeğer devre

EDAP tablosu ve matrisi :

i	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1
2	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0
3	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0
4	0	1	0	0	1	1	1	0	1	0

$$M^{i}_{EDAP}=\begin{bmatrix}1&1&0&1&0&0&1&0&0&1\\0&0&1&1&0&1&1&0&1&0\\1&1&0&1&0&0&0&1&1&0\\0&1&0&0&1&1&1&0&1&0\end{bmatrix}$$

Kontrol denklemleri :

1. durumda $[-1][i]\geq[I_1]$

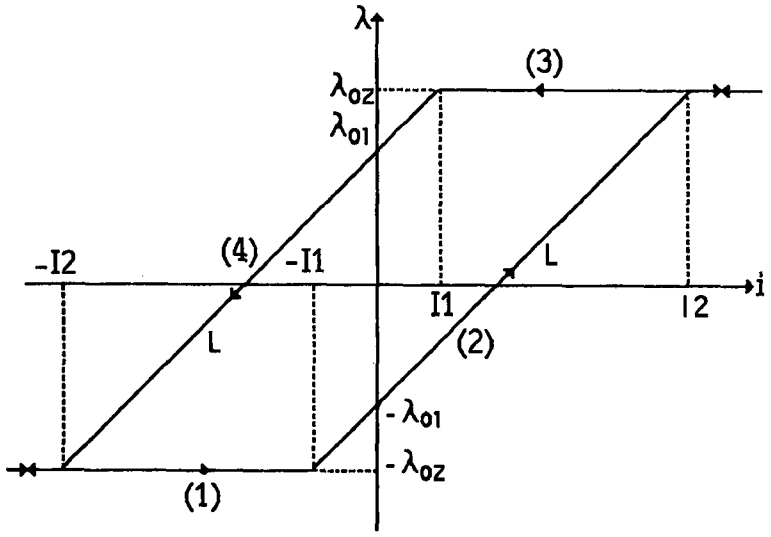
2. durumda $\begin{bmatrix}1\\-1\end{bmatrix}[i]\geq\begin{bmatrix}-I_1\\-I_2\end{bmatrix}$

3. durumda $[1][i]\geq[I_1]$

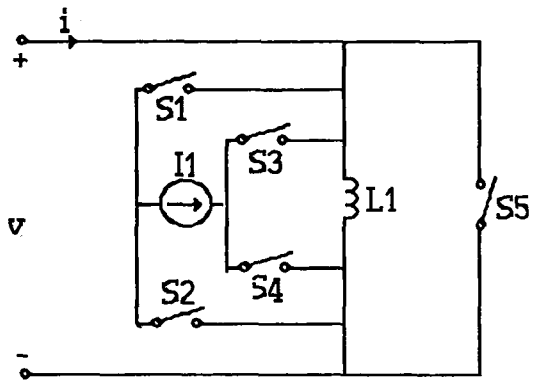
4. durumda $\begin{bmatrix}-1\\1\end{bmatrix}[i]\geq\begin{bmatrix}-I_1\\-I_2\end{bmatrix}$

$$Z^{i}=\begin{bmatrix}0&0\\1&0\\0&0\\1&0\end{bmatrix}$$

$F^{i}=[0\ \ 0\ \ 0\ \ 0]$



Şekil 2.45 Histerisiz çevrimli tam doyumlu indüktansın λ-i karekteristliği



Şekil 2.46 Şekil 2.45'deki karekteristiği temsil eden eşdeğer devre

Histerisiz çevirimli indüktans 1. ve 3. durumlarında tam doyuma giriyorsa Şekil 2.43'deki λ-i karekteristiği Şekil 2.45'deki gibi olur. Uç denklemleri:

1. ve 3. durumlar için $\lambda = \pm\lambda_{02}$, $v = 0$

2. ve 4. durumlar için $\lambda = L.i \pm \lambda_{01}$, $v = L\frac{di}{dt}$

Eşdeğer devresi Şekil 2.46' daki gibi elde edilir.EDAP tablosu ve matrisi :

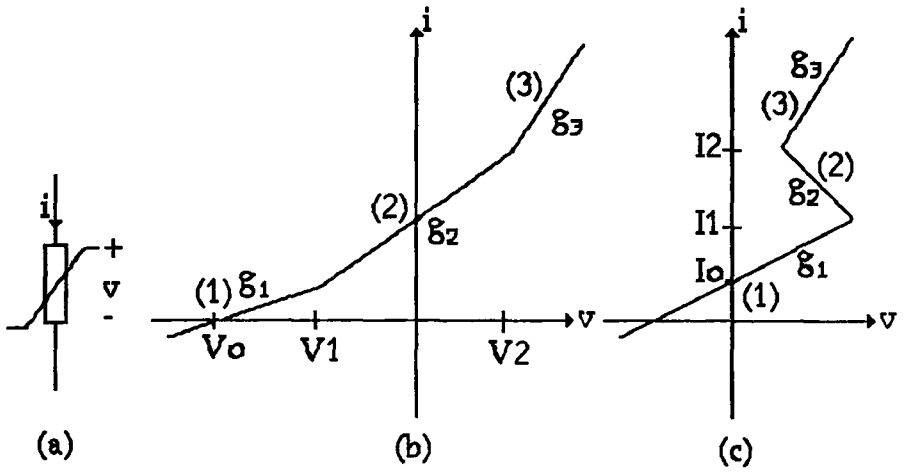
i	S1	S2	S3	S4	S5
1	1	0	0	1	1
2	1	0	1	0	0
3	0	1	1	0	1
4	0	1	0	1	0

$$M^{i}_{EDAP} = \begin{bmatrix} 10011 \\ 10100 \\ 01101 \\ 01010 \end{bmatrix}$$

Kontrol denklemleri histerisiz çevrimli indüktanstaki gibidir.

2.6.4. Lineer olmayan dirençler

Genel olarak Şekil 2.47a'da devre sembolü gösterilen 2 uçlu lineer olmayan bir direncin gerilim veya akım kontrollü olma durumuna göre 3 durumlu parça-parça lineer karekterstikleri genel olarak sırayla Şekil 2.47 b ve c'de verilmiştir.



Şekil 2.47 a) Lineer olmayan direnç, b) Gerilim kontrollü i-v karekteristiği, c) Akım kontrollü i-v karekteristiği

Bölüm 2.6.1'de incelenen yarı iletken elemanlar da lineer olmayan birer direnç olduğundan ve bunların modellerinin nasıl oluşturulduğu detaylı olarak anılan bölümde açıklandığından, burada sadece yukarıda genel parametrelere dayalı olarak çizilmiş karekteristiklerin modellemesi ile bulunan sonuçlar doğrudan verilecektir. Bunların özel şekilleri olan daha basit durumlar için EK-1'e bakılabilir.

Gerilim kontrollü direnç:

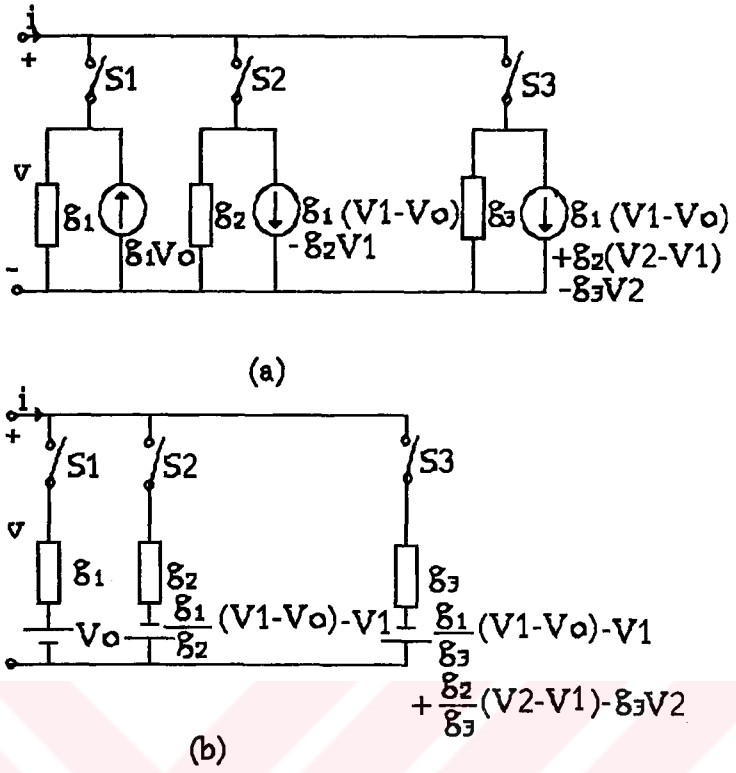
Uç denklemleri :

1. durum için $i = g_1 (v - V_o)$
2. durum için $i = g_2 v + g_1 (V_1 - V_o) - g_2 V_1$
3. durum için $i = g_3 v + g_1 (V_1 - V_o) + g_2 (V_2 - V_1) - g_3 V_2$

Eşdeğer devresi Şekil 2.48' deki gibi elde edilir.EDAP tablosu ve matrisi :

i	S1	S2	S3
1	1	0	0
2	0	1	0
3	0	0	1

$$M^{i}_{EDAP} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$



Şekil 2.48 a), b) Şekil 2.47b'deki karekteristiği temsil eden eşdeğer devreler

Seri eşdeğer devresi ise Şekil 2.49' daki gibi olur.Seri eşdeğer devreye ilişkin EDAP tablosu ve matrisi:

i	S1	S2	S3
1	0	1	1
2	1	0	1
3	1	1	0

$$M^{i}_{EDAP}=\begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

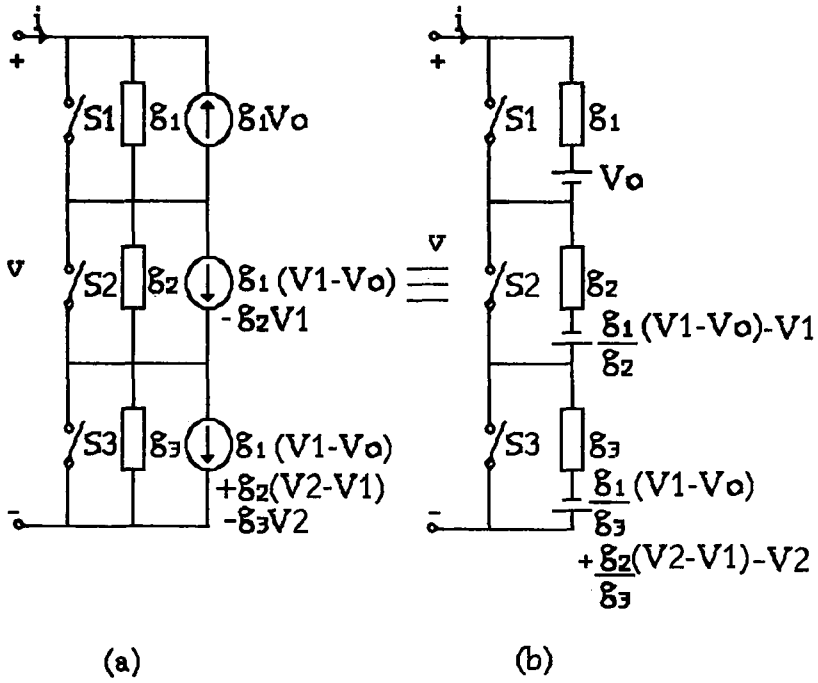
EDAP tablolarına ve matrislerine bakıldığında birbirlerinin değili oldukları görülür.

Kontrol denklemleri:

1. durumda $\begin{bmatrix} -1 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} v \end{bmatrix} \geq \begin{bmatrix} -V_1 \end{bmatrix}$

2. durumda $\begin{bmatrix} 1 \\ -1 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} v \end{bmatrix} \geq \begin{bmatrix} V_1 \\ -V_2 \end{bmatrix}$

3. durumda $\begin{bmatrix} 1 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} v \end{bmatrix} \geq \begin{bmatrix} V_2 \end{bmatrix}$



Şekil 2.49 a),b) Şekil 2.47b'deki karekteristiği temsil eden seri eşdeğer devreler

$$Z^i=\begin{bmatrix}0&0\\1&0\\0&0\end{bmatrix}$$

$$F^i=[0\ \ 0\ \ 0]$$

Akım kontrollü direnç :

Uç denklemleri :

1. durum için $i = g_1 v + I_0$

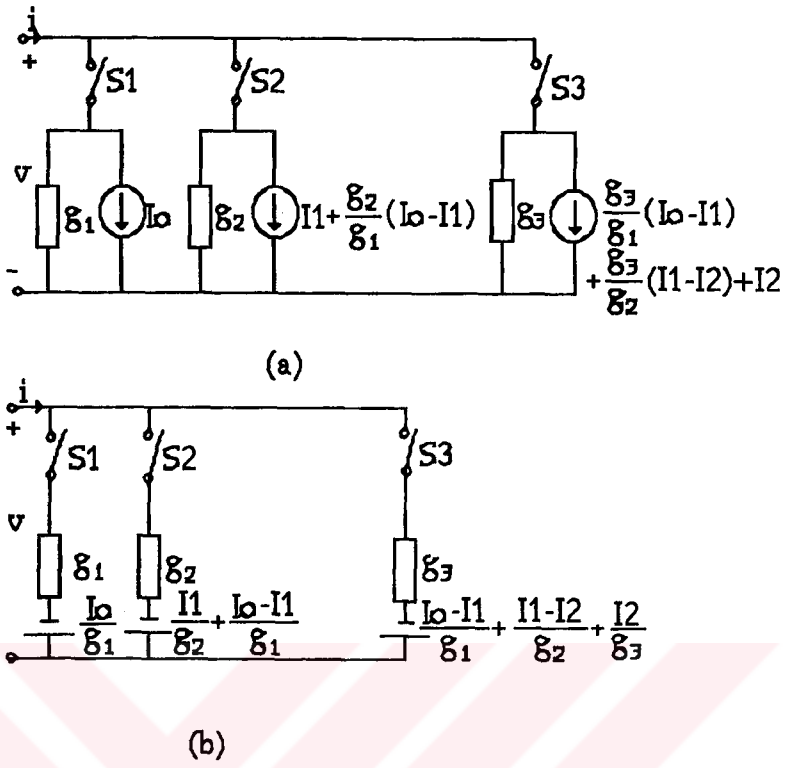
2. durum için $i = g_2 v + \frac{g_2}{g_1}(I_0 - I_1) + I_1$

3. durum için $i = g_3 v + \frac{g_3}{g_1}(I_0 - I_1) + \frac{g_3}{g_2}(I_1 - I_2) + I_2$

Eşdeğer devresi Şekil 2.50' deki gibi elde edilir. EDAP tablosu ve matrisi:

i	S1	S2	S3
1	1	0	0
2	0	1	0
3	0	0	1

$$M^i_{EDAP}=\begin{bmatrix}1&0&0\\0&1&0\\0&0&1\end{bmatrix}$$



Şekil 2.50 a),b) Şekil 2.47c'deki karekteristiği temsil eden eşdeğer devreler

Seri eşdeğer devresi Şekil 2.51' deki gibi elde edilir. EDAP tablosu ve matrisi:

i	S1	S2	S3
1	0	1	1
2	1	0	1
3	1	1	0

$$M^{i}_{EDAP}=\begin{bmatrix}0 & 1 & 1\\ 1 & 0 & 1\\ 1 & 1 & 0\end{bmatrix}$$

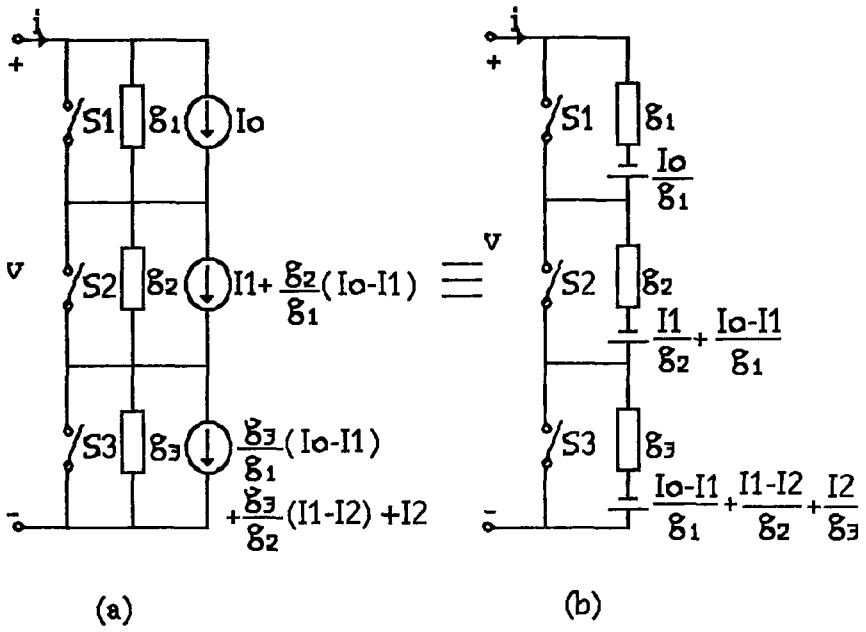
Kontrol denklemleri :

1. durumda $\begin{bmatrix}-1\end{bmatrix}\begin{bmatrix}i\end{bmatrix}\geq\begin{bmatrix}-I_1\end{bmatrix}$

2. durumda $\begin{bmatrix}1\\-1\end{bmatrix}\begin{bmatrix}i\end{bmatrix}\geq\begin{bmatrix}I_1\\-I_2\end{bmatrix}$

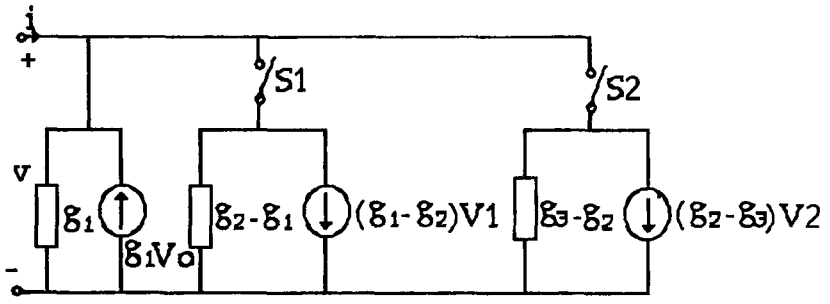
3. durumda $\begin{bmatrix}1\end{bmatrix}\begin{bmatrix}i\end{bmatrix}\geq\begin{bmatrix}I_2\end{bmatrix}$

$$Z^{i}=\begin{bmatrix}0 & 0\\ 1 & 0\\ 0 & 0\end{bmatrix}, \quad F^{i}=[0\ \ 0\ \ 0]$$



Şekil 2.51 a), b) Şekil 2.47c'deki karekteristiği temsil eden seri eşdeğer devreler

Şekil 2.48, 2.49 ,2.50 ve 2.51'de gösterilen eşdeğer devreler sadece 2 anahtar kullanılarak da elde edilebilir. Bu durumda EDAP tablosu ve matrisi değişir. Örneğin, Şekil 2.48a'daki eşdeğer devre aşağıdaki şekilde de tanımlanabilir.



Şekil 2.52 Şekil 2.48a'daki devrenin iki anahtarla çizilmiş eşdeğeri

EDAP tablosu ve matrisi:

i	S1	S2
1	0	0
2	1	0
3	1	1

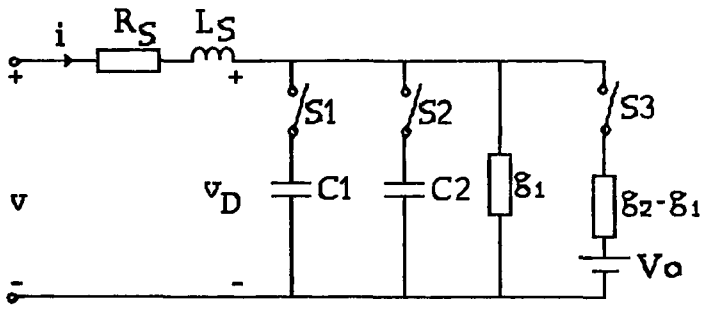
$$M^{i}_{EDAP}=\begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}$$

2.6.5. Lineer olmayan karmaşık elemanlar

Bu bölümde yukarıda anlatıldığı gibi sadece direnç, indüktans veya kapasitans özelliklerinden birini gösteren lineer olmayan elemanların birden fazla özellik göstermeleri halinde nasıl modelleneceğine ilişkin bir örnek yer almaktadır.

Varicap diyod:

Şekil 2.27a'da gösterilen varactor diyodun hem kapasitansı (Şekil 2.27b'de gösterilen q-v karekteristiği), hem de direnci (Şekil 2.7'de gösterilen i-v karekteristiği) birlikte göz önüne alındığında Şekil 2.53'de görülen eşdeğer devre elde edilir. Yüksek frekans uygulamaları da ele alındığında eşdeğer devreye seri bir direnç (Rs) ile bir indüktans (Ls) koymak gerekir (Boylestad ve Nashelsky, 1982).



Şekil 2.53 Varicap diyodun detaylı eşdeğer devresi

EDAP tablosu ve matrisi:

i	S1	S2	S3
1	1	0	0
2	0	1	0
3	0	0	1

$$M^{i}_{EDAP}=\begin{bmatrix}1&0&0\\0&1&0\\0&0&1\end{bmatrix}$$

Kontrol denklemleri:

1. durumda $\quad [-1][v_D] \geq [0]$

2. durumda $\quad \begin{bmatrix}1\\-1\end{bmatrix}[v_D] \geq \begin{bmatrix}0\\-V_0\end{bmatrix}$

3. durumda $\quad [-1][v_D] \geq [0]$

$$Z^{i}=\begin{bmatrix}0&0\\1&0\\0&0\end{bmatrix}$$

$$F^{i}=[0\ \ 0\ \ 0]$$

3. LİNEER OLMAYAN SİSTEM MODELİ

3.1. Giriş

İçindeki lineer olmayan elemanların sayısına göre, bir sistemde elemanların içinde bulunacağı değişik çalışma bölgelerine bağlı olarak sistemin lineer bir sistem olarak davranacağı aralıkların sayısı ve aralıklar arası geçiş şekilleri artmaktadır. Verilen bir uyarım altında mümkün olan bütün aralıkların ve geçiş şekillerinin gerçekleşmesi geçerli olmasa bile, sistem çözümünün her türlü uyarım altında yapılabilmesi için Durum, Çıkış, Anahtarlama ve Kontrol denklemlerinin önceden mümkün olan tüm ihtimalleri göz önüne alarak hesaplanmış olması gerekmektedir. Elemanların eşdeğer devreleri kullanılarak elde edilen sistemde, anahtarların birbirinden bağımsız olarak çalışması durumunda bu ihtimallerin sayısı çok fazla olur. Dolayısıyla sistem modelinde kullanılan anahtarların birbirlerine bağımlılığı eleman bazında göz önüne alınmaktadır.

Her lineer olmayan elemanın n_{ed}^{i} lineer bölge'de çalışması ve toplam n_{es} lineer olmayan eleman bulunması halinde $n_{sd}=n_{ed}^{1}.n_{ed}^{2}...n_{ed}^{n_{es}}$ değişik aralıkta Durum ve Çıkış denklemlerinin, $m=n_{sd}.(n_{sd}-1)$ değişik aralıklar arası geçişte de Anahtarlama Denklemlerinin bulunması gerekmektedir. Daha önce de belirtildiği gibi lineer olmayan elemanların modellemesi sonucu ortaya çıkan anahtarlar arasında ya da sistemde var olan anahtarlar arasında bir senkronize çalışma söz konusu olduğunda sistemde mümkün olan aralık sayısı ve aralıklar arası geçiş sayıları azalır. Dolayısıyla hesaplamalarda bellek ve zaman tasarrufu sağlamak için sistemin hiçbir zaman oluşmayan durumlarındaki durum ve çıkış denklemleri ile, bu durumlara giriş ve çıkış anlarındaki anahtarlama denklemleri hesaplanmaz.

Örnek olarak 2 anahtarı zıt fazlı çalışan 3 anahtarlı bir sistemde $n_{sd}=8, m=56$ olması gerekirken $n_{sd}=4$ ve $m=12$ olur. Ya da 4 anahtar içeren bir lineer olmayan elemanın eleman durumu sayısı 16 olması gerekirken, elemanın karekteristiğine bağlı olarak 3 veya 4 eleman durumu da olabilir. Bu eleman durumlarındaki anahtar pozisyonları da EDAP matrisi ile belirtilir.

Şimdi elemanların EDAP matrislerinden hareket edilerek lineer olmayan sistemin girebileceği durumlar ve durumlar arası geçişleri tanımlayan matrisler incelenecektir.

Özet olarak lineer olmayan bir sistemin parça-parça lineerlik kavramı kullanılarak çıkartılan modelinde sistemin girebileceği her durum için yazılması gereken durum ve çıkış denklemleri ile bir durumdan diğerine geçiş zamanlarındaki anahtarlama denklemleri bulunmadan önce sistemin girebileceği durumların ve bu durumlardaki anahtar pozisyonları ile kontrol denklemlerinin ve hangi durumlardan hangilerine geçiş yapabileceğinin belirlenmesi gerekir. Bunlar ise ilk üç alt başlıkla tanımlanan matrislerle ifade edilir.

3.2. Sistem Durumu- Eleman Durumu Matrisi

Bir sistemde, eleman durumlarının birbirlerine göre farklı kombinasyonlarından sistem durumları meydana gelir. Sistem durumlarına göre eleman durumlarını gösteren tabloya Sistem Durumu - Eleman Durumu (SDED) tablosu denir ve bu tablonun içeriği matris formunda verilir.

Bir sistemdeki sistem durumu sayısı n_{sd} ise

$$n_{sd} = \prod_{i=1}^{n_{es}} n_{ed_i} \qquad (3.1)$$

dir. M_{SDED}, $n_{sd}.n_{es}$ boyutlu SDED matrisi olsun, bu matriste 1. sütun vektörü 1. elemana, 2. sütun vektörü 2 elemana, n_{es}. sütun vektörü de n_{es}. elemana ilişkindir. Bu vektörler de, daha önce bilinen M_{EDAP} ' taki elemana ilişkin eleman durumları bulunur ve bu durumların birbirlerine göre kombinasyonlarından da M_{SDED} oluşur. Burada her satır bir sistem durumuna karşılık gelen eleman durumlarından meydana gelir. Buna göre

$$M_{SDED} = \left[(m_{SDED})_{j,i} \right]_{n_{sd}.n_{es}} \quad , \quad (m_{SDED})_{j,i} \; \varepsilon \; N$$

dir ve $(m_{SDED})_{j,i}$; j. sistem durumunda, i. elemanın durumunu gösterir.

Anlatılanların daha iyi anlaşılabilmesi için örnek olarak Bölüm 2.4 ' deki 2 anahtarı zıt fazlı çalışan 3 anahtarlı bir sistem alınabilir. Bu sistemin EDAP tabloları ve matrisleri Bölüm 2.4 'de yazılmıştı. Bu eleman durumlarına göre sistemin SDED tablosu ve matrisi

	I	II
1	1	1
2	1	2
3	2	1
4	2	2

$$M_{SDED} = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 2 \\ 2 & 1 \\ 2 & 2 \end{bmatrix}$$

şeklinde yazılır. M_{SDED}, M_{EDAP} ' lere göre program tarafından bulunulur. Elemanların eleman durumu-anahtar pozisyonu tabloları göz önüne alınmadan, sistem durumları doğrudan sistemin içerdiği anahtar sayısına göre hesaplansaydı. $2^3 = 8$ sistem durumu ortaya çıkacaktı. Hulbuki ikinci elemandaki anahtarların bağımlı çalışması nedeniyle sadece dört sistem durumu oluşmaktadır.

Çoğu zaman, değişik elemanlar birbirleri ile sistemi oluşturacak şekilde bağlandığında örneğin; i. elemanın j. durumuna ve k. elemanın l. durumuna aynı anda giremeyeceği aşikâr olabilir. Veyahut bu elemanlar belirtilen durumlara aynı anda beraber girip ve çıkmak zorunda olabilirler. Bu durumlarda yukarıda tanımlanan SDED tablolarında kısıtlamalara gidilmesi, sistem durumunu azaltarak gereksiz hesaplamaları önlemesi ve/ veya mümkün olamayacak sistem durumlarına engel olunması açısından önem kazanır. Bunun için yukarıda bahsolunan SDED tablolarından sözü edilen durumlar çıkarılmalıdır. Bu ise Kısıtlama

Tablosu ve buna paralel olarak yazılan Kısıtlama Matrisi ile tanımlanır. Lineer olmayan elemanların çalışma durumları arasında n_k kısıtlama mevcutsa Kısıtlama Matrisi

$$M_{KT} = \left[(m_{KT})_{k,j}\right]_{n_k.(n_{es}+1)} \quad , \quad (m_{KT})_{k,j} \; \varepsilon \; N$$

şeklindedir. Bu matrisde 1. sütun vektörünün elemanları aşağıdaki gibi tarif edilirler.

$$(m_{KT})_{k,1} = \begin{cases} 0, \text{k. satırda belirtilen eleman durumları} \\ \quad \text{aynı anda mümkün olamaz ise} \\ 1, \text{k. satırda belirtilen eleman durumları} \\ \quad \text{aynı anda oluşmak zorunda ise} \end{cases}$$

2. ve diğer sütun vektörlerinin elemanlarıda aşağıdaki gibi tarif edilirler.

$$(m_{KT})_{k,t} = \begin{cases} 0 \;\; , \; (t-1). \text{eleman ile ilgili kısıtlama yoksa} \\ n \;\; , \; (t-1). \text{elemanın n. eleman durumu kısıtlamaya tabii ise} \end{cases}$$

Burada $t = 2,3,\ldots, n_{es}+1$ olup eleman numarasının bir fazlasını gösterir. Bir kısıtlama birden çok sistem durumunu elimine edebilir. Dolayısıyla kısıtlanan sistem durumu sayısı $n_{ks} \geq n_k$. Bu kısıtlamalar ile daha önce tanımlanan SDED matrisinin satır sayısı azalır ve

$$n_{sd} \leq \prod_{i=1}^{n_{es}\;\; i} n_{ed} - n_{ks} \qquad (3.2)$$

şeklinde olur.

Konunun daha iyi anlaşılması için yukarıda verilen örnek için kısıtlama tablosu ve matrisinin

	I	II
0	1	1
1	2	1

$$M_{KT} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

şeklinde olduğunu varsayalım. Bu durumda yeni SDED tablosu ve matrisi

	I	II
1	1	2
2	2	1

$$M_{SDED} = \begin{bmatrix} 1 & 2 \\ 2 & 1 \end{bmatrix}$$

şeklinde yazılır. Görüldüğü gibi 4 olan sistem durumu sayısı yeni durumdan sonra 2'ye inmiştir.

3.3. Sistem Durumu - Anahtar Pozisyonu Matrisi

Bir sistemde, sistem durumu; eleman durumlarının birbirlerine göre farklı kombinasyonlarından, eleman durumları da ; anahtar pozisyonlarının farklı kombinasyonlarından oluşuyordu. Dolayısıyla sistem durumları anahtar pozisyonlarının birbirlerine göre farklı kombinasyonlarından meydana gelir. Sistem durumlarına göre anahtar pozisyonlarını gösteren tabloya Sistem Durumu- Anahtar Pozisyonu (SDAP) tablosu denir ve bu tablonun içeriği matris formunda verilirler.

Bir sistemdeki toplam anahtar sayısı n_s ise

$$n_s = \sum_{i=1}^{n_{es}} n_s^i \qquad (3.3)$$

dir. M_{SDAP}, $n_{sd}.n_s$ boyutlu SDAP matrisi olsun, bu matriste her sütun vektörü ait olduğu anahtarın n_{sd} tane sistem durumundaki pozisyonunu gösterir, her satır vektörü de sistemdeki n_s tane anahtarın o sistem durumundaki pozisyonlarını gösterir. Buna göre

$$M_{SDAP} = \left[(m_{SDAP})_{j,P} \right]_{n_{sd} \cdot n_s} , \ (m_{SDAP})_{j,p} \varepsilon \{0,1\}$$

dir ve $(m_{SDAP})_{j,p}$, j. sistem durumunda, p. anahtarın pozisyonunu gösterir.

Konunun daha iyi anlaşılabilmesi için Bölüm (2.4) ve (3.2) 'deki örnek ele alınabilir. Bu örnekteki sistemin EDAP ve SDED tabloları yazılmıştı, bu tablolara göre SDAP tablosu ve matrisi

	S1	S2	S3
1	1	1	0
2	1	0	1
3	0	1	0
4	0	0	1

$$M_{SDAP} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

şeklinde yazılır.

M_{SDAP}, M_{EDAP}'lere ve M_{SDED}'ye göre program tarafından bulunulur.

3.4. Sistem Durumu - Sistem Durumu Matrisi

Bir sistemde elemanların bağımsız hareket edebilecekleri varsayımıyla ortaya çıkabilecek sistem durumlarından bazılarının gerçekleşmesi sistemi oluşturduklarında elemanların bağımlı çalışmaları gerektiğinden mümkün değildir. Örneğin, bir sistem durumunda bir elemandaki gerilim kaynağının diğer bir elemanla kısa devre olması yada zıt fazlı çalışan ve ayrı eleman modelinde yer alan iki anahtarın aynı anda kapalı veya açık olması mümkün olamadığı için bu gibi sistem durumları Bölüm 3.2 de bahsedildiği gibi m_{SDED} ve kısıtlama matrisisi ile önlenmektedir. Dolayısıyla sadece mümkün olan sistem durumları gözönüne alınmaktadır.

Bir sistemde mümkün olan sistem durumları arasındaki geçişleri gösteren tabloya Sistem Durumu-Sistem Durumu (SDSD) tablosu denir ve elemanları matris formunda verilirler. $n_{sd} \cdot n_{sd}$ boyutlu bir matrisin diagonal elemanları 0, diğer elemanları 1'dir. Bu durumda

$$M_{SDSD} = \left[(m_{SDSD})_{k,j} \right]_{n_{sd} \cdot n_{sd}} \quad , \quad (m_{SDSD})_{k,j} \varepsilon \{0,1\}$$

dir, $(M_{SDSD})_{k,j}$, k. sistem durumundan, j. sistem durumuna geçişi gösterir (geçiş mümkünse 1, değilse 0).

M_{SDSD}, $n_{sd} \cdot (n_{sd}-1)$ tane Anahtarlama Denklemlerinin hesaplanmasında kullanılır. Dolayısıyla sistem durumları arasındaki mümkün olabilecek bütün geçişler için Anahtarlama Denklemleri hesaplanır.

Konunun daha iyi anlaşılabilmesi için Bölüm (3.3)'deki örnek ele alınabilir. Bu örneğe ait SDSD tablosu ve matrisi

	1	2	3	4
1	0	1	1	1
2	1	0	1	1
3	1	1	0	1
4	1	1	1	0

$$M_{SDSD} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

şeklinde yazılırsa 1.-2., 2.-1., 1.-3., 3.-1., 1.-4., 4.-1., 2.-3., 3.-2., 2.-4., 4.-2., 3.-4. ve 4.-3. sistem durumları arasındaki geçişler için Anahtarlama Denklemlerinin hesap edilmesi gerekir. M_{SDSD}, program tarafından tüm durumlar arası geçişler gözönüne alınarak yukarıda verilen örnekte olduğu gibi hesaplanır. Yani $(m_{SDSD})_{k,j} = 1 - \delta_{kj}$ olup burada δ_{kj} Kronecker Delta diye bilinen fonksiyondur (Şen, 1986).

Ancak bazı uygulamalarda ve özellikle analizi yapılan sistemin fiziksel davranışı hakkında bir takım sistem durumları arasındaki geçişlerin mümkün olamayacağı tecrübeye veya mühendislik bilgisine dayanılarak biliniyor ise bu geçişlere ilişkin anahtarlama denklemlerinin hesaplanmasına gerek yoktur. Bu durumda bilgisayar zamanı daha ekonomik olarak kullanılmış olur. Bu ise M_{SDSD} matrisine müdahale ederek bazı elemanlarının sıfırlanması ile mümkündür. Örneğin yukarıda 1.-3., 4.-2., 2.-4. durumları arası geçişlerin mümkün olmadığını belirtmek için M_{SDSD} matrisi

$$M_{SDSD} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

şeklinde yenilenir.

Her ne kadar durumlar arası geçişlere M_{SDSD} matrisini değiştirerek müdahale edilebileceği belirtilmişse de hazırlanan programda bu husus yeralmamış olup ileriki bir çalışmanın konusu olarak düşünülmüştür.

3.5. Anahtarlar İçeren Lineer Devrelerin Formülasyonu

Daha önceki bölümlerden görüldüğü gibi lineer olmayan devreler, lineer devreler ve

anahtarlar kullanılarak modellenmiştir. Anahtarlar içeren lineer devrelerin formülasyonu anahtarların peryodik çalışıp-çalışmadıklarına bağlı değildir. Dolayısıyla peryodik olarak çalışan lineer devreler için geliştirilmiş yöntemler geçerlidir.

Peryodik olarak çalışan anahtarlar içeren lineer devrelerin durum - uzay formülasyonu, anahtarlama anlarında durum değişkenlerinde meydana gelen sürekli olmayan geçişleri belirleyen anahtarlama denklemleri ile durum ve çıkış denklemlerinin elde edilmesi içinde gereklidir. Durum ve çıkış denklemlerini bulmak için kullanılan yöntemler, her bir anahtarın açık veya kapalı olma durumuna göre sistem durumunun bir bölümüne karşılık gelen ve zamanla değişmeyen lineer devrelerin durum ve çıkış denklemlerini bulmak için kullanılan yöntemlerle aynıdır (Hüseyin vd., 1976; Dervişoğlu, 1971; Desoer, 1970). Her ne kadar yük sakınımı koşuluna göre denklemler kullanılarak anahtarlama denklemlerinin elde edilmesi için bazı yöntemler varsa da (Tanaka ve Mori, 1982; Fahmy vd., 1987; Wellekens, 1982), bu yöntemler etkili olmayıp, büyük çaplı devrelere uygulamaya imkan vermezler. Anahtarlama denklemlerinin hesaplanmasına ilişkin en genel ve sistematik yöntem Köksal tarafından verilmiştir, bu yöntemde durum ve çıkış denklemlerinin bulunmasıda içerilir (Köksal, 1975; Köksal ve Tokad, 1977). Bu yöntem Nacaroğlu tarafından programlanmıştır (Nacaroğlu, 1989).

Bu çalışmada Köksal (1975) tarafından yapılmış olan formülasyon çalışmalarına şu yenilikler ve katkılar yapılmıştır.

i) Anılan çalışmada başlangıç denklemleri olarak özel bir form kabul edilmiş ve bu denklemler sistem bazında ele alınmıştır. Bu çalışmada ise elemanların eşdeğer devrelerinden hareketle anılan çalışmadaki başlangıç denklemlerine nasıl geçileceği ve bunun bilgisayarda programlanması ele alınmıştır.

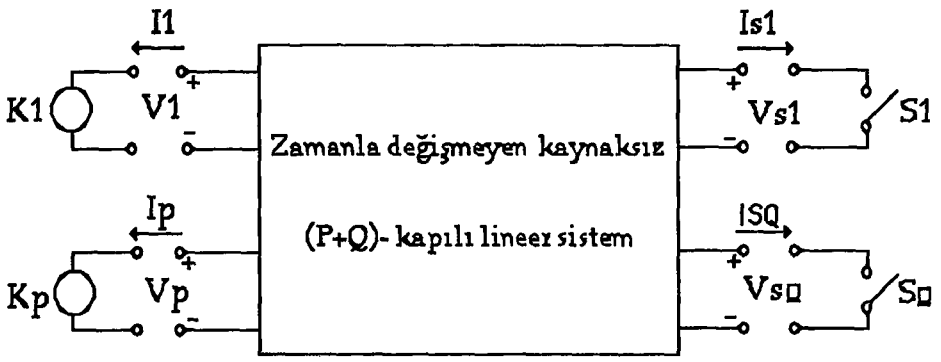
ii) Lineer olmayan elemanlara ilişkin kontrol denklemleri sistem bazında birleştirilerek anılan çalışmadaki formülasyona kontrol denklemleri adı altında ilave yapılacaktır.

3.5.1. Sistem grafı ve başlangıç denklemleri

İçinde 2 uçlu ve çok uçlu devre elemanları bulunan bir sistemi oluşturan devre elemanlarının uçlarından birbirleri ile bağlanmalarına uygun olarak elemanların uç graflarının birleştirilmesiyle ortaya çıkan geometrik şekle sistem grafı denir. Sistem grafında her bir yönlenmiş çizgi parçasına graf elemanı (çizgi) denir ve her çizgiye ilişkin bir akım ve bir de gerilim değişkeni vardır. Çizginin uç noktalarına düğüm adı verilir (Tokad, 1976).

P adet giriş kaynağı ve Q adet anahtar içeren bir sistemi ele alalım, bu sistemde tüm kaynaklar ve anahtarlar sistem dışına alınarak (P+Q)-kapılı kaynaksız lineer bir sistem elde edilebilir. Böylece, (P+Q)-kapılı kaynaksız lineer sistem, Şekil 3.1'de görüldüğü gibi sistemin zamanla değişmeyen bölümünü oluşturur (Köksal, 1975).

Sistem grafında çizgi sayısı N, düğüm sayısı ND olsun. Kolon sayısı N ve satır sayısı (ND-1) olan insidens matrisi ;



Şekil 3.1 (P+Q)-kapılı zamanla değişmeyen kaynaksız lineer sistem

$PI=[(pi)_{i,j}]_{N.(ND-1)}$

şeklinde yazılır ve aşağıdaki gibi tarif edilir.

$$(pi)_{i,j}=\begin{cases} 1, \text{j. çizgi i. düğüme bağlı ve seçilmiş akım yönü i. düğümden gidiyor ise} \\ -1, \text{j. çizgi i. düğüme bağlı ve seçilmiş akım yönü i. düğüme geliyor ise} \\ 0, \text{j. çizgi i. bağlı değil ise} \end{cases}$$

PI'nın lineer bağımsız kolonları önde toplanıldığında bu matris, PI=[A1 : A2] şeklinde bölünür; A1 seçilmiş lineer bağımsız kolonları, A2 diğer kolonları gösterir. Sistem teorisinin 2. ve 3. postülaları gereğince, Kirchoff'un akım ve gerilim kanunları olarak da bilinirler.

$$[A1 : A2]\begin{bmatrix} Ia \\ Ib \end{bmatrix}=[0] \qquad (3.4.a)$$

$$\left[I : A1^{-1}.A2\right]\begin{bmatrix} Ia \\ Ib \end{bmatrix}=[0] \qquad (3.4.b)$$

$$\left[-(A1^{-1}.A2)^{T} : I\right]\begin{bmatrix} Vb \\ Vc \end{bmatrix}=[0] \qquad (3.4.c)$$

denklemleri yazılabilir. Bu denklemlerde Ia (Ib) lineer bağımsız (diğer) kolonlara ilişkin çizgilerin akımlarını gösterir. Va (Vb) benzer şekilde tanımlanmıştır. $[-(A1^{-1}.A2)^{T} : I]$ matrisi çevre matrisi olarak bilinir ve

$HG=[(hg)_{i,j}]_{N.N-(ND-1)}$

şeklinde gösterilebilir (Hüseyin vd., 1976).

Devrede çözümü istenen çıkış büyüklükleri elemanın uç değişkenleri olabileceği gibi, bunların lineer bileşeni de olabilir. Ayrıca eleman durumlarının tesbiti için kontrol denklemlerinde kullanılmak üzere bir takım durum değişimine neden olan uç değişkenlerinin çözümü de gerekmektedir. Çözümü bulunması gereken büyüklükler bir y vektöründe toplanırsa y vektörü en genel şekilde

$$y=A' v_c+A'' i_c+B' v_L+B'' i_L+C' v_{\text{çu}}+C'' i_{\text{çu}}+D' u+D'' u_c+E' u_s+E'' u_{sc} \qquad (3.5)$$

biçiminde ifade edilebilir.

Başlangıç denklemlerinin elde edilmesi için aşağıdaki koşullar varsayılır.

i) Devredeki bütün anahtarlar ilk anda açık kabul edilerek, akımı sıfır olan akım kaynakları gibi gözönüne alınmaktadır.

ii) Devre birbiriyle elektriksel olarak bağlı olmayan 2 ya da daha fazla bölümden oluşuyorsa, her bölümdeki referans düğümleri birleştirilerek tek bir düğüm haline getirilir.

Devredeki kapasitör, indüktans ve cebirsel çok uçlu elemanlara ilişkin tanım bağıntıları (Denklem 2.1, 2.2, 2.3 ve Tablo 2.1' de görülen bağımlı kaynaklara ilişkin tanım bağıntıları), çıkış deklemlerine ilişkin tanım bağıntıları (Denklem 3.5), Kirchoff'un akım ve gerilim kanunları (Denklem 3.4.a ve 3.4.c) kullanılarak başlangıç denklemleri toplu halde

$$\begin{bmatrix} C & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & L & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & e_{18} & e_{25} & e_{32} & e_{39} & e_{46} & 0 & e_{60} \\ 0 & 0 & -A'' & -B' & -C' & -C'' & -D'' & I & -E'' \\ 0 & 0 & e_{20} & 0 & 0 & e_{41} & e_{48} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & e_{28} & e_{35} & 0 & e_{49} & 0 & e_{63} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{v}_C \\ \dot{i}_L \\ i_C \\ v_L \\ u_{CÇU} \\ i_{CÇU} \\ u_C \\ y \\ u_{SC} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ a_4 & a_{11} \\ A' & B'' \\ 0 & a_{13} \\ a_7 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_C \\ i_L \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ b_4 & b_{11} \\ D' & E' \\ b_6 & b_{13} \\ b_7 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u \\ u_S \end{bmatrix} \quad \begin{matrix} (3.6.a) \\ (3.6.b) \\ (3.6.c) \\ (3.6.d) \\ (3.6.e) \\ (3.6.f) \end{matrix}$$

şeklinde yazılabilir. 1., 2. ve 4. denklemler 2.2, 2.3 ve 3.5 denklemlerini aynen ifade eder. 3. denklem ise genel olarak cebirsel çok uçlu elemanlara (bağımlı kaynaklar dahil) ilişkin tanım bağıntılarını ifade eder. Eğer cebirsel çok uçlu elemanın tanım bağıntısına göre e_{32}=E, e_{39}=-F ve e_{18}= e_{25}= e_{46}= e_{60}= a_4= a_{11}= b_4= b_{11}= 0 oluyor ise Denklem 2.1'i aynen ifade eder. Son 2 denklem ise 3.4.a ve 3.4.c denklemlerinin kolonlarının yukarıdaki denklemde görülen kolon vektörlerindeki değişken sıralamasına göre yeniden düzenlenerek yazılmasıyla elde edilmiştir. Başlangıçta tüm anahtarlar açık (akım kaynağı) olarak düşünüldüğünden Kirchoff'un akım denklemleri yazılırken Usc'nin katsayısı, gerilim denklemleri yazılırken Us'in katsayısı sıfırdır. Ancak gerçek kaynak vektörü U'nun içinde hem akımlar hem de gerilimler bulunabileceğinden her iki denklemde de bu değişkenlerin ve bunların komplementerlerinin katsayıları sıfırdan farklı gösterilmiştir.

Elemanların uç denklemlerinin ve elemanların birbirine bağlanması ile ortaya çıkan Kirchoff'un akım ve gerilim denklemlerinin toplu halde yazılması ile yukardaki (3.6) denklemi daha basit halde aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$\begin{bmatrix} E_{11} & E_{12} & 0 & 0 \\ 0 & E_{22} & 0 & E_{24} \\ 0 & E_{32} & I & E_{34} \\ 0 & E_{42} & 0 & E_{44} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{X} \\ Y \\ y \\ U_{sc} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ \bar{A}1 \\ C1 \\ \bar{C}1 \end{bmatrix} [X] + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ \bar{B}1 & \bar{B}_1^s \\ D_1 & D_1^s \\ \bar{D}_1 & \bar{D}_1^s \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U \\ U_s \end{bmatrix} \qquad (3.7)$$

Burada x vektörü; kapasitör gerilimleri (v_C) ve indüktans akımları (i_L) nın oluşturduğu durum değişkenleri vektörüdür. Y vektörü; kapasitör akımları (i_C), indüktans gerilimleri (v_L) nin ve bağımsız gerilim (akım) kaynağının akımı (gerilimi) (u_C) ile cebirsel çok uçlu elemanların gerilimlerinden (u_{ccu}) ve akımlarından (i_{ccu}) oluşan vektördür. y vektörü, çıkış değişkenlerini gösteren vektör olup, kontrol denklemlerinde kullanılan ve durum değişimine neden olan uç büyüklüklerini de içerir. u vektörü bağımsız kaynakların belirtilmiş uç değişkenleridir. Devredeki bütün anahtarlar ilk anda açık kabul edildiği için Us vektörü, her anahtarın akımını, Usc vektörüde Us vektörünün komplementerleri olup her anahtarın gerilimini gösterir. (3.7) deklemindeki katsayılar ile (3.6) denklemindeki katsayı matrisleri arasındaki bağıntılar yukardaki açıklamaların ve (3.6) denklemindeki bölmelerin ışığı altında kolayca anlaşılabileceğinden atlanmıştır.

Durum, çıkış, anahtarlama ve kontrol denklemlerinin hesaplamalarında, bellek ve zaman tasarrufu için Y vektörünün ve çarpanlarının yok edilmesinde herhangi bir sakınca yoktur. Y vektörünün ve çarpanlarının yok edilmesi için gerekli elementer satır işlemi sonucunda başlangıç denklemleri

$$\begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & P_{13} \\ P_{21} & P_{22} & P_{23} \\ P_{31} & P_{32} & P_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{X} \\ y \\ U_{sc} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A \\ C \\ \bar{C} \end{bmatrix} [X] + \begin{bmatrix} B & B^s \\ D & D^s \\ \bar{D} & \bar{D}^s \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U \\ U_s \end{bmatrix} \qquad (3.8)$$

şeklinde olur. Başlangıç denklemleri program tarafından bulunur.

3.5.2. Durum ve çıkış denklemleri

Bir sistemde, k. sistem durumu gözönüne alınarak Uk ve Ukc vektörleri tanımlanır. Uk vektörü, Us vektörü ile aynı boyutta olup k. sistem durumundaki açık anahtarların akımlarını ve kapalı anahtarların gerilimlerini içeren vektördür, Ukc vektörüde, Uk vektörünün komplementeridir. Bu durumda $[U_k\ U_{kc}]^T$ ve $[U_s\ U_{sc}]^T$ vektörleri,

$$\begin{bmatrix} U_k \\ U_{kc} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} T_k & I-T_k \\ I-T_k & T_k \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_s \\ U_{sc} \end{bmatrix} \text{ veya } \begin{bmatrix} U_s \\ U_{sc} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} T_k & I-T_k \\ I-T_k & T_k \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_k \\ U_{kc} \end{bmatrix} \tag{3.9}$$

şeklindeki bir lineer idompotent dönüşümle birbirlerinden elde edilebilirler. Burada T_k, U_k ve U_s vektörlerindeki farklı değişkenlere göre, sıfırdan farklı değerlerin sıfır yapılmasıyla Q.Q dereceli bir birim matrisden elde edilir (Köksal ve Tokad 1977).

(3.9) denklemi, (3.8) başlangıç denklemlerinde kullanılırsa k. sistem durumu için başlangıç denklemleri

$$\begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & (P_{13}T_k - B^s(I-T_k)) \\ P_{21} & P_{22} & (P_{23}T_k - D^s(I-T_k)) \\ P_{31} & P_{32} & (P_{33}T_k - \overline{D}^s(I-T_k)) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{X} \\ y \\ U_{kc} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A \\ C \\ \overline{C} \end{bmatrix} [X] + \begin{bmatrix} B & (B^s T_k - P_{13}(I-T_k)) \\ D & (D^s T_k - P_{23}(I-T_k)) \\ \overline{D} & (\overline{D}^s T_k - P_{33}(I-T_k)) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U \\ U_k \end{bmatrix} \tag{3.10}$$

olarak elde edilir. Bu denklemler (Köksal ve Tokad, 1977)' de verilen başlangıç denklemlerinin özel bir hali olup (Y yok edildi) bunlardan hareketle durum ve çıkış denklemlerini bulmak için takip edilen yol anılan referanstakinin aynısı olup burada tekrar edilmeyecektir. Bu şekilde sistemin k. durumu için durum ve çıkış denklemleri topluca

$$\begin{bmatrix} \dot{X}_k(t) \\ y_k(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_k \\ C_k \end{bmatrix} [X_k(t)] + \sum_{i=0}^{J_k} \begin{bmatrix} B_{k,i} \\ D_{k,i} \end{bmatrix} \frac{d^i}{dt} [U(t)] \tag{3.11}$$

şeklinde yazılabilir. Burada $y_k(t)$, y_k'nın k. sistem durumundaki değeridir.

$U(t) = U e^{pt}$ eksponansiyel giriş için durum ve çıkış denklemleri

$$\dot{X}_k(t)=A_kX_k(t)+B_kU(t) \qquad (3.12.a)$$

$$y_k(t)=C_kX_k(t)+D_kU(t) \qquad (3.12.b)$$

olur. Burada

$$B_k=\sum_{i=0}^{J_k} P^i B_{k,i}$$

$$D_k=\sum_{i=0}^{J_k} P^i D_{k,i}$$

dir.

3.5.3. Anahtarlama denklemi

Sistemin bulunduğu durum k ve sistemin geçeceği yeni durum j ise $\sigma_{k,j}$ anahtarlama anına ilişkin anahtarlama denklemleri de, bir önceki alt bölümde anılan referanstaki şekilde bulunursa sonuç olarak

$$X_j(\sigma_{k,j}^+)=F_{k,j}X_k(\sigma_{k,j}^-)+\sum_{i=0}^{j_k+j_j\delta(j_i)} G_{k,j,i}U^{(i)}(\sigma_{k,j}^-)+\sum_{i=0}^{j_j-1}\bar{G}_{k,j,i}\left[U^{(i)}(\sigma_{k,j}^+)-U^{(i)}(\sigma_{k,j}^-)\right] \qquad (3.13)$$

şeklinde elde edilir. Burada;

$$F_{k,j}=Q_{j,1}Q_{k,1}^T+Q_{j,1}Q_{k,2}^T\bar{\bar{C}}_k+\sum_{\gamma=0}^{J_j-1}\bar{\bar{G}}_{k,\gamma}^{s}\bar{T}_k\bar{C}_kA_k^{\gamma}$$

$$G_{k,j,i}=\begin{cases} Q_{j,1}Q_{k,2}^T\bar{\bar{D}}_{k,i}+\sum_{\gamma=0}^{j_j-1}\bar{\bar{G}}_{k,\gamma}^{s}\bar{T}_kU_{k,\gamma,i} & i=0,1,2,\ldots,j_k \\ \sum_{\gamma=i-j_k}^{j_j-1}\bar{\bar{G}}_{k,\gamma}^{s}\bar{T}_kU_{k,\gamma,i} & i=j_k+1,\ldots,j_k+J_j-1 \end{cases}$$

$$\bar{G}_{k,j,i} = \sum_{\gamma=i}^{j_j-1} A_j^{\gamma-i} B_{j,\gamma+1} \qquad i=0,1,\ldots,j_j-1$$

$$\bar{G}^{s}_{k,j,i} = \sum_{\gamma=i}^{j_j-1} A_j^{\gamma-i} B^{s}_{j,\gamma+1} \qquad i=0,1,\ldots,j_j-1$$

$$\bar{T}_k = 2\,T_k T_j - T_k - T_j$$

$$\delta(j_j) = \begin{cases} 0 & , j_j = 0 \text{ ise} \\ 1 & , j_j \geq 1 \text{ ise} \end{cases}$$

dir. (3.11)'deki durum ve çıkış denklemleri ile (3.13)'deki anahtarlama denklemi $\sigma_{.,k} < t \leq \sigma_{k,j}$ için devrenin davranışını tanımlar; burada $\sigma_{.,k}$, k. sistem durumuna geçiş zamanını gösterir.

$u(t) = U e^{pt}$ eksponansiyel giriş için anahtarlama denklemi $\sigma_{k,j}$ anında

$$X_j(\sigma^{+}_{k,j}) = F_{k,j} X_k(\sigma^{-}_{k,j}) + G_{k,j} u(\sigma_{k,j}) \qquad (3.14)$$

dir. Burada

$$G_{k,j} = \sum_{i=0}^{j_k+j_j-\delta(j_j)} p^i G_{k,i}$$

dir.

3.5.4. Kontrol denklemleri

Lineer olmayan sistemlerin parça-parça lineer yapılarak , peryodik anahtarlar içeren lineer devreler gibi formülasyonundaki en önemli farklılık anahtarlarlama zamanlarının ($\sigma_{k,j}$) önceden bilinmiyor olmasıdır. Dolayısıyla sadece durum, çıkış ve anahtarlama denklemleri formülasyon ve çözüm için yeterli değildir. Bunlara ilaveten kontrol denklemlerinin kullanılmasıda gereklidir.

Sistemin hangi sistem durumunda olduğunun belirlenebilmesi, aynı zamanda eleman durumlarını belirlemek için de kullanılan kontrol denklemleri ile mümkündür. Bir sistemde bulunan bütün lineer olmayan elemanlara ilişkin toplam kontrol denklemi sayısı

$$n_{kd}=\sum_{i=1}^{n_{es}}\sum_{j=1}^{n_d^i} n_j^i \qquad (3.15)$$

ise sistemin bütün kontrol denklemleri topluca matris formda,

$$L\bar{y}(t)\geq R \qquad (3.16)$$

biçiminde yazılır. Buna göre,

$$L=[(l)_{k,l}]_{n_{kd}\cdot m_k} \quad , \quad (l)_{k,l}\in R$$

$$R=[(r)_k]_{n_{kd}} \quad , \quad (r)_k \in R$$

$$\bar{y}(t)=[(\bar{y})_k(t)]_{m_k} \quad , (\bar{y})_k(t) \in R$$

dir. Burada $\bar{y}(t)$ vektörü, y(t) vektöründe bulunan ve elemanları durum değişimine neden olan uç büyüklüklerini içerir, boyutu m_k'dır.

Her eleman durumu için kontrol denklemleri sayısının birden fazla olması halinde bunların birbirlerine VE ile mi yoksa VEYA ile mi bağlı olduğu Z^i matrisi ile gösteriliyordu. Bir sistemdeki elemanların durum sayılarının toplamı

$$n_{td}=\sum_{i=1}^{n_{es}} n_d^i \qquad (3.17)$$

ise sistemdeki lineer olmayan elemanlara ilişkin Z^i matrisleri topluca alt alta yazıldığında

$$Z=[(Z)_{l,k}]_{n_{td}\cdot \max_{i,j} n_j^i} \quad , \quad (Z)_{l,k}\in N$$

biçiminde yazılır.

Eleman durumlarının zamanla ilgili olup olmadıklarını gösteren F^i ve zamanla ilgili eleman durumlarına ilişkin zaman değerlerinin depolandığı T^i matrisleri ise sırayla yan yana yazılarak

$$F=[(f)_k]_{n_{t\,d}} \quad , \quad (f)_k \in N$$

$$T=[(t)_k]_{n_{t\,t}} \quad , \quad (t)_k \in R$$

biçiminde yazılırlar. Burada

$$n_{t\,t} = \sum_{i=1}^{n_{t\,d}} f_i \tag{3.18}$$

dir.

4. PROBLEMİN TANIMI VE DATA GİRİŞİ

4.1. Giriş

LODCAK ile çözülecek her problemin data girişleri için BLOCK DATA altprogramı kullanılır. Hem ana programda hem de BLOCK DATA altprogramında kullanılan isimlendirilmiş COMMON deyimleri sayesinde herhangi bir READ yada CALL ifadesine gerek yoktur. BLOCK DATA altprogramında verilen datalar isimlendirilmiş COMMON deyimiyle tanımlanmış değişkenlere otomatik olarak atanır.

4.2. Problemin Tanımı

BLOCK DATA altprogramına verilecek dataların hazır hale getirilmesi için Bölüm 2'de anlatıldığı şekilde elemanların eşdeğer devreleri kullanılarak bulunan ve bu şekilce çözülecek devrenin önce sistem grafı çizilir. Sistem grafında düğümler numaralandırılır ve çizgilerde seçilen akım yönü belirtilir. Ayrıca her çizgide eleman numaraları, çizgi numaraları ve eleman tipleri belirtilir. Elemanlara ilişkin bilgiler belirli bir data formuna getirilerek, BLOCK DATA altprogramına verilecek dataların hazır hale getirilmesi kolaylaştırılır.

Data formunda, ilk data eleman numarasını, ikinci data ise çizgi numarasını gösteren bir tamsayıdır, üçüncü data bir karekter olup elemanın tipini belirtmektedir. Daha sonraki iki tamsayı elemanın bağlı bulunduğu düğüm numaralarını belirtir, bu düğüm numaralarından birincisi seçilen akım yönünün çıktığı düğümü, ikincisi de seçilen akım yönünün girdiği

düğümü belirtmektedir. Daha sonraki tam sayı tanım denklemindeki (+ veya - ile birbirine bağlanan) terim sayılarını belirtir, tanım denklemi yoksa sıfırdır. Tanım denklemi varsa daha sonraki reel sayılar daha önce belirtilen terim sayısı kadar olup tanım denkleminde bulunan katsayılardır. Son datalarda daha önce belirtilen terim sayısı kadar karekterler olup tanım denkleminde bulunan değişkenlerdir. Bu bilgilerden; eleman numaraları EN dizisinde, çizgi numaraları ED dizisinde, eleman tipleri CH dizisinde, çizginin bağlı olduğu düğüm numaralarıda CD ve GD dizilerinde toplanırlar.Tanım denklemlerine ilişkin terim sayıları KS dizisinde, katsayılar TD dizisinde ve değişkenler de XY dizisinde toplanırlar.

Şimdi sembolleri ve tanım bağıntıları Tablo 2.1'de gösterilen devre elemanlarını içeren ve ek olarak birer lineer cebirsel, kapasitif, indüktüf çok uçlu, bağımsız kaynaklar ve anahtarlar bulunduran Şekil 4.1 a ve b'de gösterilen devreye ve çizilmiş sistem grafına ilişkin dataların yukarıda belirtilen dizilere yerleştirilmesi için her elemana ait data formunun hazırlanması gösterilecektir.

Bu devrede daha önce tanımlanmamış elemanlara ilişkin matematiksel modellerin aşağıdaki şekilde olduğu kabul edilmiştir.

Cebirsel 4 - uçlu :

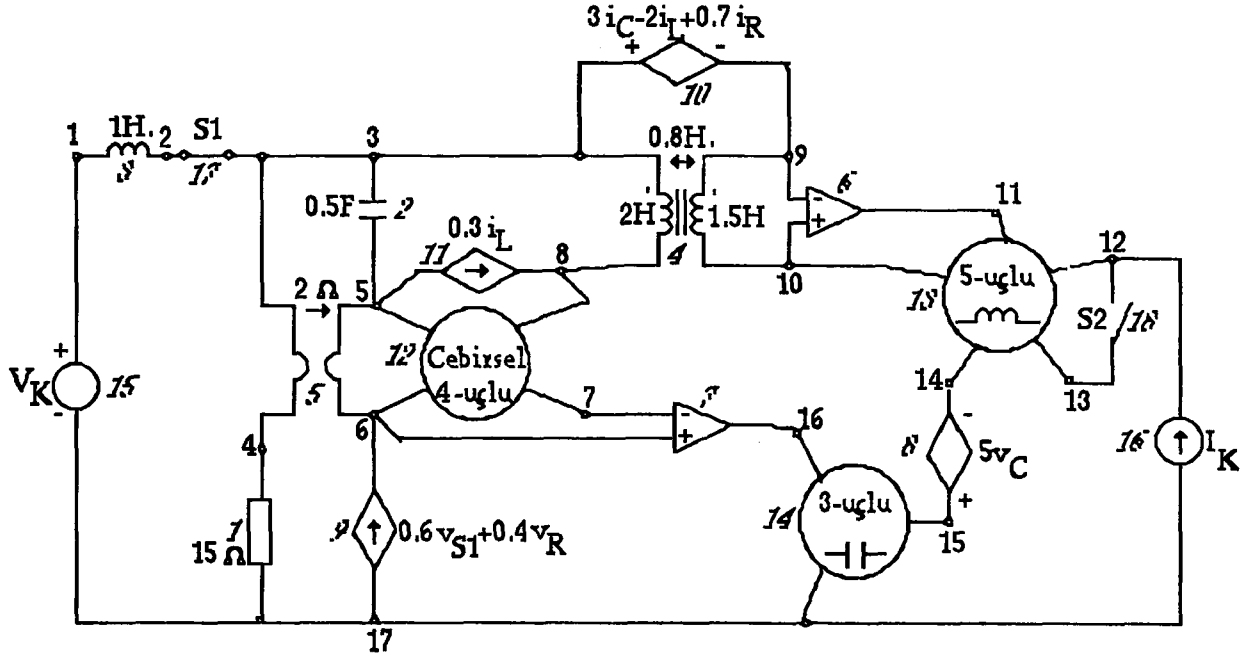
$$\begin{bmatrix} v_{17} \\ i_{18} \\ i_{19} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} 1 & -1 & 2 \\ 0 & 2 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{17} \\ v_{18} \\ v_{19} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \qquad (4.1)$$

3 - uçlu kapasitör :

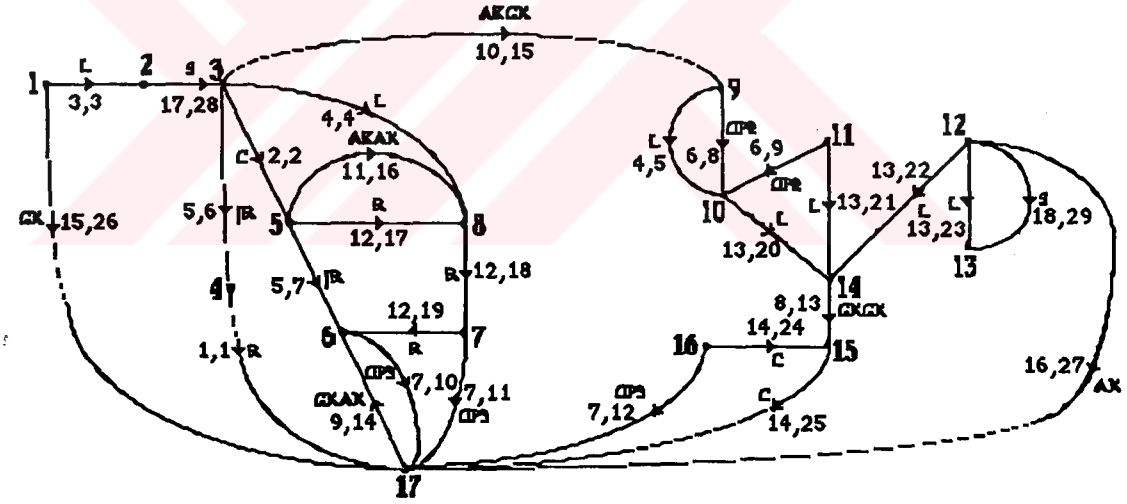
$$\begin{bmatrix} 2 & 1 \\ 1 & 2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{v}_{24} \\ \dot{v}_{25} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} i_{24} \\ i_{25} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix} \qquad (4.2)$$

5 - uçlu indüktans :

$$\begin{bmatrix} 1 & 0.5 & -1 & 1 \\ 2 & 0.5 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -1 & 0 \\ 0.5 & 2 & 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{i}_{20} \\ \dot{i}_{21} \\ \dot{i}_{22} \\ \dot{i}_{28} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} v_{20} \\ v_{21} \\ v_{22} \\ v_{28} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \qquad (4.3)$$



(a)



(b)

Şekil 4.1 a) Lineer cebirsel, indüktif, kapasitif elemanlar ile bağımsız kaynaklar ve anahtarlar içeren devre , b) Sistem grafı

Direnç:

Bu elemana ilişkin bilgiler aşağıdaki formda yazılarak gerekli dizilere yerleştirilmeye hazır hale getirilirler.

EN	ED	CH	CD	GD	KS	TD	XY
1	1	'R'	4	17	2	1,-15	V1, I1

Burada 1 numaralı elemanın, 1 numaralı çizgide 4. ve 17. düğümler arasına bağlı 15Ω değerinde bir direnç olduğu gösterilmektedir.

Kapasitör:

Bu elemana ilişkin bilgiler:

EN	ED	CH	CD	GD	KS	TD	XY
2	2	'C'	3	5	2	0.5,-1	dV2, I2

İndüktans:

İki uçlu indüktans elemanına ilişkin bilgiler:

EN	ED	CH	CD	GD	KS	TD	XY
3	3	'L'	1	2	2	1, -1	dI3, V3

4 uçlu, 2 kapılı ortak indüktanslı elemana ilişkin bilgiler :

EN	ED	CH	CD	GD	KS	TD	XY
4	4	'L'	3	8	3	2, 0.8, -1	dI4, dI5, V4
4	5	'L'	9	10	3	0.8 ,1.5, - 1	dI4, dI5, V5

Burada 4 numaralı elemanının, 4 numaralı çizgide 3. ve 8. düğümler arasına bağlı 2H., 5 numaralı çizgide de 9. ve 10. düğümler arasına bağlı 1.5 H. değerinde indüktanslara; 4 ve 5 numaralı çizgiler arasında 0.8 H. değerinde ortak indüktansa sahip olan 4 uçlu, 2 kapılı bir ortak indüktanslı eleman olduğunu göstermektedir. Bu elemana ilişkin bilgilerin ardarda girilme zorunluluğu olmayıp, istenilen çizgi sırasında girilebilirler.

Jiratör:

Bu elemana ilişkin bilgiler:

EN	ED	CH	CD	GD	KS	TD	XY
5	6	'JR'	3	4	2	1, -2	V6, I7
5	7	'JR'	5	6	2	1, 2	V7, I6

İşlemsel kuvvetlendirici (OPAMP) :

'OP2' tip kodlu 2 uçlu işlemsel kuvvetlendirici elemana ilişkin bilgiler aşağıdaki formda yazılırlar.

EN	ED	CH	CD	GD	KS	TD	XY
6	8	'OP2'	9	10	1	1	V8
6	9	'OP2'	11	10	1	1	I8

'OP3' tip kodlu 3 uçlu işlemsel kuvvetlendirici elemana ilişkin bilgilerde aşağıdaki formda yazılırlar.

EN	ED	CH	CD	GD	KS	TD	XY
7	10	'OP3'	6	17	1	-1	I10
7	11	'OP3'	7	17	1	-1	I11
7	12	'OP3'	16	17	2	-1,1	V10,V11

Bağımlı kaynaklar :

Bağımlı kaynakların tip kodu Gerilim Kontrollu Gerilim Kaynağı için 'GKGK', Gerilim Kontrollu Akım Kaynağı için 'GKAK', Akım Kontrollü Gerilim Kaynağı için 'AKGK', Akım Kontrollü Akım Kaynağı içinde 'AKAK' olarak kullanılmalıdır. Bağımlı kaynaklara ilişkin tanım bağıntısı için herhangi bir açık devre elemanın veya kısa devre elemanın tanımlanmasına gerek yoktur. Bağımlı oldukları akımların ve gerilimlerin sayısında sınırlama olmayıp, bu akımlar ve gerilimler herhangi bir yönteme bağlı olmaksızında seçilebilirler. Ancak her bağımlı kaynak 2 uçlu bir eleman olarak düşünülmüştür.

Gerilim Kontrollu Gerilim Kaynağına ilişkin bilgiler :

EN	ED	CH	CD	GD	KS	TD	XY
8	13	'GKGK	14	15	2	1, -5	V8, V2

formunda yazılır, bu elemana ilişkin tanım bağıntısı V8=5 V2 olur. Gerilim Kontrollu Akım Kaynağına ilişkin bilgiler :

EN	ED	CH	CD	GD	KS	TD	XY
9	14	'GKAK'	6	17	3	1, -0.6, -0.4	I14, V17, V1

formunda yazılır, bu elemana ilişkin tanım bağıntısı I14=0.6 V17 +0.4 V1 olur. Akım Kontrollu Gerilim Kaynağına ilişkin bilgiler :

EN	ED	CH	CD	GD	KS	TD	XY
10	15	'AKGK	3	9	4	1, -3, 2, -0.7	V15, I2, I3, I1

şeklinde yazılır, bu elemana ilişkin tanım bağıntısı V15=3I2-2I3+0.7I1 olur. Akım Kontrollu Akım Kaynağına ilişkin bilgilerde:

EN	ED	CH	CD	GD	KS	TD	XY
11	16	'AKAK'	5	8	2	1, -0.3	I16, I3

şeklinde yazılır, bu elemana ilişkin tanım bağıntısıda I16=-0.5I3 olur.

Cebirsel çok uçlu:

Bu elemana ilişkin bilgiler aşağıdaki formda yazılırlar. Dirençde bir cebirsel çok uçlu olduğu için, bu elemanın tip kodu da 'R' olarak tanımlanır.

EN	ED	CH	CD	GD	KS	TD	XY
12	17	'R'	5	8	4	1, -1, 1, 2	V17, I17, V18, V19
12	18	'R'	8	7	2	1, - 2	I18, V18
12	19	'R'	7	6	4	1, -1, -1	I19, I17, V19

İşlemsel kuvvetlendirici, bağımlı kaynaklar ve jiratörde birer cebirsel çok uçlu olduğu için yukardakine benzer şekilde de tanımlanabilirler.

Çok uçlu indüktans:

Bu elemana ilişkin bilgiler :

EN	ED	CH	CD	GD	KS	TD	XY
13	20	'L'	10	14	5	1, 0.5, -1, 1, -1	dI20, dI21, dI22, dI23, V20
13	21	'L'	11	14	3	2, 0.5, -1	dI20, dI21, V21

13	22	'L'	12	14	3	1, -1, -1	dI21, dI22, V22
13	23	'L'	12	13	4	0.5, 2, -1, -1	dI20, dI21, dI23, V23

Çok uçlu kapasitör:

Bu elemana ilişkin bilgiler :

EN	ED	CH	CD	GD	KS	TD	XY
14	24	'C'	16	15	3	2, 1, -1	dV24, dV25, I24
14	25	'C'	15	17	3	1, 2, -1	dV24, dV25, I25

Bağımsız kaynaklar :

Bağımsız kaynaklardan, gerilim kaynağının tip kodu 'GK', akım kaynağının tip kodu 'AK' olarak kullanılmalıdır. Bağımsız kaynaklara ilişkin tanım denklemleri formülasyon anında değilde, çözüm aşamasında kullanılacağından tanım denklemlerine ilişkin terim sayısı sıfır yazılarak daha sonraki bilgilerin yazılmasına gerek kalmamaktadır. Bağımsız kaynaklara ilişkin bilgiler aşağıdaki formda yazılırlar.

EN	ED	CH	CD	GD	KS
15	26	'GK'	1	17	0
16	27	'AK'	12	17	0

Anahtar:

Tip kodu 'S' olarak kullanılan anahtara ilişkin bilgilerin yazılımı, bağımsız kaynaklara ilişkin bilgilerin yazıldığı formdadır.

EN	ED	CH	CD	GD	KS
17	28	'S'	2	3	0
18	29	'S'	12	13	0

Devredeki bütün anahtarlar ilk anda açık kabul edilirler. Ancak anahtarların açık ve kapalı olma durumları daha sonra eleman modellerini kullanarak proğram tarafından oluşturulan SDAP (sistem durumu - anahtar pozisyonu) matrisi ile tanımlanır.

4.3. Data Girişi

Problemin tanımından ve her elemana ilişkin data formlarının hazırlanmasından sonra datalar, BLOCK DATA altprogramına kullanıcı tarafından kolay bir şekilde verilebilir. BLOCK DATA altprogramında kullanılan değişkenlerin tanımları aşağıda yazılmıştır.

N :Bu değişken verilen sistemdeki toplam çizgi sayısıdır. Bazı elemanların birden fazla çizgilerinin olduğu unutulmamalıdır.

ND :Sistemdeki toplam düğüm sayısını gösterir.

NX :Bu değişken sistemdeki toplam durum değişkeni sayısını, diğer bir deyişle sistemdeki toplam 2-uçlu kapasitör ve indüktans sayılarını gösterir. Sistemde çok uçlu indüktans ve /veya kapasitör varsa NX sistemdeki tüm kapasitör ve indüktansların sistem grafındaki çizgi sayısı olarak tanımlanabilir. X vektörünün boyutudur ve ikinci katsayı matrisinin sütun sayısını gösterir.

NC : Sistemdeki cebirsel çok uçlu elemanlara (R, JR, OP2, OP3, GKGK, GKAK, AKGK, AKAK) ait çizgilerin toplam sayısını gösterir.

NU : Sistemdeki bağımsız giriş kaynaklarının toplam sayısını gösterir. u vektörünün boyutudur(Y vektörünün boyutuda NX+NU+2.NC'dir).

NS : Sistemdeki toplam anahtar sayısını gösterir. Us ve Usc vektörlerinin boyutudur.

NY : Çıkış değişkenlerinin sayısını gösterir. y vektörünün boyutudur.

CH : Sistemde kullanılan elemanların ilk çizgiden son çizgiye kadar sırayla tip kodlarının depolandığı vektördür.

EN : Sistemde bulunan elemanların numaralarının depolandığı vektördür. Aynı elemana ait 2 yada daha fazla çizgi varsa, bunların ardarda girilme zorunluluğu olmadığı için çizgi sayısı kadar aynı eleman numarası farklı yerlerde olabilir.

ED : Sistemde bulunan elemanlara ait çizgilerin numaralarının sırayla depolandığı vektördür.

CD(GD) : Bu değişken ilk çizgiden son çizgiye kadar, çizginin bağlı olduğu ve seçilmiş akım yönünün çıktığı (girdiği) düğüm numaralarının toplandığı vektörü gösterir.

KS : Devredeki elemanlara (her çizgiye) ilişkin tanım denklemindeki (+ veya - ile birbirine bağlanan) terim sayılarının toplandığı vektördür.

TD(XY) : Her çizgiye ilişkin tanım denklemindeki katsayıların (değişkenlerin) tümünün sırayla toplandığı vektördür.

YC : Seçilen çıkış değişkenlerinin isimlerini gösteren vektördür, diğer bir deyişle y vektörüdür. Bu vektördeki değişken isimlerinden ilk NYK tanesi durum değişimine neden olan uç büyüklüklerinin isimleridir.

KSY : Çıkış değişkenlerine ilişkin tanım denklemlerindeki (+ veya - ile birbirine bağlanan) terim sayılarının toplandığı vektördür.

TDY(XYY): Çıkış değişkenlerine ait tanım denklemlerindeki katsayıların (değişkenlerin) tümünün sırayla toplandığı vektördür.

CSSP : Sistemde bulunan lineer olmayan elemanlara ilişkin EDAP matrislerine ait elemanların toplandığı vektördür.

BCSSP :Edap matrislerinin sırayla satır (n_{ed}^{i}) ve sütun (n_{s}^{i}) sayılarının toplandığı vektördür.

NCS : Bu değişken sistemdeki EDAP matrislerinin sayısını gösterir.

NES : Sistemdeki lineer olmayan eleman sayısıdır (n_{es}).

NYK : Sistemde durum değişimine neden olan uç büyüklüklerinin sayısını gösterir.

NEDS : Lineer olmayan her elemandaki durum sayılarının toplandığı NES elemanlı vektördür.

EDKDS : Her eleman durumundaki kontrol denklemi sayılarının toplandığı vektördür.

LED : Kontrol denklemlerinde her eleman durumuna ait YED vektörüne ilişkin katsayıların toplandığı vektördür.

YED : Kontrol denklemlerinde her eleman durumuna ait durum değişimine neden olan uç büyüklüklerinin toplandığı vektördür.

RKD : Kontrol denklemlerinde her eleman durumuna ait durum değişimine neden olan referans değerlerinin toplandığı vektördür.

ZS : Kontrol denklemlerinde her lineer olmayan elemana ait bağlaçların toplandığı vektördür.

FS : Sistemde lineer olmayan elemanların eleman durumlarının zamanla ilgili olup olmadıklarını topluca gösteren vektördür.

TS : Zamanla ilgili olan eleman durumlarının zaman değerlerini topluca gösteren vektördür.

NK : Kısıtlama sayısı.

MKT : Kısıtlama matrisi.

EBE : Matrislerle yapılan bazı işlemlerde ve elementer satır işlemlerinde, yuvarlatma nedeniyle bazı sıfır olmayan değerler görülür. Aslında bu değerler tam sıfıra eşit yapılmalıdır. Program, EBE parametresi ile tanımlanan bir eşik değerinden daha küçük değerleri sıfır yapar. EBE parametresinin seçiminde, sistem parametrelerine göre çok küçük bir sayı olmasına dikkat edilmelidir.

BLOCK DATA altprogramının boş formu Tablo 4.1'de gösterilmiştir. Burada, _'ler kullanıcı tarafından doldurulacak dataları gösterir.

Tablo 4.1 BLOCK DATA altprogramının görünümü

```
 BLOCK DATA

COMMON/İSİM/N,ND,NX,NC,NU,NS,NY,CH,EN,ED,CD,GD,KS,TD,XY,YC,KSY,TDY,X
YY,CSSP   *BCSSP,NCS,NES,NYK,NEDS,EDKDS,LED,YED,RKD,ZS,FS,TS,
INTEGERN,ND,NX,NC,NU,NS,NY,EN(*),ED(*),CD(*),GD(*),KS(*),KSY(*),CSSP(*),BCS
SP(*),
* NCS,NES,DS(*), EDKDS(*), NYK
REAL   TD(*),TDY(*),RKD(*),ZS(*),FS(*),TS(*),LED(*),EBE
CHARACTER *4   CH(*),XY(*),YC(*),XYY(*),YED(*)
DATA
C ÇİZGİ SAYISI  (N)
* N / __ /
C DÜĞÜM SAYISI (ND)
* ND / __ /
C DURUM DEĞİŞKENİ SAYISI (NX)
* NX / __ /
CCEBİRSEL ÇOK UÇLU SAYISI (NC)
* NC / __ /
C GİRİŞ KAYNAĞI SAYISI (NU)
* NU / __ /
C ANAHTAR SAYISI (NS)
* NS / __ /
C ÇIKIŞ DEĞİŞKENLERİ SAYISI (NY)
* NY / __ /
C ELEMANLARIN TİPLERİ (CH)
```

```
* CH / _____ /
C ELEMANLARIN NUMARALARI (EN)
* EN / _____ /
C ÇİZGİLERİN NUMARALARI (ED)
* ED / _____ /
C SEÇİLMİŞ AKIM YÖNÜNÜN ÇITIĞI DÜĞÜM (CD)
* CD / _____ /
C SEÇİLMİŞ AKIM YÖNÜNÜN GİRDİĞİ DÜĞÜM (GD)
* GD / _____ /
C TANIM DENKLEMLERİNDEKİ KOLON SAYILARI (KS)
* KS / _____ /
C TANIM DENKLEMLERİNDEKİ KATSAYILAR (TD)
* TD / _____ /
C TANIM DENKLEMLERİNDEKİ DEĞİŞKENLER (XY)
* XY / _____ /
C ÇIKIŞ DEĞİŞKENLERİNİN ADI (YC)
* YC / _____ /
C ÇIKIŞ DENKLEMLERİNDEKİ KOLON SAYILARI (KSY)
* KSY / _____ /
C ÇIKIŞ DENKLEMLERİNDEKİ KATSAYILAR (TDY)
* TDY / _____ /
C ÇIKIŞ DENKLEMLERİNDEKİ DEĞİŞKENLER (XYY)
* XYY / _____ /
C ELEMAN DURUMU-ANAHTAR POZİSYONU (EDAP) MATRİSLERİ (CSSP)
* CSSP / _____ /
C EDAP MATRİSLERİNİN SATIR-SÜTUN SAYILARI (BCSSP)
* BCSSP / _____ /
```

C EDAP MATRİSLERİNİN SAYISI (NCS)

* NCS / _____ /

C LİNEER OLMAYAN ELEMAN SAYISI (NES)

* NES / _____ /

C DURUM DEĞİŞİMİNE NEDEN OLAN UÇ BÜYÜKLÜKLERİNİN SAYISI (NYK)

* NYK / _____ /

C LİNEER OLMAYAN HER ELEMANDAKI TOPLAM DURUM SAYILARI (NEDS)

* NEDS / _____ /

C HER ELEMAN DURUMUNDAKİ KONTROL DENKLEMİ SAYISI (EDKDS)

* EDKDS / _____ /

C KONTROL DENKLEMLERİNDE YED VEKTÖRÜNE İLİŞKİN KATSAYILAR (LED)

* LED / _____ /

C KONTROL DENKLEMLERİNDE DURUM DEĞİŞİMİNE NEDEN OLAN UÇ BÜYÜKLÜKLERI (YED)

* YED / _____ /

C KONTROL DENKLEMLERİNDE DURUM DEĞİŞİMİNE NEDEN OLAN REFERANS DEĞERLERİ (RKD)

* RKD/ _____ /

C KONTROL DENKLEMLERİNİN BAĞLAÇLARI(1 İSE VE, 2 İSE VEYA, 0 İSE TEK DENKLEM VAR (ZS)

* ZS / _____ /

C ELEMAN DURUMLARININ ZAMANLA İLGİLİ OLUP OLMADIKLARINI GÖSTEREN VEKTÖR (FS)

* FS / _____ /

C ZAMANLA İLGİLİ OLAN ELEMAN DURUMLARININ ZAMAN DEĞERLERİ (TS)

* TS / _____ /

C KISITLAMA SAYISI (NK)

```
* NK / __ /
C KISITLAMA MATRİSİ (MKT)
* MK T/ __ /
C ÇOK KÜÇÜK BİR POZİTİF SAYI (EBE)
* EBE / __ /
END
```

5. BİLGİSAYAR PROGRAMININ TANITIMI

5.1. Giriş

Önceki bölümlerde anlatılan işlemleri gerçekleştirmek üzere LODCAK isimli bir bilgisayar programı hazırlanmıştır. Lineer olmayan devrelerin durum, çıkış, anahtarlama ve kontrol denklemlerinin hesaplanmasını gerçekleştirecek olan bu program, dört ana altprogramdan oluşmaktadır. Bu altprogramlardan birincisi, Bölüm 3.5.1.'de anlatılan ve (3.8) denklemi ile verilen başlangıç denklemlerini elde eden BADENK altprogramıdır. İkinci altprogram, Bölüm 3.3.'de anlatıldığı gibi, her sistem durumuna karşılık gelen anahtar pozisyonlarını tespit eden SDAP altprogramıdır. FORM1 olarak isimlendirilen üçüncü altprogram, değişik bölgelerde durum ve çıkış denklemlerinin bulunmasını ve bölgeler arası geçişler için anahtarlama denklemlerinin hesaplanmasını (formülasyonunu) gerçekleştirir. Son altprogram ise kontrol denklemleri ile igili değerleri düzenleyen KONT altprogramıdır. Bu altprogramlar hakkında daha detaylı açıklamalar sonraki bölümlerde yapılacaktır.

5.2. Ana Program LODCAK

LODCAK programı aslında bir ana altprogram olarak hazırlanmıştır. Bu program tarafından üretilecek dataların, başka bir altprogram tarafından kullanılabilmesi için bu yol tercih edilmiştir. Bu nedenle LODCAK programını bir altprogram olarak kullanmak isteyen kullanıcıların aşağıdaki çağıran programı yazmaları gerekmektedir.

CALL LODCAK (Argümanlar)

STOP

END

Ancak henüz LODCAK bir altprogram olarak başka programlara bilgi aktarmadığı için argümansız kullanılır. Ana programı çağıran program olmamasına rağmen ana altprogram durumundaki LODCAK çoğu zaman ana program olarak anılacaktır.

Hazırlanan LODCAK isimli programın altprogramları ile ilgili detaylara girmeden önce bu programın genel bir akış şeması Şekil 5.1'de verilmiştir. Bu akış şemasında bazı bloklar oldukça uzun program parçalarına karşılık gelmektedir. Daha kolay anlaşılması için akış şeması fazla detaylı tutulmamıştır. Akış şemasında görülen işlemler LODCAK içerisinde ve çağrılan altprogramlar aracılığı ile gerçekleştirilmektedir. Bu işlemlerin hangi altprogramlar tarafından yapıldığıda akış şemasında detaya inilmeden ana hatlarıyla belirtilmiştir.

LODCAK tarafından kullanılan altprogramlar ve çağırma ilişkileri Şekil 5.2'deki şemadan açık olarak görülmektedir. LODCAK'ın listesi EK-2'de verilmiştir. Bu programda kullanılan ve kullanıcı tarafından BLOCK DATA kullanılarak değerleri girilen bazı değişkenler Bölüm 4.3'de açıklanmıştı. Şimdi kullanılan diğer değişkenler açıklanacaktır.

DXB : Başlangıç denklemlerinin 1. katsayı matrisidir.

AXB : Başlangıç denklemlerinin 2. katsayı matrisidir.

BUB : Başlangıç denklemlerinin 3. katsayı matrisidir.

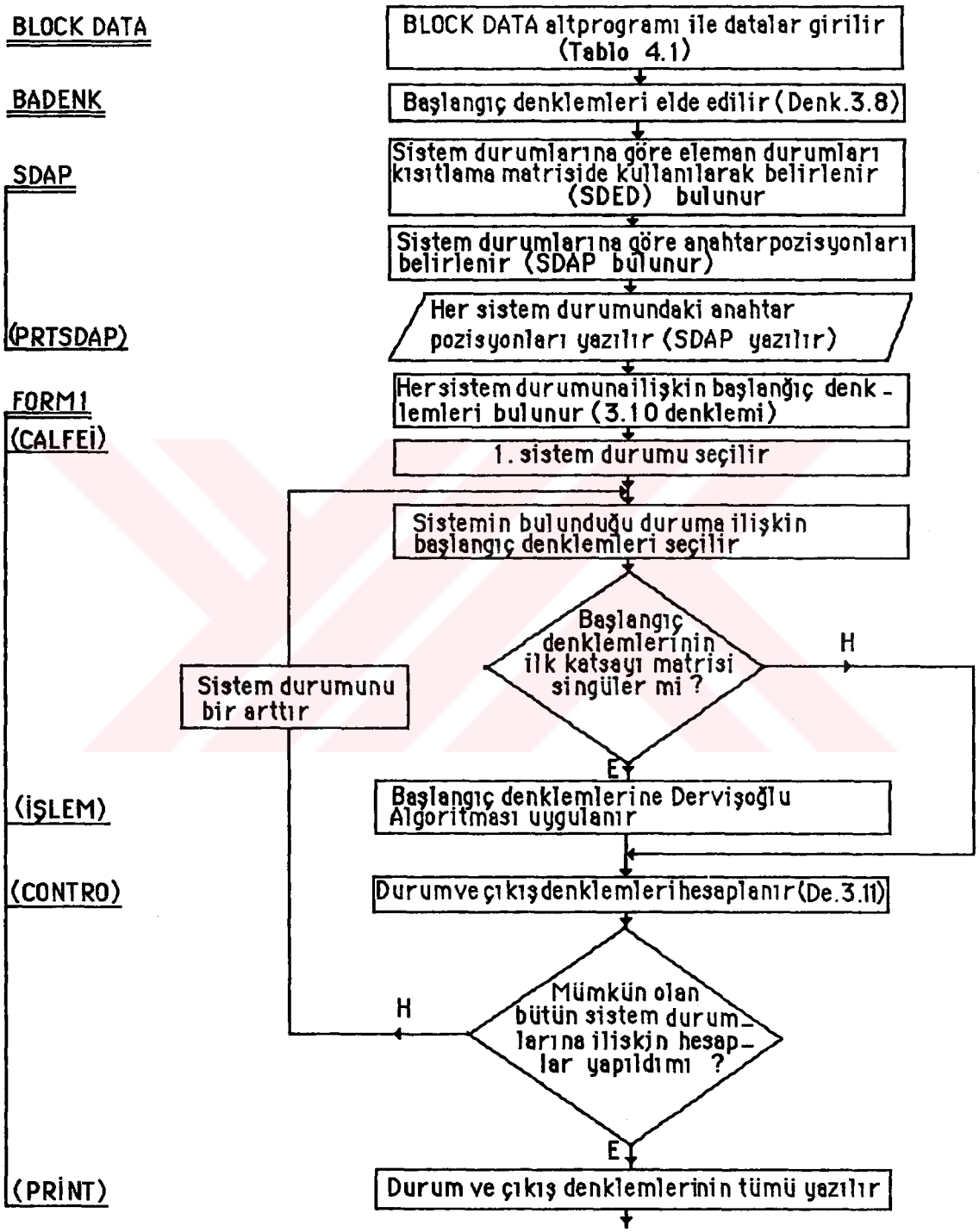
DX1 : $[\dot{X}\ y\ Usc]^T$ vektörüdür.

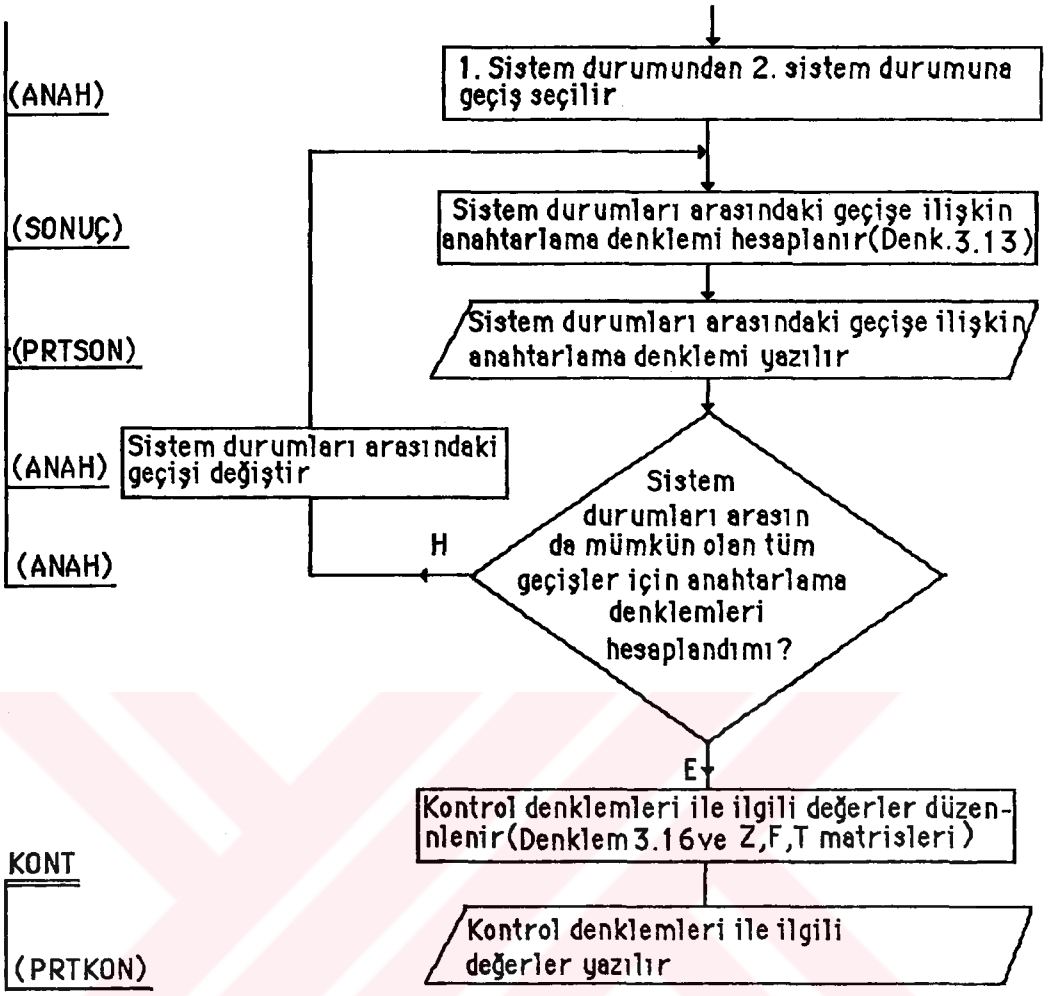
SSSP : Sistem durumuna göre anahtar pozisyonunu gösteren matris.

NCARP : Bir sistemdeki sistem durumlarının toplam sayısıdır.

NOBCR : Y vektörünün boyutudur. Fakat Y vektörü elementler satır işlemi sonucu yok edildiği için değeri sıfırdır.

NROE : Bu değişken 1. katsayı matrisinin hem satır hem de sütun sayılarını, 2. ve 3. katsayı matrislerinin de satır sayılarını gösteren (NX+NY+NS) değerinde bir tamsayıdır.


BLOCK DATA
BADENK
SDAP
(PRTSDAP)
FORM1
(CALFEİ)
(İŞLEM)
(CONTRO)
(PRİNT)
BLOCK DATA altprogramı ile datalar girilir (Tablo 4.1)
Başlangıç denklemleri elde edilir (Denk.3.8)
Sistem durumlarına göre eleman durumları kısıtlama matrisiside kullanılarak belirlenir (SDED) bulunur
Sistem durumlarına göre anahtarpozisyonları belirlenir (SDAP bulunur)
Her sistem durumundaki anahtar pozisyonları yazılır (SDAP yazılır)
Hersistem durumunailişkin başlangıç denk - lemleri bulunur (3.10 denklemi)
1. sistem durumu seçilir
Sistemin bulunduğu duruma ilişkin başlangıç denklemleri seçilir
Başlangıç denklemlerinin ilk katsayı matrisi singüler mi ?
H
E
Sistem durumunu bir arttır
Başlangıç denklemlerine Dervişoğlu Algoritması uygulanır
Durumve çıkışdenklemlerihesaplanır(De.3.11)
Mümkün olan bütün sistem durum- larına iliskin hesap- lar yapıldımı ?
H
E
Durum ve çıkış denklemlerinin tümü yazılır

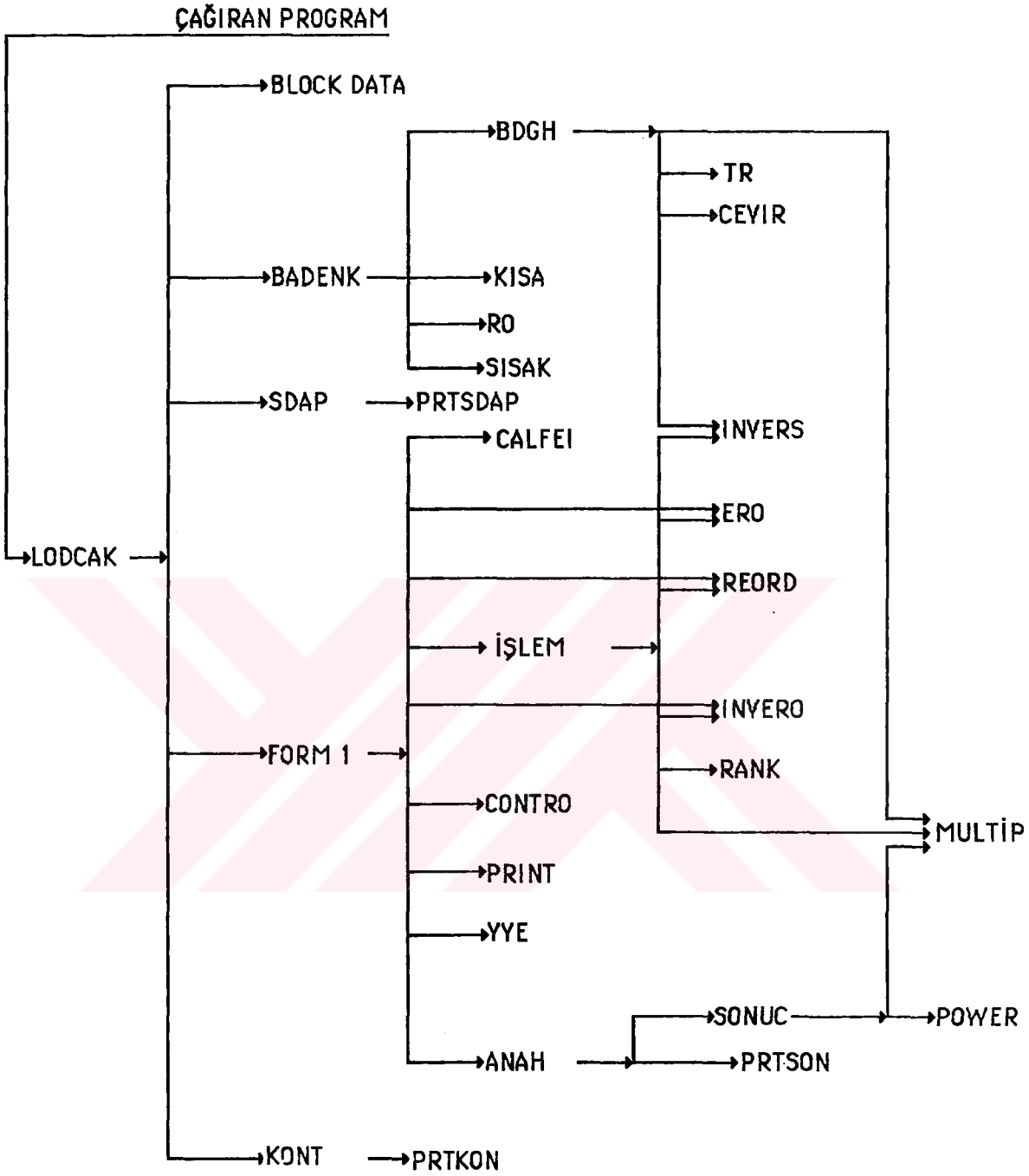


Şekil 5.1 LODCAK programının akış şeması

NUNS : Bu değişken 3. katsayı matrisinin sütün sayısını gösteren (NU+NS) değerinde bir tamsayıdır. 2. katsayı matrisinin sütun sayısıda NX değişkeni ile gösterilmiştir.

YK : y-çıkış vektöründe durum değişimine neden olan uç büyüklüklerinin depolandığı vektördür.

L : Bütün sistem durumlarındaki, durum değişimine neden olan uç büyüklüklerinin katsayılarının toplandığı matrisdir.



Şekil 5.2 LODCAK tarafından kullanılan altprogramlar ve çağırma ilişkileri

Şekil 5.2'den de görüldüğü gibi LODCAK'ın ilk altprogramı BLOCK DATA olup bu program Bölüm 4.3'de yeteri kadar tanıtılmıştı. Aşağıda LODCAK tarafından çağırılan diğer altprogramlar çağırılma sırasına göre tanıtılmıştır. Bütün bu altprogramlar ve bunların çağırdığı diğer altprogramların program listeleri toplu olarak EK-2 den takip edilebilir.

5.3.BADENK Altprogramı

Lineer olmayan devrelerin durum, çıkış ve kontrol denklemlerinin değişik bölgelerde bulunması ve bölgelere arası geçişler için anahtarlama denklemlerinin hesaplanması için önce başlangıç denklemlerinin (3.8)'deki gibi oluşturulması gerekir. Başlangıç denklemlerinin bulunması, Bölüm 3.5.1'de anlatıldığı ve formülasyonu gösterildiği gibi BADENK altprogramı ile gerçekleştirilir. Birçok altprogramı olan BADENK'in altprogramları ve argümanları ilgili bölümlerde açıklanacaktır.

5.3.1. BADENK'in değişken isimleri

Bu altprogramda kullanılan skaler argümanlar (N,ND,NX,NC,NU,NS,NY,EBE) daha önce BLOCK DATA programının tanıtıldığı Bölüm 4.3'de verilmişti. Vektöryel argümanlar ise yine daha önce Bölüm 4.3 ve Bölüm 5.2'de tanıtılmış olmasına rağmen Tablo 5.1.'de toplu olarak yeniden gösterilmiştir. Bu tablonun birinci kolonunda değişken isimleri, ikinci

kolonunda değişken tipleri, üçüncü kolonunda vektör olarak boyutları, dördüncü kolonunda hesaplandıkları veya kullanıldıkları altprogram isimleri ve son kolonunda da teoride kullanılan notasyonlar gösterilmiştir. Bu değişkenlerden bir kısmı kullanıcı tarafından girilen, bir kısmıda BADENK'in altprogramlarında hesaplanan değişkenlerdir. Son 6 değişken (DA,AX,BU,DX,PIU,HG) argüman listesinde görünmemesine rağmen BADENK programı tarafından hesaplanan ve önemlerine binaen listeye alınmış olan değişkenlerdir.

Şimdi Tablo 5.1'de verilen ve daha önceki bölümlerde tanımlanmamış değişkenler açıklanacaktır.

DA : (3.7) denklemindeki 1. katsayı matrisidir.

AX : (3.7) denklemindeki 2. katsayı matrisidir.

BU : (3.7) denklemindeki 3. katsayı matrisidir.

DX : DA matrisinin Y vektörüne ilişkin katsayılarına elementer satır işlemi uygulanmış halidir.

Son olarak Tabloda yer alan ve daha önce tanımlanmamış olan değişken boyutları tanımlanacaktır:

NCE : Y vektörünün bir kısmını oluşturan cebirsel çok uçlu elemanlara ilişkin uç büyüklüklerinin sayısını gösteren, diğer bir deyişle cebirsel çok uçlu elemanlara ilişkin denklem sayasını gösteren (2.NC) değerinde bir tamsayıdır.

N1X : $[X\ Y\ y\ Usc]^T$ vektörünün boyutunu gösteren (2.NX+NCE+NY+NU+NS) değerinde bir tam sayıdır.

5.3.2. BADENK'in altprogramları

Başlangıç denklemlerini bulan BADENK altprogramı, Şekil 5.2'de de görüldüğü gibi 4 altprogram çağırır. Bunlar sırayla şu şekilde açıklanmıştır.

BDGH : Bu altprogramda, Bölüm 3.5.1'de anlatılan işlemlerden PI incidence matrisi oluşturulur, (3.4) denklemi ile gösterilen ara işlemler sonucunda HG çevre matrisi oluşturulur.

Tablo 5.1 BADENK altprogramının vektöryel argümanları.

Değişken ismi	Değişken tipi	Değişken boyutu	İlgili altprogram	Teorideki notasyon
CH	A	N	BDGH	CH
EN	I	N	BDGH	EN
ED	I	N	BDGH	ED
CD	I	N	BDGH	CD
GD	I	N	BDGH	GD
KS	I	N	BDGH	KS
TD	R	$\sum_{I=1}^{N} KS(I)$	BDGH	TD
XY	A	$\sum_{I=1}^{N} KS(I)$	BDGH	XY
YC	A	NY	BDGH	YC
KSY	I	NY	BDGH	KSY
TDY	R	$\sum_{I=1}^{NY} KSY(I)$	BDGH	TDY
XYY	A	$\sum_{I=1}^{NY} KSY(I)$	BDGH	XYY
DXB	R	NROE.NROE	SISAK	1. kat.mat.(3.8)
AXB	R	NROE.NX	SISAK	2. kat.mat.(3.8)
BUB	R	NROE.(NU+NS)	SISAK	3. kat.mat.(3.8)
DX1	A	NX+NY+NS	BDGH	$[\dot{X}\ y\ Usc]^T$
DA	R	N1X.N1X	BDGH	1. kat.mat.(3.7)
AX	R	N1X.NX	BDGH	2. kat.mat.(3.7)
BU	R	N1X.(NU+NS)	BDGH	3. kat.mat.(3.7)
DX	R	N1X.N1X	BDGH	-
PIU	R	N.(ND-1)	BDGH	PI
HG	R	N.(N-(ND-1))	BDGH	HG

Bu matrislerden ve devre elemanlarına ilişkin tanım bağıntılarından da (3.7.) denklemi ile verilen başlangıç denklemlerinin genel hali oluşturulur.

KISA : Bu altprogramda, (3.7) denklemindeki Y vektörüne ilişkin katsayılar, $\dot{X}$ vektörüne ilişkin katsayılarla yerdeğiştirilir.

RO : Bu altprogramda, sadece Y vektörüne ilişkin katsayılara elementer satır işlemi uygulanır.

SISAK : Bu altprogramda, Y vektörüne ilişkin katsayıları yok ederek (3.8) denkleminde görülen başlangıç denklemleri elde edilir.

BDGH altprogramıda, bir matrisin inversini hesaplayan INVERS ve iki matrisin çarpımını yapan MULTIP altprogramları ile, bir matrisin transpozesini alan TR altprogramı ve karekter ile tam sayının birleşimiyle oluşan 'DV1', 'DI5','V9', 'I7' gibi değişkenler üreten FUNCTION CEVIR altprogramlarını çağırır.

5.4. SDAP Altprogramı

Bu altprogram kısıtlama matrisinide kullanarak önce sistem durumuna göre eleman durumlarını, sonrada sistem durumlarına göre anahtar pozisyonlarını belirler. Ayrıca bir sistemde oluşacak sistem durumlarının toplam sayısını hesaplar. Hesaplanan sonuçları PRTSDAP altprogramını kullanarak yazar.

5.4.1. SDAP'ın değişken isimleri ve altprogramları

Bu altprogramda kullanılan vektöryel argümanlar Tablo 5.2'de verilmiştir. Bunlardan CSSP,BCSSP ve MKT daha önce tanıtılmıştır. SSCS: Sistem durumlarına göre eleman durumlarını, SSSP: Sistem durumuna göra anahtar pozisyonunu gösteren vektörlerdir.

Tablo 5.2 SDAP altprogramının vektöryel argümanları

Değişken ismi	Değişken tipi	Değişken boyutu	İlgili altprogram	Teorideki notasyon
CSSP	I	$\sum_{k=1}^{NCS} \left(\prod_{i=2k-1}^{2k} BCSSP(i) \right)$	SDAP	CSSP
BCSSP	I	2.NCS	SDAP	$[n_{ed}^i, n_s^i]$
MKT	I	NCARP.NK	SDAP	MKT
SSCS	I	NCARP.NCS	SDAP	SSCS
SSSP	I	NCARP.NS	SDAP	SSSP

Bu tabloda değişken boyutu kolonunda görülen NCARP sistemde oluşacak toplam sistem durumu sayısı olup SDAP içerisinde hesaplanmaktadır ve argüman listesi ile LODCAK programına aktarılmaktadır. Skaler olan ve argüman listesinde bulunan diğer değişkenler NCS, NS, NES ve NK daha önce tanımlanmıştı.

5.5. FORM1 Altprogramı

Başlangıç denklemlerinin bulunmasından ve sistem durumlarına göre anahtar pozisyonlarının belirlenmesinden sonra durum, çıkış ve anahtarlama denklemleri FORM1 altprogramı yardımı ile elde edilir. Daha önce Nacaroğlu(1989) tarafından hazırlanan FORM altprogramı anahtarlama peryodu bilinen bir devrenin durum, çıkış ve anahtarlama

denklemlerini hesaplıyordu. Dolayısıyla sistemin bulunduğu sistem durumundan, hangi sistem durumuna geçeceği biliniyordu ve anahtarlama denklemleride sadece bu geçişler için hesaplanıyordu. Ayrıca bu altprogramda çıkış vektörünün boyutu ve giriş kaynaklarının sayısı bir ile sınırlandırılmıştı. FORM1 altprogramı sistemin bulunduğu sistem durumundan, hangi sistem durumuna geçeceği bilinmediğinden dolayı mümkün olan tüm geçişler için anahtarlama denklemleri hesaplanacak şekilde genelleştirilmiştir. Ayrıca bu altprogramda çıkış vektörünün boyutu ve giriş kaynaklarının sayısı, sınırlandırılmamış olup istenildiği kadar seçilebilir. FORM1'in altprogramları ve argümanları ilgili bölümlerde açıklanacaktır.

5.5.1. Değişken isimleri

FORM1 altprogramı çağrılırken kullanılan argümanlarının tümü daha önce tanımlandığından burada tekrar edilmeyecektir. Ancak bu argümanlar için orijinal programa sadık kalınarak FORM1 altprogramında farklı değişken isimleri kullanılmıştır. Bu farklılık Tablo 5.3'de özetlenmiştir. Argüman listesinde olmayan ancak bu altprogramda hesaplanan bazı önemli değişkenler Tablo 5.4'de verilmiştir. Şimdi bu tabloda verilen değişkenlerden gerek duyulanlar açıklanacaktır.

EGFEI (EEGFEI, EEEGFI): Her sistem durumundaki anahtar pozisyonlarına göre, her sistem durumu için ayrı ayrı düzenlenen başlangıç denklemlerindeki 1.(2.,3.) katsayı matrislerinin depolandığı vektördür.

EEEGG4 : Durum ve çıkış denklemlerinin bulunduğu işlemler sonucunda kaynak ve kaynak türevlerinin katsayı matrislerinin depolandığı vektördür.

MATQ : Her sistem durumundaki $(Q_{k,1}\ Q_{k,2})^T$ katsayı matrislerinin toplandığı vektördür.

ICOEEEE : Her sistem durumundaki Xk'nın boyutunun depolandığı vektördür.

CSVVV : Her sistem durumunda durum değişkenlerinin işlemler sonucunda elenip elenmediğini gösteren vektördür.

VOJK : Her sistem durumundaki en yüksek kaynak türevlerinin depolandığı vektördür.

Tablo 5.3 Ana programdan FORM1'e aktarılan değişken isimleri ve FORM1'de kullanılan karşılıkları

FORM1'de kullanılan değişken ismi	FORM1'e aktarılan değişken ismi
LASP	SSSP
E	DXB
EE	AXB
EEE	BUB
NSI	NCARP
NOSV	NX
DOOUT	NY
DOIS	NU
ROE	NROE
COE	NROE
ROEE	NROE
COEE	NX
ROEEE	NROE
COEEE	NUNS

Tablo 5.4 FORM1 altprogramının bazı değişkenleri

Değişken ismi	Değişken tipi	Değişken boyutu	İlgili altprogram	Teorideki notasyon
TT	I	NS.NS.NCARP	ANAH	Tk
EGFEI	R	NROE.NROE.NCARP	CALFEI	__
EEGFEI	R	NROE.NX.NCARP	CALFEI	__
EEEGFI	R	NUNS.NROE.NCARP.(NX+1)	CALFEI	__
EEEGG4	R	NUNS.NROE.NCARP.(NX+1)	CALFEI	__
ICOEEE	I	NCARP	IŞLEM	dimXk
MATQ	I	NX.NX.NCARP	IŞLEM	Qk
CSVVV	I	NX.NCARP	IŞLEM	__
VOJK	I	NCARP	IŞLEM	Jk
MATF	R	NX.NX.NCARP.(NCARP-1)	ANAH	Fk,j
MATG	R	2.NX.NX.NCARP.NU. (NCARP-1)	ANAH	Gk,j,i
MATGB	R	NX.NX.NCARP.NU.(NCARP-1)	ANAH	$\bar{G}_{k,j,i}$

5.5.2. FORM1'in altprogramları

FORM1 altprogramı Şekil 5.2'de de görüldüğü gibi 9 altprogram çağırır. Bunlar sırası ile şu şekilde açıklanmıştır.

CALFEI : Bu altprogram (3.8)'deki başlangıç denklemlerini, her sistem durumundaki anahtar pozisyonlarına göre (3.10)'daki tanımlanan forma dönüştürür. Her sistem durumu için ayrı ayrı düzenlenen katsayı matrislerini üç ayrı vektörde toplar.

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

ERO :Elementer satır işlemi uygulayarak matrisi üst üçgen forma getirir.

REORD :Tüm elemanları sıfır olan satırları matrisin en altına gelecek şekilde tekrar düzenler

IŞLEM :(3.10) denkleminin ilk katsayı matrisi sıfırsa, bu altprogram Denklem 3.10'a Dervişoğlu Algoritmasını uygular.

INVERO: Üst üçgen matrisi birim matris formuna getirir.

CONTRO: (3.10) denkleminin ilk katsayı matrisi sıfır değil ise Dervişoğlu Algoritmasının kullanılmasını gerektirmeyen bu altprogram Denklem 3.10'a bilinen yöntemleri uygular.

PRINT : Bu altprogram (3.11) denklemindeki tüm katsayı matrislerini her sistem durumu için yazar. Ayrıca (3.10) denklemindeki X vektöründen, hangi değişkenlerin IŞLEM tarafından durum denklemleri bulunurken elimine edildiği hakkında bilgide verir.

YYE :Bu altprogram ANAH programında kullanılacak katsayı matrislerinde bazı düzenleme ve kısaltmalar yapar. Böylece bellek ve zaman tasarrufu sağlanır.

ANAH :Sistem durumuna göre sistem durumunu belirleyerek, sistem durumları arasında mümkün olan tüm geçişleri sağlayan altprogramdır.

IŞLEM altproğramı da daha önce açıklamaları yapılan MULTIP, INVERS, ERO, REORD, INVERO ve bir matrisin rankını bulan RANK altprogramlarını çağırır.

ANAH altprogramı ise daha önce açıklaması yapılan MULTIP ile Denklem 3.13'de görülen katsayı matrislerini hesaplayan SONUÇ, SONUÇ'ta hesaplanan anahtarlama denklemlerine ilişkin bütün katsayı matrislerini yazan PRTSON ile bir matrisin kuvvetini almak için kullanılan POWER altprogramlarını çağırır.

5.6. KONT Altprogramı

Bu altprogram, kullanıcı tarafından girilen, devredeki lineer olmayan elemaların eleman durumlarına ilişkin kontrol denklemlerini düzenler. Şöyleki, durum değişimine neden olan uç büyüklüklerinin katsayılarını topluca bir vektörde ve uç büyüklüklerinin durum değişimine neden olan referans değerlerini de topluca ayrı bir vektörde depolar.

Bu altprogramda kullanılan skaler argümanlar (NES,NYK) daha önce tanımlanmıştı, vektöryel argümanlar Tablo 5.5'de verilmiş olup bunların ne olduğu daha önceki bölümlerde açıklanmıştı.

KONT'un tek altprogramı PRTKON lineer olmayan her elemanın, her eleman durumu için ayrı ayrı durum değişimine neden olan uç büyüklüklerine ilişkin katsayıları, durum değişimine neden olan referans değerlerini, kontrol denklemleri arasındaki bağlaçları ve zamanla kaç kere ilgili olduğunu yazar. Ayrıca durum değişimine neden olan uç büyüklüklerini ve elemanlarla ilgili zaman değerlerini de vektör olarak çıkışta yazar.

5.7 Programla İlgili Değerlendirmeler

Hazırlanan program FORTRAN 77 dili ile yazılmıştır. Programın hafıza ihtiyacı 87492 B'tır. Örnekler çözülürken programın derlenmesi ve çalıştırılması 80386-33 mikroişlemcili ve matematiksel işlemciye sahip olan bir kişisel bilgisayarda gerçekleştirilmiştir. Programı derlemek için FTN77/386 fortran derleyici programı kullanılmış ve derleme işlemi ortalama 12.5 saniye sürmüştür. Derleme işleminden sonra programın çalışma zamanıda ortalama 1.9 saniye sürmektedir.

Tablo 5.5 KONT altprogramının vektöryel argümanları

Değişken İsmi	Değişken Tipi	Değişken Boyutu	İlgili Altprogram	Teorideki Notasyon
NEDS	I	NES	KONT	--
EDKDS	I	$NKD=\sum_{I=1}^{NES} NEDS(I)$	KONT	--
LED	R	$\sum_{j=1}^{NKD} EDKDS(j)$	KONT	L_j^i
YED	A	$\sum_{j=1}^{NKD} EDKDS(j)$	KONT	y_j^i
YK	A	NYK	KONT	$\bar{y}(t)$
L	R	NYK.NKD	KONT	L
RKD	R	NKD	KONT	R
ZS	R	$n_{td}.max_{i,j} n_j^i$	KONT	Z
FS	R	n_{td}	KONT	F
TS	R	$\sum_{=1}^{n_{td}} FS(i)$	KONT	T

6. ÖRNEKLER

Bu bölümde, hazırlanan LODCAK programının özelliklerini ortaya koyabilmek için değişik örnekler verilmiştir. Bu örneklerden üçüncüsü hariç diğerlerinde daha önce Bölüm 2'de verilen lineer olmayan elemanların modelleri kullanılmıştır. Üçüncü örnekte tristör için daha basit bir model seçilmiştir.

İkinci, üçüncü, dördüncü ve altıncı örneklerde kısıtlama matrisi kullanılmış olup, özellikle dördüncü örnekte kısıtlama matrisinin önemi daha iyi anlaşılmaktadır. Ayrıca dördüncü örnek, bazı durumlarında durum değişkeni bulunmayan devrelerde ne yapılması gerektiğini de aydınlatır. Altıncı örnekte durum, çıkış ve anahtarlama denklemlerinde kaynak fonksiyonlarının türevleride yer almaktadır.

Bu örneklerle ilgili daha detaylı bilgiler aşağıda verilmiştir.

6.1. Örnek 1

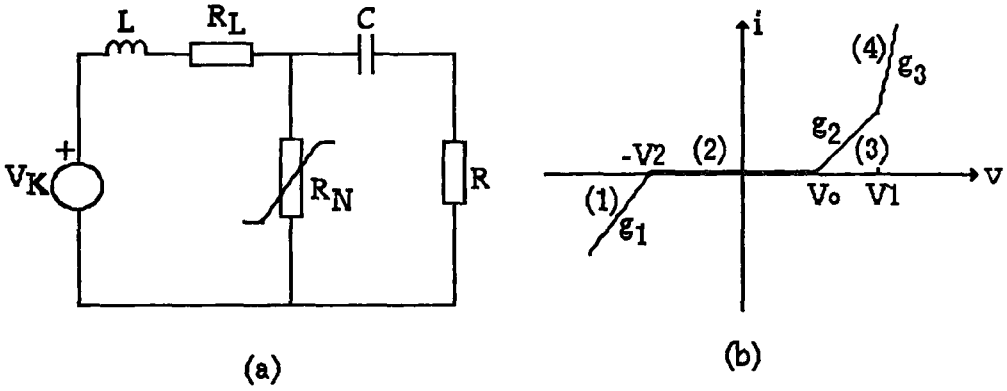
Bu örnekte (Türkbeyler, 1987; Köksal ve Türkbeyler, 1987 ; Türkbeyler ve Köksal, 1988)'de de kullanılan ve lineer olmayan bir direnç içeren Şekil 6.1a'daki devre ele alınmıştır. Bu devrede yer alan lineer olmayan direncin i-v karekteristiği de Şekil 6.1b'deki gibidir. Şekil 6.1b'deki karekteristiğe ilişkin uç denklemleri:

1. durum için $i = g_1(v - V_2)$

2. durum için $i = 0$

3. durum için $i = g_2(v - V_o)$

4. durum için $i = g_3 v - (g_3 - g_2) V_1 - g_2 V_o$

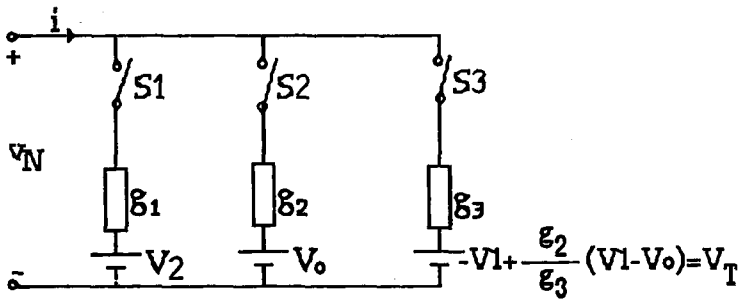


Şekil 6.1a) Örnek 1'e ilişkin devre, b) Lineer olmayan direncin i-v karekteristiği

Eşdeğer devresi Şekil 6.2'deki gibi elde edilir. EDAP tablosu ve matrisi :

i	S1	S2	S3
1	1	0	0
2	0	0	0
3	0	1	0
4	0	0	1

$$M^{i}_{EDAP} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$



Şekil 6.2 Şekil 6.1b'deki karekteristiği temsil eden eşdeğer devre

Kontrol denklemleri:

1. durumda $\begin{bmatrix}-1\end{bmatrix}\begin{bmatrix}v_N\end{bmatrix} \geq \begin{bmatrix}V_2\end{bmatrix}$

2. durumda $\begin{bmatrix}1\\-1\end{bmatrix}\begin{bmatrix}v_N\end{bmatrix} \geq \begin{bmatrix}V_2\\-V_0\end{bmatrix}$

3. durumda $\begin{bmatrix}1\\-1\end{bmatrix}\begin{bmatrix}v_N\end{bmatrix} \geq \begin{bmatrix}V_0\\-V_1\end{bmatrix}$

4. durumda $\begin{bmatrix}1\end{bmatrix}\begin{bmatrix}v_N\end{bmatrix} \geq \begin{bmatrix}V_1\end{bmatrix}$

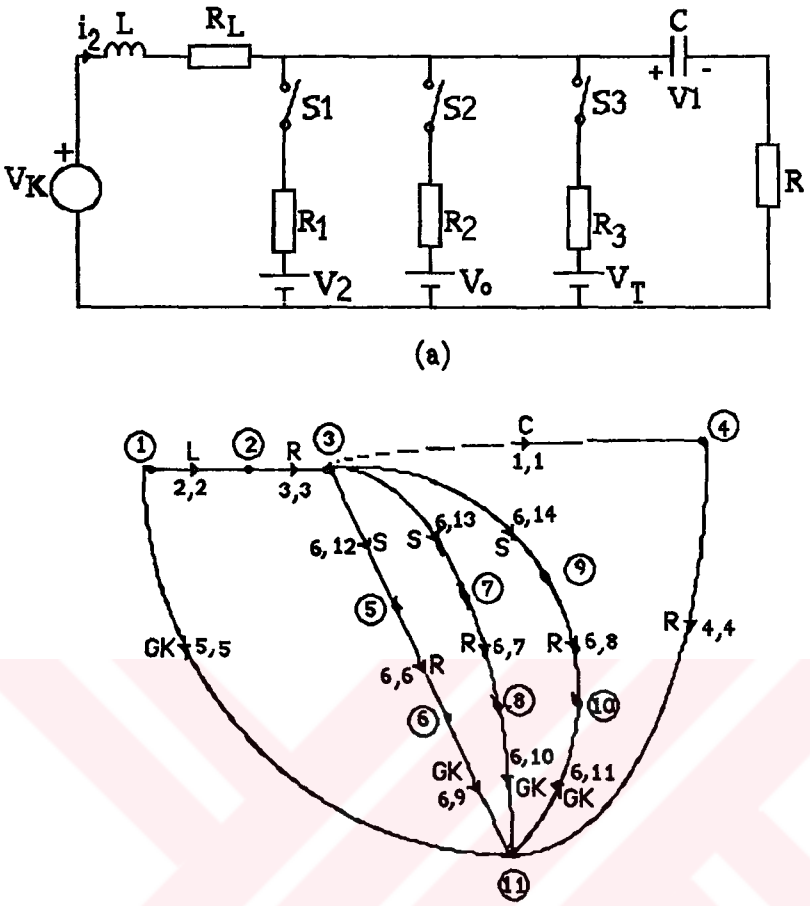
$$Z^i = \begin{bmatrix}0&0\\1&0\\1&0\\0&0\end{bmatrix}, \quad F^i = \begin{bmatrix}0000\end{bmatrix}$$

şeklindedir. Lineer olmayan elemanın Şekil 6.2'de görülen eşdeğer devresi, Şekil 6.1a'da lineer olmayan elemanın yerine bağlanarak yeni bir devre elde edilir. Bu yeni devre ve sistem grafı Şekil 6.3 a ve b'de görülmektedir. Ayrıca sistem grafında eleman numaraları, çizgi numaraları, düğüm numaraları, eleman tipleri ve seçilmiş akım yönleri de gösterilmektedir.

Bu devrede L= 69 mH, C= 12μF, R_L = 25Ω, R= 100Ω, R1= 52.63Ω, R2=58.82Ω, R3=6.25Ω, Vo= 5.25 V, V1=10.5 V, V2= 11 V ve V_T= 9.94 V. dur.

Bu devreye ilişkin data formu aşağıdaki gibi hazırlanır.

EN	ED	CH	CD	GD	KS	TD	XY
1	1	'C'	3	4	2	12E-6, -1	dV1, I1
2	2	'L'	1	2	2	69E-3, -1	dI2, V2
3	3	'R'	2	3	2	1, -25	V3, I3
4	4	'R'	4	11	2	1, -100	V4, I4
5	5	'GK'	1	11	0		
6	6	'R'	5	6	2	1, -52.63	V6, I6
6	7	'R'	7	8	2	1, -58.82	V7, I7
6	8	'R'	9	10	2	1, -6.25	V8, I8



Şekil 6.3 a) Örnek 1'ilişkin yeni eşdeğer devre, b) Sistem grafı

6	9	'GK '	6	11	0
6	10	'GK '	8	11	0
6	11	'GK '	10	11	0
6	12	'S '	3	5	0
6	13	'S '	3	7	0
6	14	'S '	3	9	0

Çıkış denklemlerine ilişkin data formu da

YC	KSY	TDY	XYY
V_{RN}	3	1,-1,-1	V_{RN}, V_1, V_4
V_C	2	1,-1	V_C, V_1
I_L	2	1,-1	I_L, I_2
V_K	2	1,-1	V_K, V_5

şeklindedir.Bu örnek için N=14, ND= 11, NX= 2, NC=5, NU= 4, NS= 3, NY= 4, NCS= 1, NES=1 ve NYK= 1 dir. EDAP matrisinin elemanları CSSP vektöründe, bu matrisin boyutlarıda BCSSP vektöründe

CSSP = [1 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 1] , BCSSP =[4 3]

şeklinde belirtilir. Ayrıca

ZS = [0 0 1 0 1 0 0 0] , FS =[0 0 0 0] , TS = [0]

dir. Kontrol denklemlerine ilişkin bilgiler

NEDS = [4] , EDKDS =[1 2 2 1] , LED = [-1 1 -1 1 -1 1]

YED =[V_{RN} V_{RN} V_{RN} V_{RN} V_{RN} V_{RN}] , RKD = [11 11 -5.25 5.25 -10.5 10.5]

şeklindedir. Devrede lineer olmayan eleman sayısı bir olduğundan ve gerekli kısıtlamalar bu elemanın modellemesinde yapıldığından dolayı NK= 0 ve MKT = [0] olur. Şekil 6.1b'de karekteristiği verilen elemanı modelleyen Şekil 6.2'deki eşdeğer devrede oluşan anahtarların tüm kombinasyonlarla açılıp kapanmaları halinde, 8 sistem durumu ve 56 sistem durumları arasında geçiş oluşabilir. Ancak bu elemanın karekteristiğinden de görüleceği gibi ve EDAP matrisi ile de tanımlandığı gibi fiziksel olarak 4 sistem durumu ve buna bağlı olarak da sistem durumları arasında 12 farklı geçiş oluşabilir.

Bu dataların BLOCK DATA altprogramına girilmesi sonucu oluşan BLOCK DATA altprogramının görünümü EK 3.1'de gösterilmiştir. Bu örneğe ilişkin bilgisayar çıktısı da EK 4.1'de görülmektedir. Bu çıktıda bütün $F_{k,j}=[I]_{2.2}$, $G_{k,j,i}=[0]_{2.4}$ olduğu için, $F_{k,j}$ ve $G_{k,j,i}$ katsayı matrisleri silinmiştir.

LODCAK programı yukardaki dataları kullanarak durum ve çıkış denklemlerini şu şekilde bulmuştur:

1. sistem durumu (S1 kapalı, S2 ve S3 açık) :

$$\begin{bmatrix} \dot{v}_1 \\ \dot{i}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -545.98 & 28735 \\ -4.99 & -862 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_1 \\ i_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 545.98 & 0 & 0 \\ 14.49 & -9.49 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_5 \\ v_9 \\ v_{10} \\ v_{11} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} v_{RN} \\ v_C \\ i_L \\ v_K \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.344 & 34.48 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_1 \\ i_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 0.65 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_5 \\ v_9 \\ v_{10} \\ v_{11} \end{bmatrix}$$

2. sistem durumu (S1, S2 ve S3 açık) :

$$\begin{bmatrix} \dot{v}_1 \\ \dot{i}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 83333 \\ -14.49 & -1811 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_1 \\ i_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 14.49 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_5 \\ v_9 \\ v_{10} \\ v_{11} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} v_{RN} \\ v_C \\ i_L \\ v_K \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 100 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_1 \\ i_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0000 \\ 0000 \\ 0000 \\ 1000 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_5 \\ v_9 \\ v_{10} \\ v_{11} \end{bmatrix}$$

3. sistem durumu (S1 açık, S2 kapalı, S3 açık):

$$\begin{bmatrix} \dot{v}_1 \\ \dot{i}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -524.7 & 30863 \\ -5.36 & -899 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_1 \\ i_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 0 & 524.7 & 0 \\ 14.49 & 0 & -9.12 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_5 \\ v_9 \\ v_{10} \\ v_{11} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} v_{RN} \\ v_C \\ i_L \\ v_K \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.37 & 37 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_1 \\ i_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0.629 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_5 \\ v_9 \\ v_{10} \\ v_{11} \end{bmatrix}$$

4. sistem durumu (S1 ve S2 açık, S3 kapalı):

$$\begin{bmatrix} \dot{v}_1 \\ \dot{i}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -784.3 & 4902 \\ -0.85 & -447.57 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_1 \\ i_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 784.3 \\ 14.49 & 0 & 0 & -13.64 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_5 \\ v_9 \\ v_{10} \\ v_{11} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} v_{RN} \\ v_C \\ i_L \\ v_K \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.058 & 5.88 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_1 \\ i_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0.94 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_5 \\ v_9 \\ v_{10} \\ v_{11} \end{bmatrix}$$

Bu örnekteki bütün anahtarlama denklemleri için $F_{k,j} = [I]_{2.2}$, $G_{k,j,i} = [0]_{2.4}$ dır. Lineer olmayan elemanın kontrol denklemleri, bu denklemler arasındaki bağlaçlar ve zamanla ilgileri de LODCAK tarafından çıkış olarak verilir ve aşağıdaki şekilde tanzim edilebilir.

1. eleman durumunda:

$$[-1][v_{RN}] \geq [11] \quad , \quad (z^1)_1 = [0\ 0],\ (f^1)_1 = [0]$$

2. eleman durumunda:

$$\begin{bmatrix} 1 \\ -1 \end{bmatrix} [v_{RN}] \geq \begin{bmatrix} 11 \\ -5.25 \end{bmatrix} \quad , \quad (z^1)_2 = [1\ 0],\ (f^1)_2 = [0]$$

3. eleman durumunda:

$$\begin{bmatrix} 1 \\ -1 \end{bmatrix} [v_{RN}] \geq \begin{bmatrix} 5.25 \\ -10.5 \end{bmatrix} \quad , \quad (z^1)_3 = [1\ 0],\ (f^1)_3 = [0]$$

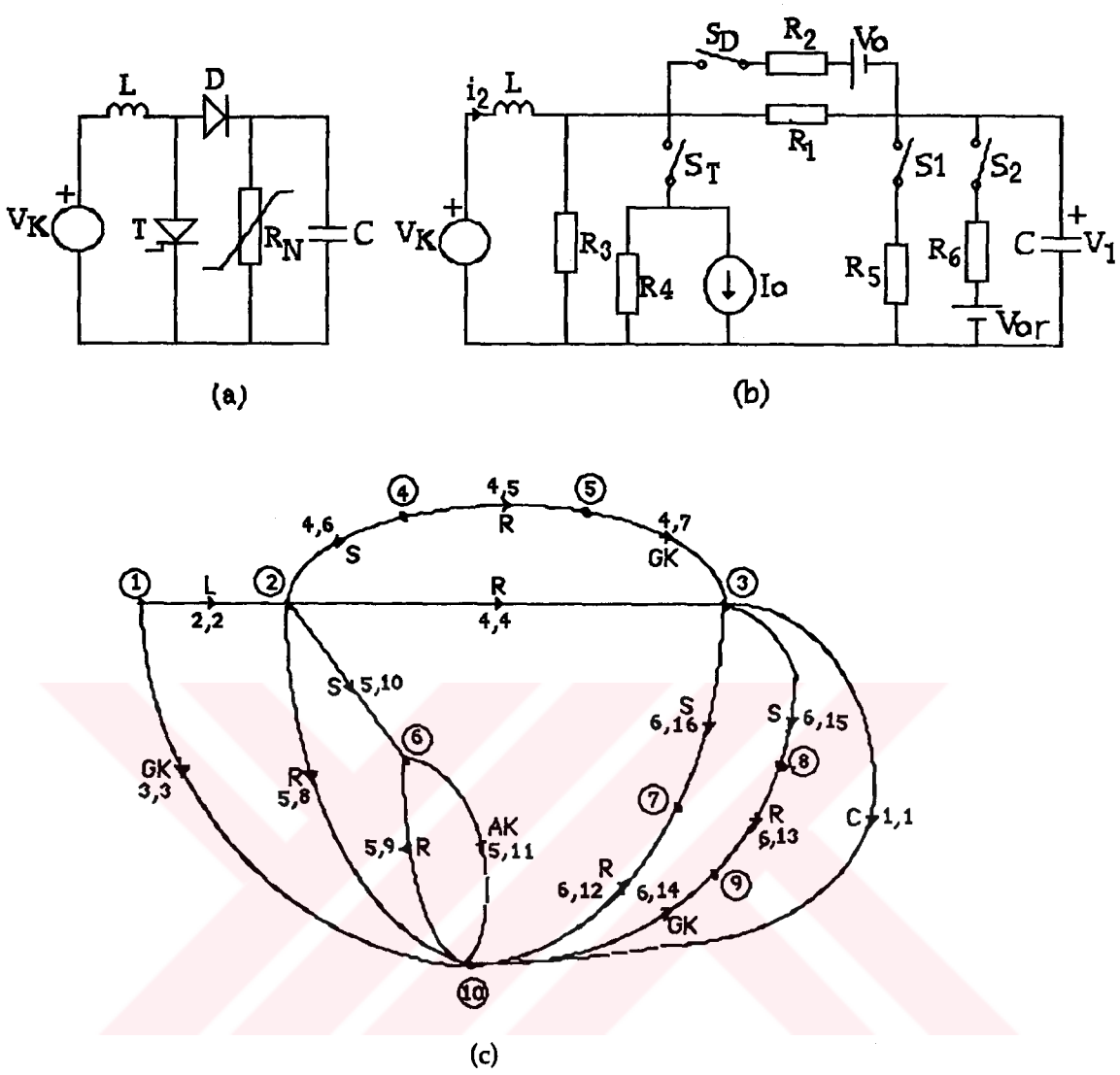
4.eleman durumunda:

$$[1][v_{RN}] \geq [10.5] \quad , \quad (z^1)_4 = [0\ 0],\ (f^1)_4 = [0]$$

Lineer olmayan elemanın zamanla ilgisi olmadığı için T =[0] dır.

6.2. Örnek 2

Bu örnekte Şekil 6.4a'da verilen devre ele alınmıştır. Devrede lineer elemanların yanı sıra bir diyot, bir tristör ve lineer olmayan bir direnç yer almaktadır.



Şekil 6.4 a) Örnek 2'ye ilişkin devre, b) Yeni eşdeğer devre, c) Sistem grafı

Lineer olmayan elemanlardan, diyotun i-v karekteristiği Bölüm 2 Şekil 2.7'deki gibidir. Bu karekteristiği temsil eden ve bu örnekte kullanılacak olan eşdeğer devre de Şekil 2.8b'de görülmektedir. Bu eşdeğer devrede Vo = 0.6 V., $g_1=2.10^{-6}$ ve $g_2=4$ dür. Bir diğer eleman tristörün i-v karekteristiği Bölüm 2 Şekil 2.13b'deki gibidir. Bu karekteristiği temsil eden

eşdeğer devre de Şekil 2.14'de görülmektedir. Bu eşdeğer devrede $g_1=\frac{1.E-4}{65}$, $g_2=10$ ve Io =0.02 A. olup, tristörün tetikleme açısı α =30° dir. Lineer olmayan direncin i-v karekteristiği ve bu karekteristiği temsil eden eşdeğer devre Şekil EK 1.3a ve b'deki gibidir. Bu eşdeğer devrede $g_1=0.5$, $g_2=1.5$ ve Vo = 1.5V. dur.Diyot, tristör ve lineer olmayan dirence ait EDAP tabloları ve matrisleri ile kontrol denklemlerine ilişkin diğer bilgiler anılan bölümlerde olduğundan burada tekrar edilmeyecektir. Lineer olmayan elemanlara ilişkin eşdeğer devreler, Şekil 6.4a'da yerine bağlandığında oluşan bu yeni devre ve sistem grafı Şekil 6.4b ve c'deki gibi olur.

Bu devrede L= 1 H, C= 1 F, R1=500 kΩ, R2=250 mΩ, R3=650 kΩ, R4=100 mΩ, R5=2 Ω, R6=0.667Ω, Io=0.02A., Vo=0.6V, Vor=1.5 V ve 30°'ye karşılık gelen tetikleme zamanı 1.66 ms. dir.

Bu devreye ilişkin data formu :

EN	ED	CH	CD	GD	KS	TD	XY
1	1	'C'	3	10	2	1, -1	dV1, I1
2	2	'L'	1	2	2	1, -1	dI2, V2
3	3	'GK'	1	10	0		
4	4	'R'	2	3	2	1, -500E3	V4, I4
4	5	'R'	4	5	2	1, -250E-3	V5, I5
4	6	'S '	2	4	0		
4	7	'GK'	5	3	0		
5	8	'R'	2	10	2	1, -650E3	V8, I8
5	9	'R'	6	10	2	1, -100E-3	V9, I9
5	10	'S '	2	6	0		
5	11	'AK '	6	10	0		
6	12	'R'	7	10	2	1, -2	V12, I12
6	13	'R'	8	9	2	1, -0.667	V13, I13
6	14	'GK '	9	10	0		
6	15	'S '	3	8	0		
6	16	'S '	3	7	0		

Çıkış denklemlerine ilişkin data formu :

YC	KSY	TDY	XYY
V_D	2	1,-1	V_D, V_4
I_T	3	1,-1, -1	I_T, I_8, I_{10}
V_{RN}	2	1,-1	V_{RN}, V_1
I_L	2	1,-1	I_L, I_2
V_C	2	1,-1	V_C, V_1

Genel bilgiler :

N=16, ND= 10, NX= 2, NC=6, NU= 4, NS= 4, NY= 5, NCS= 3, NES=3 ve NYK= 3

EDAP matrisine ilişkin bilgiler :

CSSP = [0 1 0 1 0 1 1 0 0 1] , BCSSP =[2 1 2 1 3 2]

Zaman kontrolü elemanlara ilişkin zaman değerleri :

Tristörün 2. eleman durumu bir kez zamanla ilgili (1.66ms.) olduğundan dolayı

FS =[0 0 0 1 0 0 0] , TS = [1.66E-3]

Kontrol denklemlerine ilişkin bilgiler :

ZS = [0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0] , NEDS = [2 2 3] , EDKDS =[1 1 1 1 1 2 1],

LED = [-1 1 -1 1 -1 1 -1 1] , YED =[V_D V_D I_T I_T V_{RN} V_{RN} V_{RN} V_{RN}],

RKD = [-0.6 0.6 -0.02 0.02 0 0 -1.5 1.5]

Kısıtlama matrisine ilişkin bilgiler :

Devreden diyotun 2. durumu ile tristörün 2. durumunun aynı anda olamayacağı açıkca görülmektedir. Buna göre

NK= 1 ve MKT = [0 2 2 0]

olur.

Devredeki bütün anahtarların birbirlerinden bağımsız çalışmaları halinde, 16 sistem durumu ve sistem durumları arasında 240 farklı geçiş oluşur. Fakat kısıtlama matrisi ile diyot ve tristörün aynı anda 2. durumlarında olamayacağı kısıtlanmıştır, ayrıca lineer olmayan direncin eleman modelinden de, eşdeğer devresinde bulunan 2 anahtarın birlikte 3

sistem durumunda olabileceği EDAP matrisi ile verilmiştir. Bu kısıtlamalar snucunda sistemde 9 sistem durumu ve buna bağlı olarak da sistem durumları arasında 72 farklı geçiş mümkün olmaktadır.

Bu örneğe ilişkin BLOCK DATA altprogramının görünümü EK 3.2'de ve bilgisayar çıktısı da EK 4.2'de görülmektedir. Bu çıktıda bütün $F_{k,j}=[I]_{2.2}$, $G_{k,j,i}=[0]_{2.4}$ olduğu için, bu katsayı matrisleri silinmiştir.

Bu örnek için durum ve çıkış denklemleri şu şekilde bulunmuştur:

1. sistem durumu (S_D , S_T,S2 ve S1 açık) :

$$\begin{bmatrix} \dot{v}_1 \\ \dot{i}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0.869E\text{-}6 & 0.565 \\ -0.565 & -0.282E6 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_1 \\ i_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_3 \\ v_7 \\ v_{14} \\ i_{11} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} v_D \\ i_T \\ v_{RN} \\ i_L \\ v_C \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0.434 & 0.28E6 \\ 0.869E\text{-}6 & 0.434 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_1 \\ i_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_3 \\ v_7 \\ v_{14} \\ i_{11} \end{bmatrix}$$

2. sistem durumu (S_D kapalı, S_T,S2 ve S1 açık) :

$$\begin{bmatrix} \dot{v}_1 \\ \dot{i}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0.156E\text{-}5 & 1 \\ -1 & -0.25 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_1 \\ i_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & -0.148E\text{-}5 & 0 & 0 \\ 1 & -1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_3 \\ v_7 \\ v_{14} \\ i_{11} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} v_D \\ i_T \\ v_{RN} \\ i_L \\ v_C \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0.25 \\ 0.156E\text{-}5 & 0{,}394E\text{-}6 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_1 \\ i_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0.148E\text{-}5 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_3 \\ v_7 \\ v_{14} \\ i_{11} \end{bmatrix}$$

3. sistem durumu (S_D açık, S_T kapalı, S2 ve S1 açık) :

$$\begin{bmatrix} \dot{v}_1 \\ \dot{i}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0.2E\text{-}5 & 0.19E\text{-}6 \\ -0.229EE\text{-}6 & -0.95E\text{-}1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_1 \\ i_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & -0.2E\text{-}6 \\ 1 & 0 & 0 & 0.1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_3 \\ v_7 \\ v_{14} \\ i_{11} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} v_D \\ i_T \\ v_{RN} \\ i_L \\ v_C \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1 & 0.095 \\ 0.2E\text{-}5 & 1 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_1 \\ i_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & -0.1 \\ 0 & 0 & 0 & 0.2E\text{-}6 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_3 \\ v_7 \\ v_{14} \\ i_{11} \end{bmatrix}$$

4. sistem durumu (S_D ve S_T açık , S2 kapalı, S1 açık) :

$$\begin{bmatrix} \dot{v}_1 \\ \dot{i}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1.49 & 0.565 \\ -0.565 & -0.28E6 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_1 \\ i_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1.499 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_3 \\ v_7 \\ v_{14} \\ i_{11} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} v_D \\ i_T \\ v_{RN} \\ i_L \\ v_C \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0.434 & 0.28E6 \\ 0.869E\text{-}6 & 0.434 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_1 \\ i_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_3 \\ v_7 \\ v_{14} \\ i_{11} \end{bmatrix}$$

5. sistem durumu (S_D kapalı, S_T açık , S2 kapalı, S1 açık) :

$$\begin{bmatrix} \dot{v}_1 \\ \dot{i}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1.49 & 1 \\ -1 & -0.25 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_1 \\ i_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & -0.148E\text{-}5 & 1.499 & 0 \\ 1 & -1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_3 \\ v_7 \\ v_{14} \\ i_{11} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} v_D \\ i_T \\ v_{RN} \\ i_L \\ v_C \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0.25 \\ 0.156E\text{-}5 & 0{,}394E\text{-}6 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_1 \\ i_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0.148E\text{-}5 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_3 \\ v_7 \\ v_{14} \\ i_{11} \end{bmatrix}$$

6. sistem durumu (S_D açık, S_T ve S2 kapalı, S1 açık) :

$$\begin{bmatrix} \dot{v}_1 \\ \dot{i}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1.49 & 0.19E\text{-}6 \\ -0.229E\text{-}6 & -0.95E\text{-}1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_1 \\ i_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1.499 & -0.2E\text{-}6 \\ 1 & 0 & 0 & 0.1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_3 \\ v_7 \\ v_{14} \\ i_{11} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} v_D \\ i_T \\ v_{RN} \\ i_L \\ v_C \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1 & 0.095 \\ 0.2E\text{-}5 & 1 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_1 \\ i_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & -0.1 \\ 0 & 0 & 0 & 0.2E\text{-}6 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_3 \\ v_7 \\ v_{14} \\ i_{11} \end{bmatrix}$$

7. sistem durumu (S_D ve S_T açık , S2 ve S1 kapalı) :

$$\begin{bmatrix} \dot{v}_1 \\ \dot{i}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1.99 & 0.565 \\ -0.565 & -0.28E6 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_1 \\ i_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1.499 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_3 \\ v_7 \\ v_{14} \\ i_{11} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} v_D \\ i_T \\ v_{RN} \\ i_L \\ v_C \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0.434 & 0.28E6 \\ 0.869E\text{-}6 & 0.434 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_1 \\ i_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_3 \\ v_7 \\ v_{14} \\ i_{11} \end{bmatrix}$$

8. sistem durumu (S_D kapalı, S_T açık , S2 ve S1 kapalı) :

$$\begin{bmatrix} \dot{v}_1 \\ \dot{i}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1.99 & 1 \\ -1 & -0.25 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_1 \\ i_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & -0.148E\text{-}5 & 1.499 & 0 \\ 1 & -1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_3 \\ v_7 \\ v_{14} \\ i_{11} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} v_D \\ i_T \\ v_{RN} \\ i_L \\ v_C \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0.25 \\ 0.156E\text{-}5 & 0,394E\text{-}6 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_1 \\ i_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0.148E\text{-}5 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_3 \\ v_7 \\ v_{14} \\ i_{11} \end{bmatrix}$$

9. sistem durumu (S_D açık, S_T, S2 ve S1 kapalı) :

$$\begin{bmatrix} \dot{v}_1 \\ \dot{i}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1.99 & 0.19E\text{-}6 \\ -0.229E\text{-}6 & -0.95E\text{-}1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_1 \\ i_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1.499 & -0.2E\text{-}6 \\ 1 & 0 & 0 & 0.1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_3 \\ v_7 \\ v_{14} \\ i_{11} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} v_D \\ i_T \\ v_{RN} \\ i_L \\ v_C \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1 & 0.095 \\ 0.2E\text{-}5 & 1 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_1 \\ i_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & -0.1 \\ 0 & 0 & 0 & 0.2E\text{-}6 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_3 \\ v_7 \\ v_{14} \\ i_{11} \end{bmatrix}$$

Bu örnekteki bütün anahtarlama denklemleri için $F_{k,j}=[I]_{2.2}$, $G_{k,j,i}=[0]_{2.4}$ dır. Lineer olmayan elemanların kontrol denklemleri, aralarındaki bağlaçlar ve zamanla ilgileri de LODCAK tarafından çıkış olarak verilir ve aşağıdaki şekilde tanzim edilebilir.

1. elemanın 1. durumunda:

$$[-1\ 0\ 0] \begin{bmatrix} v_D \\ i_T \\ v_{RN} \end{bmatrix} \geq [-0.6] \quad , \quad (z^1)_1 = [0\ 0], \ (f^1)_1 = [0]$$

1. elemanın 2. durumunda:

$$\begin{bmatrix}1 & 0 & 0\end{bmatrix}\begin{bmatrix}v_D\\ i_T\\ v_{RN}\end{bmatrix} \geq \begin{bmatrix}0.6\end{bmatrix} \quad , \quad (z^1)_2 = \begin{bmatrix}0 & 0\end{bmatrix},\ (f^1)_2 = \begin{bmatrix}0\end{bmatrix}$$

2. elemanın 1. durumunda:

$$\begin{bmatrix}0 & -1 & 0\end{bmatrix}\begin{bmatrix}v_D\\ i_T\\ v_{RN}\end{bmatrix} \geq \begin{bmatrix}-0.02\end{bmatrix} \quad , \quad (z^2)_1 = \begin{bmatrix}0 & 0\end{bmatrix},\ (f^2)_1 = \begin{bmatrix}0\end{bmatrix}$$

2. elemanın 2. durumunda:

$$\begin{bmatrix}0 & 1 & 0\end{bmatrix}\begin{bmatrix}v_D\\ i_T\\ v_{RN}\end{bmatrix} \geq \begin{bmatrix}0.02\end{bmatrix} \quad , \quad (z^2)_2 = \begin{bmatrix}0 & 0\end{bmatrix},\ (f^2)_2 = \begin{bmatrix}1\end{bmatrix}$$

3. elemanın 1. durumunda:

$$\begin{bmatrix}0 & 0 & -1\end{bmatrix}\begin{bmatrix}v_D\\ i_T\\ v_{RN}\end{bmatrix} \geq \begin{bmatrix}0\end{bmatrix} \quad , \quad (z^3)_1 = \begin{bmatrix}0 & 0\end{bmatrix},\ (f^3)_1 = \begin{bmatrix}0\end{bmatrix}$$

3. elemanın 2. durumunda:

$$\begin{bmatrix}0 & 0 & 1\\ 0 & 0 & -1\end{bmatrix}\begin{bmatrix}v_D\\ i_T\\ v_{RN}\end{bmatrix} \geq \begin{bmatrix}0\\ -1.5\end{bmatrix} \quad , \quad (z^3)_2 = \begin{bmatrix}1 & 0\end{bmatrix},\ (f^3)_2 = \begin{bmatrix}0\end{bmatrix}$$

3. elemanın 3. durumunda:

$$\begin{bmatrix}0 & 0 & 1\end{bmatrix}\begin{bmatrix}v_D\\ i_T\\ v_{RN}\end{bmatrix} \geq \begin{bmatrix}1.5\end{bmatrix} \quad , \quad (z^3)_3 = \begin{bmatrix}0 & 0\end{bmatrix},\ (f^3)_3 = \begin{bmatrix}0\end{bmatrix}$$

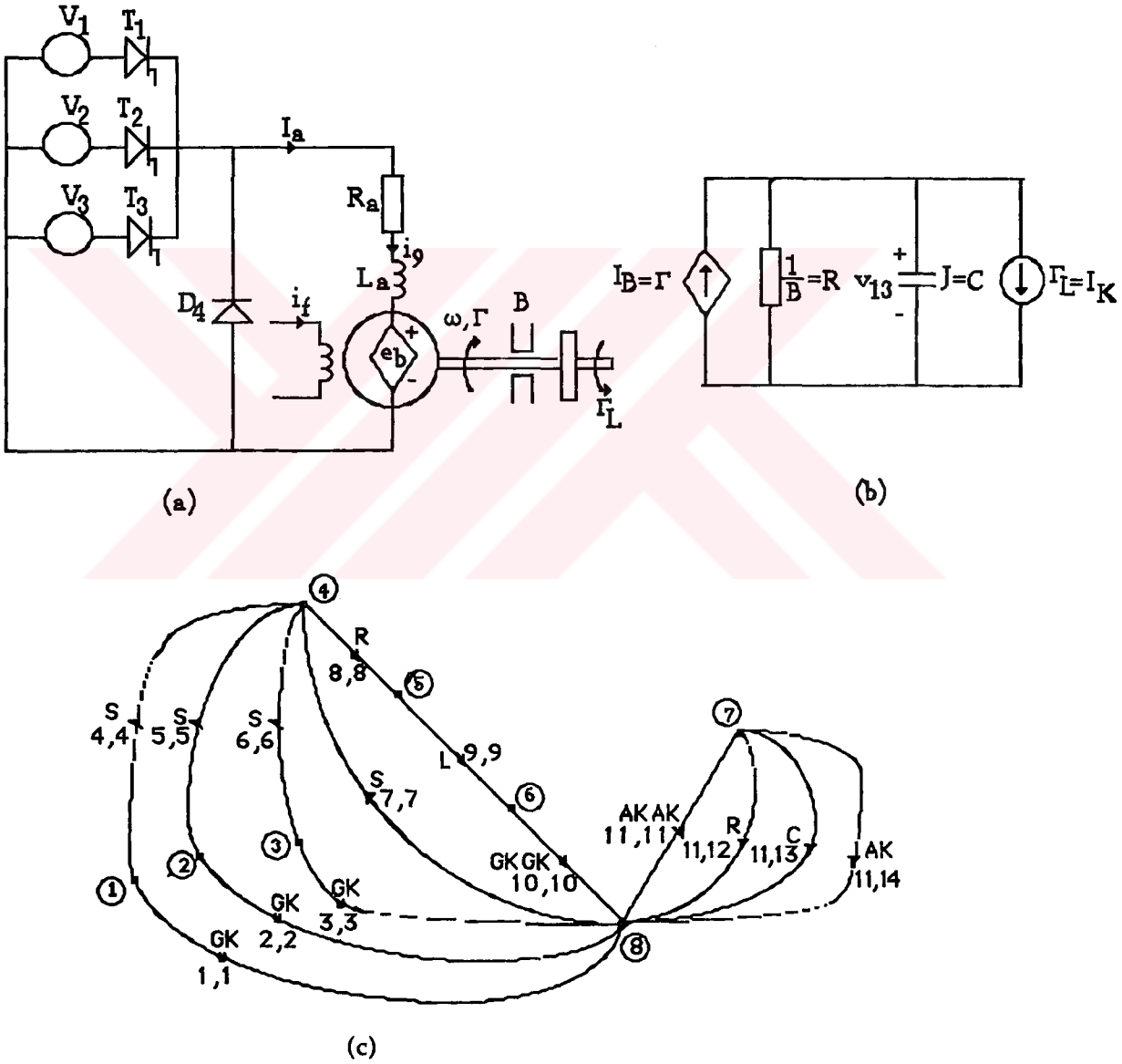
Devrede sadece 2. elemanın, 2. durumu 1 kere zamanla ilgilidir ve bu zaman değeri :

T =[1.66 E-3]

6.3. Örnek 3

Bu örnekte üç fazlı kontrollu doğrultucu (O3) ile beslenen, boşluk diyotlu serbest (sabit) uyarmalı bir DC motor devresi ele alınmıştır. Şekil 6.5a'da görülen bu motorun mekanik

kısmına ilişkin yeni tür analojiye göre elektriksel eşdeğer devresi Şekil 6.5b'deki gibidir. Şekil 6.5a ve b'deki devreler arasında elektriksel bağ olmadığından dolayı Bölüm 3.5.1'de anlatıldığı gibi referans düğümlerinin birleştirilmesi gerekir. Buna göre bütün devrenin sistem grafı Şekil 6.5c'deki gibi olur.



Şekil 6.5 a) Örnek 3'e ilişkin devre, b) DC motorun mekanik kısmına ilişkin yeni tür analojiye göre elektriksel eşdeğer devresi, c) tüm devrenin sistem grafı

Bu devrede e_b=K.Uc, I_B=K.Ia 'dır ve kullanılan değerler aşağıdaki gibi özetlenebilir.

B : Sürtünme katsayısı (0.0029 Nm/rad/s)

J : Atalet katsayısı (0.0028 $kg.m^2$)

K : EMK (veya moment) sabiti (1.34V /rad/s)

Γ_L : Yük momenti (0.0 Nm)

Γ : Üretilen moment (Nm)

Ia : Endüvi akımı

If : Uyarma akımı

La : Endüvi endüktansı (0.0726 H)

Ra: Endüvi direnci (5.27Ω)

Bu devreye ilişkin data formu :

EN	ED	CH	CD	GD	KS	TD	XY
1	1	'GK '	1	8	0		
2	2	'GK '	2	8	0		
3	3	'GK '	3	8	0		
4	4	'S '	1	4	0		
5	5	'S '	2	4	0		
6	6	'S '	3	4	0		
7	7	'S '	8	4	0		
8	8	'R'	4	5	2	1, -5.27	V8, I8
9	9	'L'	5	6	2	0.0726, -1	dI9, V9
10	10	'GKGK'	6	8	2	1, -1.34	V10, V13
11	11	'AKAK'	8	7	2	1, -1.34	I11, I9
11	12	'R'	7	8	2	1, -344.83	V12, I12
11	13	'C'	7	8	2	0.0028, -1	dV13, I13
11	14	'AK '	7	8	0		

Çıkış denklemlerine ilişkin data formu :

YC	KSY	TDY	XYY
I_{T1}	2	1,-1	I_{T1}, I_4
I_{T2}	2	1,-1	I_{T2}, I_5
I_{T3}	2	1,-1	I_{T3}, I_6
V_{DB}	2	1,-1	V_{DB}, V_7
E_A	2	1,-1	E_A, V_{10}

Genel bilgiler :

N=14, ND= 8, NX= 2, NC=4, NU= 4, NS= 4, NY= 5, NCS= 4, NES=4 ve NYK= 4

EDAP matrisine ilişkin bilgiler :

CSSP = [0 1 0 1 0 1 0 1] , BCSSP =[2 1 2 1 2 1 2 1]

Zaman kontrolü elemanlara ilişkin zaman değerleri :

FS =[0 1 0 1 0 1 0 0] , TS = [1.66E-3 8.3 E-3 14.94 E-3]

Kontrol denklemlerine ilişkin bilgiler :

ZS = [0 0 0 0 0 0 0 0] , NEDS = [2 2 2 2] , EDKDS =[1 1 1 1 1 1 1 1] ,

LED = [-1 1 -1 1 -1 1 -1 1] , YED =[I_{T1} I_{T1} I_{T2} I_{T2} I_{T3} I_{T3} V_{DB} V_{DB}] ,

RKD = [-0.02 0.02 -0.02 0.02 -0.02 0.02 -0.7 0.7]

Kısıtlama matrisine ilişkin bilgiler :

Devreden herhangi iki tristörün ya da herhangi bir tristörle boşluk diyotunun aynı anda 2. durumlarında olamayacağı açıkca görülmektedir. Bu nedenle kısıtlama sayısı NK=6 olup kısıtlama matrisi

$$MKT = \begin{bmatrix} 0 & 2 & 2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 2 & 2 & 0 \\ 0 & 2 & 0 & 2 & 0 \\ 0 & 2 & 0 & 0 & 2 \\ 0 & 0 & 2 & 0 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 2 & 2 \end{bmatrix}$$

olur. Yapılan bu kısıtlamalar sonucunda, üç tristörün aynı anda 2. durumlarında bulunmaları ya da üç tristör ve boşluk diyotunun aynı anda 2. durumlarında bulunmaları da kısıtlanmış olmaktadır. Bu kısıtlamalar sonucunda sistemde 16 yerine 5 sistem durumu ve buna bağlı olarak da sistem durumları arasında 240 yerine 20 farklı geçiş mümkün olmaktadır.

Bu örneğe ilişkin BLOCK DATA altprogramının görünümü EK 3.3'de ve bilgisayar çıktısı da EK 4.3'de görülmektedir.

Bu örnek ve bundan sonraki örnekler için durum, çıkış ve anahtarlama denklemlerinin tümü yerine sadece bu denklemlerdeki katsayı matrisleri yazılacaktır. Bu örnekte, 1. sistem durumunda $X = [\, v_{13} \,]$, diğer sistem durumlarında $X = [\, v_{13}\ i_9 \,]$ olup,

$y = [\, i_{T1}\ i_{T2}\ i_{T3}\ V_{D4}\ E_A \,]$, $u = [\, v_1\ v_2\ v_3\ i_{14} \,]$

dir.

EK 4.3'deki çıktıya göre katsayı matrisleri şunlardır :

1. sistem durumu (T1, T2 , T3 ve D4 açık) :

$$A_1 = \begin{bmatrix} -1 \end{bmatrix} \quad , \quad B_{1,0} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & -357.14 \end{bmatrix}$$

$$C_1 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ -1.34 \\ 1.34 \end{bmatrix} \quad , \quad D_{1,0} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

2. sistem durumu (T1 kapalı, T2 , T3 ve D4 açık) :

$$A_2 = \begin{bmatrix} -1 & 478,57 \\ -18.45 & -72.59 \end{bmatrix} \quad , \quad B_{2,0} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & -357.14 \\ 13.77 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$C_2=\begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 1.34 & 0 \end{bmatrix} \quad , \quad D_{2,0}=\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

3. sistem durumu (T1 açık, T2 kapalı, T3 ve D4 açık) :

$$A_3=\begin{bmatrix} -1 & 478,57 \\ -18.45 & -72.59 \end{bmatrix} \quad , \quad B_{3,0}=\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & -357.14 \\ 0 & 13.77 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$C_3=\begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 1.34 & 0 \end{bmatrix} \quad , \quad D_{3,0}=\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

4. sistem durumu (T1 ve T2 açık, T3 kapalı, D4 açık) :

$$A_4=\begin{bmatrix} -1 & 478,57 \\ -18.45 & -72.59 \end{bmatrix} \quad , \quad B_{4,0}=\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & -357.14 \\ 0 & 0 & 13.77 & 0 \end{bmatrix}$$

$$C_4=\begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 0 \\ 1.34 & 0 \end{bmatrix} \quad , \quad D_{4,0}=\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

5. sistem durumu (T1, T2, ve T3 açık, D4 kapalı) :

$$A_5=\begin{bmatrix} -1 & 478.57 \\ -18.45 & -72.59 \end{bmatrix} \quad , \quad B_{5,0}=\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & -357.14 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$C_5=\begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 1.34 & 0 \end{bmatrix} \quad , \quad D_{5,0}=\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Anahtarlama denklemlerine ilişkin katsayı matrisleri:

$F_{1,2}=F_{1,3}=F_{1,4}=F_{1,5}=\begin{bmatrix}1\\0\end{bmatrix}$ ve $G_{kj,i}=[0]_{2.4}$, $F_{2,1}=F_{3,1}=F_{4,1}=F_{5,1}=[1\ 0]$ ve $G_{kj,i}=[0]_{1.4}$,

$F_{2,3}=F_{3,2}=F_{2,4}=F_{4,2}=F_{2,5}=F_{5,2}=F_{3,4}=F_{4,3}=F_{3,5}=F_{5,3}=F_{4,5}=F_{5,4}=\begin{bmatrix}1&0\\0&1\end{bmatrix}$ ve $G_{kj,i}=[0]_{2.4}$

Lineer olmayan elemanların kontrol denklemlerine ilişkin bilgilerde aşağıdaki gibi tanzim edilebilir:

1. elemanın 1. durumunda:

$$\begin{bmatrix}-1&0&0&0\end{bmatrix}\begin{bmatrix} i_{T1} \\ i_{T2} \\ i_{T3} \\ v_{DB} \end{bmatrix} \geq [-0.02] \quad , \quad (z^1)_1 = [0],\ (f^1)_1 = [0]$$

1. elemanın 2. durumunda:

$$\begin{bmatrix}1&0&0&0\end{bmatrix}\begin{bmatrix} i_{T1} \\ i_{T2} \\ i_{T3} \\ v_{DB} \end{bmatrix} \geq [0.02] \quad , \quad (z^1)_2 = [0],\ (f^1)_2 = [1]$$

2. elemanın 1. durumunda:

$$\begin{bmatrix}0&-1&0&0\end{bmatrix}\begin{bmatrix} i_{T1} \\ i_{T2} \\ i_{T3} \\ v_{DB} \end{bmatrix} \geq [-0.02] \quad , \quad (z^2)_1 = [0],\ (f^2)_1 = [0]$$

2. elemanın 2. durumunda:

$$\begin{bmatrix}0&1&0&0\end{bmatrix}\begin{bmatrix} i_{T1} \\ i_{T2} \\ i_{T3} \\ v_{DB} \end{bmatrix} \geq [0.02] \quad , \quad (z^2)_2 = [0],\ (f^2)_2 = [1]$$

3. elemanın 1. durumunda:

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & -1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{T1} \\ i_{T2} \\ i_{T3} \\ v_{DB} \end{bmatrix} \geq \begin{bmatrix} -0.02 \end{bmatrix} \quad , \quad (z^3)_1 = [0],\ (f^3)_1 = [0]$$

3. elemanın 2. durumunda:

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{T1} \\ i_{T2} \\ i_{T3} \\ v_{DB} \end{bmatrix} \geq \begin{bmatrix} 0.02 \end{bmatrix} \quad , \quad (z^3)_2 = [0],\ (f^3)_2 = [1]$$

4. elemanın 1. durumunda:

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{T1} \\ i_{T2} \\ i_{T3} \\ v_{DB} \end{bmatrix} \geq \begin{bmatrix} -0.7 \end{bmatrix} \quad , \quad (z^4)_1 = [0],\ (f^4)_1 = [0]$$

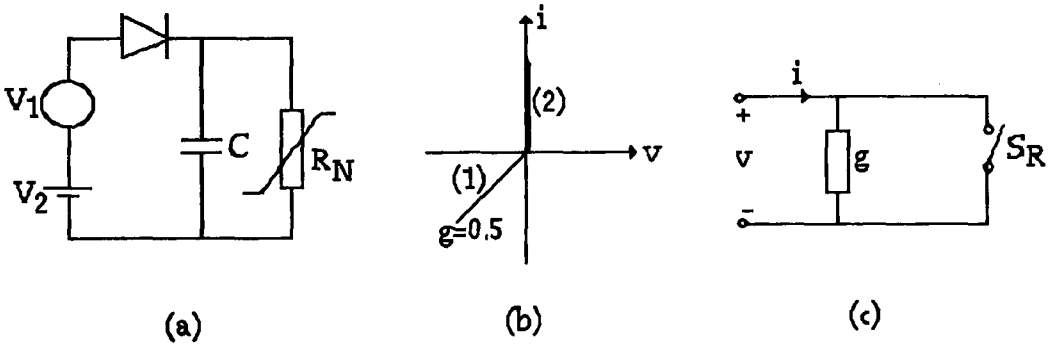
4. elemanın 2. durumunda:

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{T1} \\ i_{T2} \\ i_{T3} \\ v_{DB} \end{bmatrix} \geq \begin{bmatrix} 0.7 \end{bmatrix} \quad , \quad (z^4)_2 = [0],\ (f^4)_2 = [0]$$

T =[1.66 E-3 8.3E-3 1.494E-2]

6.4. Örnek 4

Bu örnekte Şekil 6.6a'da verilen ve bir ideal diyotla bir lineer olmayan direnç ihtiva eden devre ele alınmıştır.İdeal diyotun i-v karekteristiği Şekil 2.4.b'de ve bu karekteristiği temsil eden eşdeğer devre de Şekil 2.4.c'deki gibidir. Lineer olmayan direncin i-v karekteristiği ve bu karekteristiği temsil eden eşdeğer devre Şekil 6.6b ve c'de verilmiştir.



Şekil 6.6a) Örnek 4'e ilişkin devre, b) lineer olmayan direncin i-v karekteristiği, c) bu karekteristiği temsil eden eşdeğer devre

Lineer olmayan dirence ilişkin EDAP tablosu ve matrisi :

i	S
1	0
2	1

$$M^{i}_{EDAP} = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}$$

Kontrol denklemleri :

1. durumda $[-1][v_{RN}] \geq [0]$

2. durumda $[1][i_{RN}] \geq [0]$

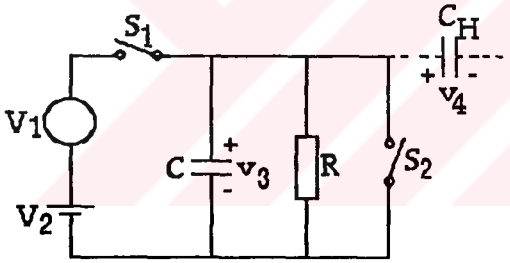
$$Z^{i} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad , \quad F^{i} = [0\,0]$$

şeklindedir. İdeal diyota ilişkin Şekil 2.4.c'deki eşdeğer devre ile lineer olmayan dirence ilişkin Şekil 6.6c'deki eşdeğer devre Şekil 6.6a'daki yerlerine bağlanırsa yeni bir devre elde edilir. Elde edilen yeni devrede anahtarların pozisyonlarına göre bazı sistem durumlarında hiç durum değişkeni olmaz. Bilgisayar programı hazırlanırken sistemde en az bir durum değişkeninin olacağı kabul edildiği için, devreye hayali bir kapasitör (C_H) ve hayali bir düğüm noktası (n_H) eklemek gerekir. Bu ekleme devrenin davranışında herhangi bir değişikliğe neden olmamaktadır. Sadece bir durum değişkeni olarak gözüktüğü için devrede her zaman en az bir durum değişkeni olmasını garanti etmektedir. Bu durumlara göre yeni

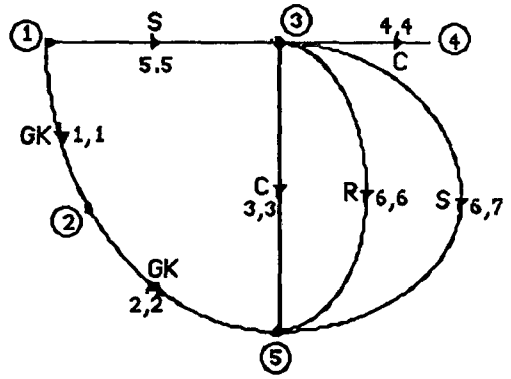
devre ve sistem grafı Şekil 6.7a ve b'de görülmektedir.Bu devrede C=1F., C_H=1F., R=2Ω dur.

Bu devreye ilişkin data formu :

EN	ED	CH	CD	GD	KS	TD	XY
1	1	'GK '	1	2	0		
2	2	'GK '	2	5	0		
3	3	'C '	3	5	2	1,-1	dV3, I3
4	4	'C '	3	4	2	1,-1	dV4, I4
5	5	'S '	1	3	0		
6	6	'R'	3	5	2	1, -2	V6, I6
6	7	'S '	3	5	0		



(a)



(b)

Şekil 6.7a) Örnek 4'e ilişkin yeni eşdeğer devre, b) sistem grafı

Çıkış denklemlerine ilişkin data formu :

YC	KSY	TDY	XYY
V_D	2	1,-1	V_D, V_5
I_D	2	1,-1	I_D, I_5
V_{RN}	2	1,-1	V_{RN}, V_6
I_{RN}	3	1,-1, -1	I_{RN} , I_6, I_7
V_K	3	1,-1, -1	V_K, V_1, V_2

Genel bilgiler :

N=7, ND= 5, NX= 2, NC=1, NU= 2, NS= 2, NY= 5, NCS= 2, NES=2 ve NYK= 4

EDAP matrisine ilişkin bilgiler :

CSSP = [0 1 0 1] , BCSSP =[2 1 2 1]

Zaman kontrolü elemanlara ilişkin zaman değerleri :

FS =[0 0 0 0] , TS = [0]

Kontrol denklemlerine ilişkin bilgiler :

ZS = [0 0 0 0] , NEDS = [2 2] , EDKDS =[1 1 1 1] , LED = [-1 1 -1 1] ,

YED =[V_D I_D V_{RN} I_{RN}] , RKD = [0 0 0 0]

Kısıtlama matrisine ilişkin bilgiler :

Devredende görüleceği gibi S1 ve S2 anahtarlarının aynı anda kapalı olmaları halinde giriş kaynakları kısa devre olmaktadır. Bu durum hiç bir zaman istenmez. Dolayısıyla lineer olmayan indüktansın 1. durumu ile lineer olmayan direncin 2. durumu aynı anda olamaz. Buna göre NK =1 olup kısıtlama matrisi

MKT = [0 2 2]

dir. Kısıtlama matrisinin önemi bu örnekte çok açık bir şekilde görülmektedir. Ayrıca bu kısıtlama sonucunda sistemde 4 yerine 3 sistem durumu ve buna bağlı olarak da sistem durumları arasında 12 yerine 6 farklı geçiş mümkün olmaktadır.

Bu örneğe ilişkin BLOCK DATA altprogramının görünümü EK 3.4'de ve bilgisayar çıktısı da EK 4.4'de görülmektedir. Bu çıktıya göre katsayı matrisleri şunlardır.

Durum ve çıkış denklemlerine ilişkin katsayı matrisleri:

$y = [\, v_D \; i_D \; v_{RN} \; i_{RN} \; v_K \,]$ ve $u = [\, v_1 \;\; v_2 \,]$

1. sistem durumu (S1 ve S2 açık) :

$$x = \begin{bmatrix} v_3 \\ v_4 \end{bmatrix} \quad , \quad A_1 = \begin{bmatrix} -0.5 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \quad , \quad B_{1,0} = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$C_1 = \begin{bmatrix} -1 & 0 \\ 0 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0.5 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \quad , \quad D_{1,0} = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}$$

2. sistem durumu (S1 kapalı, S2 açık) :

$$x = \begin{bmatrix} v_4 \end{bmatrix} \quad , \quad A_2 = \begin{bmatrix} 0 \end{bmatrix} \quad , \quad B_{2,0} = \begin{bmatrix} 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$C_2 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad , \quad D_{2,0} = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0.5 & 0.5 \\ 1 & 1 \\ 0.5 & 0.5 \\ 1 & 1 \end{bmatrix} \quad , \quad D_{2,1} = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 1 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$$

3. sistem durumu (S1 açık, S2 kapalı) :

$$x = \begin{bmatrix} v_4 \end{bmatrix} \quad , \quad A_3 = \begin{bmatrix} 0 \end{bmatrix} \quad , \quad B_{3,0} = \begin{bmatrix} 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$C_3 = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad , \quad D_{3,0} = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Anahtarlama denklemlerine ilişkin katsayı matrisleri:

$$F_{1,2} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \end{bmatrix} \quad , \quad G_{1,2,0} = \begin{bmatrix} 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$F_{2,1} = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} \quad , \quad G_{2,1,0} = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$F_{1,3} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \end{bmatrix} \quad , \quad G_{1,3,0} = \begin{bmatrix} 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$F_{3,1} = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} \quad , \quad G_{3,1,0} = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$F_{2,3}=[1] \quad , \quad G_{2,3,0}=[0\ 0]$$

$$F_{3,2}=[1] \quad , \quad G_{3,2,0}=[0\ 0]$$

Lineer olmayan elemanın kontrol denklemlerine ilişkin bilgilerin tanzimi de şu şekildedir:

1. elemanın 1. durumunda:

$$[-1\ 0\ 0\ 0]\begin{bmatrix} v_D \\ i_D \\ v_{RN} \\ i_{RN} \end{bmatrix} \geq [0] \quad , \quad (z^1)_1 = [0],\ (f^1)_1 = [0]$$

1. elemanın 2. durumunda:

$$[0\ 1\ 0\ 0]\begin{bmatrix} v_D \\ i_D \\ v_{RN} \\ i_{RN} \end{bmatrix} \geq [0] \quad , \quad (z^1)_2 = [0],\ (f^1)_2 = [0]$$

2. elemanın 1. durumunda:

$$[0\ 0\ -1\ 0]\begin{bmatrix} v_D \\ i_D \\ v_{RN} \\ i_{RN} \end{bmatrix} \geq [0] \quad , \quad (z^2)_1 = [0],\ (f^2)_1 = [0]$$

2. elemanın 2. durumunda:

$$[0\ 0\ 0\ 1]\begin{bmatrix} v_D \\ i_D \\ v_{RN} \\ i_{RN} \end{bmatrix} \geq [0] \quad , \quad (z^2)_2 = [0],\ (f^2)_2 = [0]$$

$$T=[0]$$

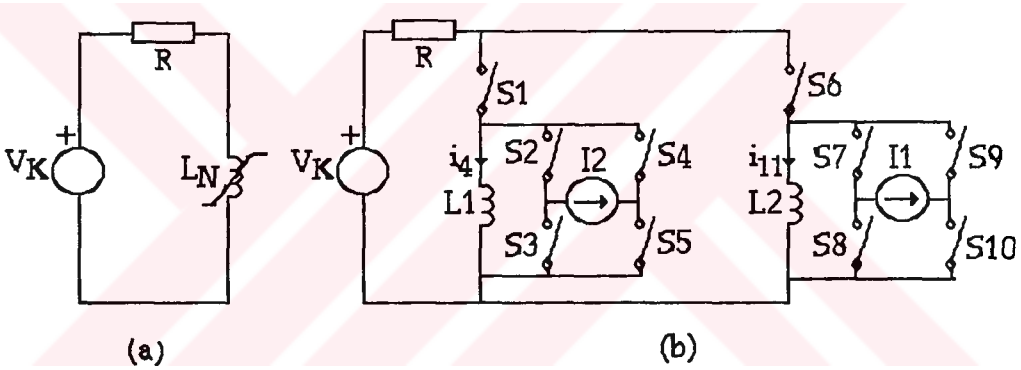
6.5. Örnek 5

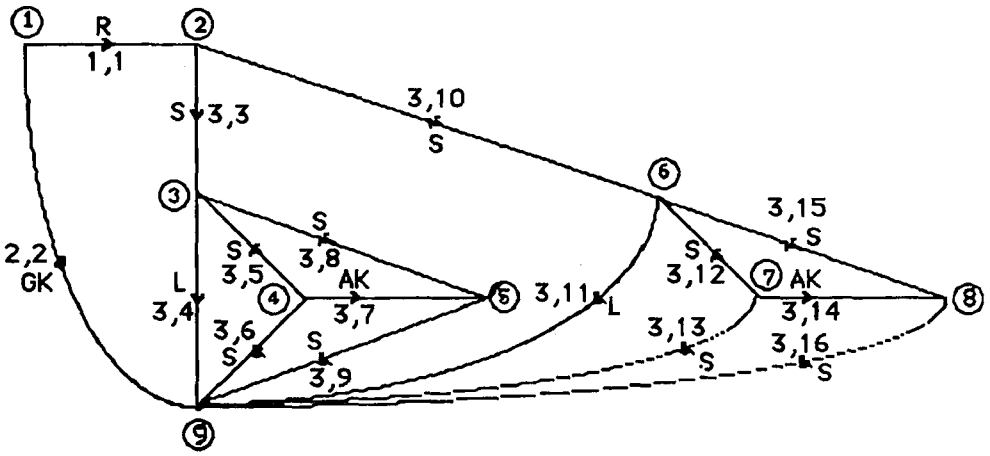
Bu örnekte histerisiz çevrimli bir indüktans içeren Şekil 6.8a'daki devre ele alınacaktır. Histerisiz çevrimli indüktansın λ-i karekteristiği Şekil 2.43'de ve bu

karakteristiği temsil eden eşdeğer devrede Şekil 2.44'deki gibidir. Şekil 2.44'deki devre Şekil 6.8a'daki yerine bağlanırsa, elde edilen bu yeni devre ve sistem grafı Şekil 6.8b ve c'deki gibi olur. Bu devrede R=2Ω, L1=1mH., L2=5mH., I1=0.5 A. ve I2=4 A. dir.

Bu devreye ilişkin data formu :

EN	ED	CH	CD	GD	KS	TD	XY
1	1	'R'	1	2	2	1, -2	V1, I1
2	2	'GK'		1	9	0	
3	3	'S'	2	3	0		





Şekil 6.8a) Örnek 5'e ilişkin devre, b) yeni eşdeğer devresi, c) sistem grafı

3	4	'L '	3	9	2	1E-3,-1	dI4, V4
3	5	'S '	3	4	0		
3	6	'S '	4	9	0		
3	7	'AK '	4	5	0		
3	8	'S '	3	5	0		
3	9	'S'	5	9	0		
3	10	'S '	2	6	0		
3	11	'L '	6	9	2	5E-3,-1	dI11, V11
3	12	'S '	6	7	0		
3	13	'S '	7	9	0		
3	14	'AK '	7	8	0		
3	15	'S '	6	8	0		
3	16	'S '	8	9	0		

Çıkış denklemlerine ilişkin data formu :

YC	KSY	TDY	XYY
I_{LN}	2	1,-1	I_{LN}, I_1
V_{LN}	3	1,-1, -1	V_{LN}, V_3, V_4

Genel bilgiler :

N=16, ND= 9, NX= 2, NC=1, NU= 3, NS= 10, NY= 2, NCS= 1, NES=1 ve NYK= 1

EDAP matrisine ilişkin bilgiler :

CSSP = [1 0 1 0 1 0 1 1 0 1 0 0 1 1 1 0 0 0 0 1 0 1 0 1 1 1 0 1 0 0 1 0 0 1 1 1 1 0 0 0] ,

BCSSP =[4 10]

Zaman kontrolü elemanlara ilişkin zaman değerleri :

FS =[0 0 0 0] , TS = [0]

Kontrol denklemlerine ilişkin bilgiler :

ZS = [0 0 1 0 0 0 1 0], NEDS = [4], EDKDS =[1 2 1 2] , LED = [-1 1 -1 1 -1 1],

YED =[I_{LN} I_{LN} I_{LN} I_{LN} I_{LN} I_{LN}] , RKD = [0.5 -0.5 -4 0.5 -0.5 -4]

Kısıtlama matrisine ilişkin bilgiler :

Devrede lineer olmayan eleman sayısı bir olduğundan ve gerekli kısıtlamalar bu elemanın modellemesinde yapıldığından dolayı NK =0 ve MKT= [0] dır. Devrede bulunan anahtarların tüm kombinasyonlarla açılıp kapanmaları halinde 1024 sistem durumu ve 1047552 sistem durumları arasında geçiş oluşabilir. Ancak bu elemanın karekteristiğinden de görüleceği gibi ve EDAP matrisi ile de tanımlandığı gibi fiziksel olarak 4 sistem durumu ve buna bağlı olarak da sistem durumları arasında 12 farklı geçiş oluşabilir. EDAP matrisinin önemi bu örnekte çok açık bir şekilde görülmektedir.

Bu örneğe ilişkin BLOCK DATA altprogramının görünümü EK 3.5'de ve bilgisayar çıktısı da EK 4.5'de görülmektedir. Bu çıktıya göre katsayı matrisleri şunlardır.

Durum ve çıkış denklemlerine ilişkin katsayı matrisleri:

$y = [\, i_{LN} \; v_{LN} \,]$ ve $u = [\, v_2 \; i_7 \; i_{14} \,]$

1. sistem durumu (S1, S2, S4, S7 ve S10 kapalı, S3, S5, S6, S8 ve S9 açık) :

$$x = [i_4] \;,\; A_1 = [-2000] \;,\; B_{1,0} = \begin{bmatrix} 1000 & 0 & 0 \end{bmatrix} \;,\; C_1 = \begin{bmatrix} 1 \\ -2 \end{bmatrix} \;,\; D_{1,0} = \begin{bmatrix} 000 \\ 100 \end{bmatrix}$$

2. sistem durumu (S1, S2, S5, S8 ve S10 açık, S3, S4, S6, S7 ve S9 kapalı) :

$$x = [i_{11}] \;,\; A_2 = [-400] \;,\; B_{2,0} = \begin{bmatrix} 200 & 0 & 0 \end{bmatrix} \;,\; C_2 = \begin{bmatrix} 1 \\ -2 \end{bmatrix} \;,\; D_{2,0} = \begin{bmatrix} 000 \\ 100 \end{bmatrix}$$

3. sistem durumu (S1, S2, S4, S8 ve S9 açık, S3, S5, S6, S7 ve S10 kapalı) :

$$x = [i_4] \;,\; A_3 = [-2000] \;,\; B_{3,0} = \begin{bmatrix} 1000 & 0 & 0 \end{bmatrix} \;,\; C_3 = \begin{bmatrix} 1 \\ -2 \end{bmatrix} \;,\; D_{3,0} = \begin{bmatrix} 000 \\ 100 \end{bmatrix}$$

4. sistem durumu (S1, S3, S4, S8 ve S10 açık, S2, S5 , S6, S7 ve S9 kapalı) :

$$x = [i_{11}] \;,\; A_4 = [-400] \;,\; B_{4,0} = \begin{bmatrix} 200 & 0 & 0 \end{bmatrix} \;,\; C_4 = \begin{bmatrix} 1 \\ -2 \end{bmatrix} \;,\; D_{4,0} = \begin{bmatrix} 000 \\ 100 \end{bmatrix}$$

Anahtarlama denklemlerine ilişkin katsayı matrisleri:

$F_{1,2} = [0]$, $G_{1,2,0} = [\, 0 \; 0 \; -1 \,]$

$F_{2,1} = [0]$, $G_{2,1,0} = [\, 0 \; 1 \; 0 \,]$

$F_{1,3} = [1]$, $G_{1,3,0} = [\, 0 \; 0 \; 0 \,]$

$F_{3,1}=[1]$, $G_{3,1,0}=[0\ 0\ 0]$

$F_{1,4}=[0]$, $G_{1,4,0}=[0\ 0\ -1]$

$F_{4,1}=[0]$, $G_{4,1,0}=[0\ -1\ 0]$

$F_{2,3}=[0]$, $G_{2,3,0}=[0\ 1\ 0]$

$F_{3,2}=[0]$, $G_{3,2,0}=[0\ 0\ 1]$

$F_{2,4}=[1]$, $G_{2,4,0}=[0\ 0\ 0]$

$F_{4,2}=[1]$, $G_{4,2,0}=[0\ 0\ 0]$

$F_{3,4}=[0]$, $G_{3,4,0}=[0\ 0\ 1]$

$F_{4,3}=[0]$, $G_{4,3,0}=[0\ -1\ 0]$

Lineer olmayan elemanın kontrol denklemlerine ilişkin bilgilerin tanzimi de şu şekildedir:

1. elemanın 1. durumunda:

$$[-1]\,[i_{LN}] \geq [0.5] \quad , \quad (z^1)_1 = [0\ \ 0],\ (f^1)_1 = [0]$$

1. elemanın 2. durumunda:

$$\begin{bmatrix}1\\-1\end{bmatrix}[i_{LN}] \geq \begin{bmatrix}-0.5\\-4\end{bmatrix} \quad , \quad (z^1)_2 = [1\ \ 0],\ (f^1)_2 = [0]$$

1. elemanın 3. durumunda:

$$[1]\,[i_{LN}] \geq [0.5] \quad , \quad (z^1)_3 = [0\ \ 0],\ (f^1)_3 = [0]$$

1. elemanın 4. durumunda:

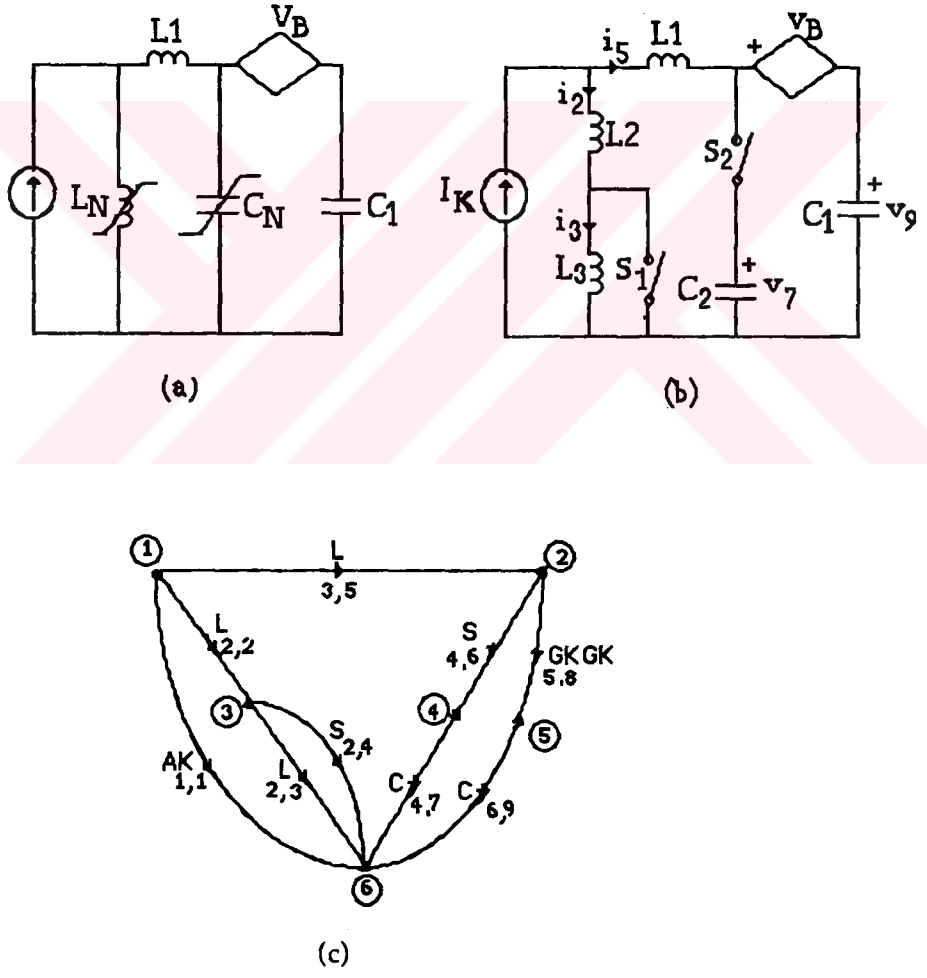
$$\begin{bmatrix}-1\\1\end{bmatrix}[i_{LN}] \geq \begin{bmatrix}-0.5\\-4\end{bmatrix} \quad , \quad (z^1)_4 = [1\ \ 0],\ (f^1)_4 = [0]$$

$T=[0]$

6.6. Örnek 6

Bu örnekte Şekil 6.9a'da verilen ve bir lineer olmayan indüktansla bir lineer olmayan kapasitör içeren devre ele alınacaktır. Lineer olmayan indüktansın λ-i karekteristiği Şekil

2.37b'de ve bu karekteristiği temsil eden eşdeğer devrede Şekil 2.38'deki gibidir. Lineer olmayan kapasitörün q-v karekteristiği Şekil 2.31'de ve bu karekteristiği temsil eden eşdeğer devrede Şekil 2.32'deki gibidir. Şekil 2.38 ve Şekil 2.32'deki eşdeğer devreler Şekil 6.9a'daki yerine bağlanırsa elde edilen bu yeni devre ve sistem grafı Şekil 6.9b ve c'deki gibi olur. Bu devrede L1=1H., L2=1H., L3=1H., C1=2F., C2=1F., v_B=0.5 v_{L1} ve Vo=4 V., Io=1,5A. dir.



Şekil 6.9a) Örnek 6'ya ilişkin devre, b) yeni eşdeğer devre, c) sistem grafı

Bu devreye ilişkin data formu :

EN	ED	CH	CD	GD	KS	TD	XY
1	1	'AK'	6	1	0		
2	2	'L '	1	3	2	1,-1	dI2, V2
2	3	'L '	3	6	2	1,-1	dI3, V3
2	4	'S '	3	6	0		
3	5	'L '	1	2	2	1,-1	dI5, V5
4	6	'S '	2	4	0		
4	7	'C'	4	6	2	1,-1	dV7, I7
5	8	'GKGK'	2	5	2	1,-0.5	V8, V5
6	9	'C'	5	6	2	2,-1	dV9, I9

Çıkış denklemlerine ilişkin data formu :

YC	KSY	TDY	XYY
I_{LN}	2	1,-1	I_{LN}, I_2
V_{CN}	3	1,-1, -1	V_{CN}, V_6, V_7
V_{C1}	2	1,-1	V_{C1}, V_9

Genel bilgiler :

N=9, ND= 6, NX= 5, NC=1, NU= 1, NS= 2, NY= 3, NCS= 2, NES=2 ve NYK= 2

EDAP matrisine ilişkin bilgiler :

CSSP = [1 0 0 1] , BCSSP =[2 1 2 1]

Zaman kontrolü elemanlara ilişkin zaman değerleri :

FS =[0 0 0 0] , TS = [0]

Kontrol denklemlerine ilişkin bilgiler :

ZS = [0 0 0 0 2 0 1 0], NEDS = [2 2], EDKDS =[1 1 2 2] , LED = [-1 1 1 -1 -1 1],

YED =[I_{LN} I_{LN} V_{CN} V_{CN} V_{CN} V_{CN}] , RKD = [1.5 1.5 4 4 -4 -4]

Kısıtlama matrisine ilişkin bilgiler :

Devrede S1 ve S2 anahtarlarının zıt fazlı çalıştıkları kabul edilmektedir. Bu nedenle kısıtlama sayısı NK =2 olup, aşağıda görüldüğü gibi 4 değişik kısıtlama matrisi yazılabilir.

$$MKT=\begin{bmatrix}111\\122\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}012\\021\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}111\\021\end{bmatrix}=\begin{bmatrix}122\\012\end{bmatrix}$$

Daha önceki örneklerde aynı anda olamayacak durumların seçildiği kısıtlama matrisi kullanılmıştı, bu örnekte birlikte olması gereken durumların seçildiği birinci kısıtlama matrisi kullanılmıştır.

Bu örneğe ilişkin BLOCK DATA altprogramının görünümü EK 3.6'da ve bilgisayar çıktısı da EK 4.6'da görülmektedir. Bu çıktıya göre katsayı matrisleri şunlardır.

Durum ve çıkış denklemlerine ilişkin katsayı matrisleri:

$y=[\,i_{LN}\ v_{CN}\ v_{C1}\,]$ ve $u=[\,i_1]$

1. sistem durumu (S1 kapalı, S2 açık) :

$$x=\begin{bmatrix}v_7\\v_9\\i_2\\i_3\end{bmatrix},\ A_1=\begin{bmatrix}0&0&0&0\\0&0&-0.5&0\\0&0.4&0&0\\0&0&0&0\end{bmatrix},\ B_{1,0}=\begin{bmatrix}0\\0.5\\0\\0\end{bmatrix},\ B_{1,1}=\begin{bmatrix}0\\0\\0.6\\0\end{bmatrix}$$

$$C_1=\begin{bmatrix}0&0&1&0\\0&0.8&0&0\\0&1&0&0\end{bmatrix},\ D_{1,0}=\begin{bmatrix}0\\0\\0\end{bmatrix},\ D_{1,1}=\begin{bmatrix}0\\0.2\\0\end{bmatrix}$$

2. sistem durumu (S1 açık, S2 kapalı) :

$$x=\begin{bmatrix}v_7\\i_2\end{bmatrix},\ A_2=\begin{bmatrix}0&-0.3\\0.33&0\end{bmatrix},\ B_{2,0}=\begin{bmatrix}0.3\\0\end{bmatrix},\ B_{2,1}=\begin{bmatrix}0\\0.33\end{bmatrix},\ B_{2,2}=\begin{bmatrix}0.2\\0\end{bmatrix}$$

$$C_2=\begin{bmatrix}0&1\\1&0\\1.16&0\end{bmatrix},\ D_{2,0}=\begin{bmatrix}0\\0\\0\end{bmatrix},\ D_{2,1}=\begin{bmatrix}0\\0\\-0.33\end{bmatrix}$$

Anahtarlama denklemlerine ilişkin katsayı matrisleri:

$$F_{1,2}=\begin{bmatrix}0.3&0.6&0&0\\0&0&0.7&0.3\end{bmatrix},\ G_{1,2,1}=\begin{bmatrix}0.2\\0\end{bmatrix},\ G_{1,2,2}=\begin{bmatrix}0.28\\0\end{bmatrix}$$

$$\bar{G}_{1,2,0} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0.4 \end{bmatrix} \quad , \bar{G}_{1,2,1} = \begin{bmatrix} 0.2 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$F_{2,1} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 1.16 & 0 \\ 0 & 1 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} , \; G_{2,1,1} = \begin{bmatrix} 0 \\ -0.33 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} , \; \bar{G}_{2,1,0} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0.6 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Lineer olmayan elemanların kontrol denklemlerine ilişkin bilgilerin tanzimi de şu şekildedir:

1. elemanın 1. durumunda:

$$\begin{bmatrix} -1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{LN} \\ v_{CN} \end{bmatrix} \geq \begin{bmatrix} 1.5 \end{bmatrix} \quad , \quad (z^1)_1 = \begin{bmatrix} 0 & 0 \end{bmatrix}, \; (f^1)_1 = \begin{bmatrix} 0 \end{bmatrix}$$

1. elemanın 2. durumunda:

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{LN} \\ v_{CN} \end{bmatrix} \geq \begin{bmatrix} 1.5 \end{bmatrix} \quad , \quad (z^1)_2 = \begin{bmatrix} 0 & 0 \end{bmatrix}, \; (f^1)_2 = \begin{bmatrix} 0 \end{bmatrix}$$

2. elemanın 1. durumunda:

$$\begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{LN} \\ v_{CN} \end{bmatrix} \geq \begin{bmatrix} 4 \\ 4 \end{bmatrix}, \quad (z^2)_1 = \begin{bmatrix} 2 & 0 \end{bmatrix}, \; (f^2)_1 = \begin{bmatrix} 0 \end{bmatrix}$$

2. elemanın 2. durumunda:

$$\begin{bmatrix} 0 & -1 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{LN} \\ v_{CN} \end{bmatrix} \geq \begin{bmatrix} -4 \\ -4 \end{bmatrix}, \quad (z^2)_2 = \begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix}, \; (f^2)_2 = \begin{bmatrix} 0 \end{bmatrix}$$

$T = [0]$

7. SONUÇLAR

Bu tezde, lineer olmayan devrelerin durum, çıkış ve kontrol denklemlerinin değişik bölgelerde bulunması ve bölgeler arası geçiş için anahtarlama denklemlerinin hesaplanmasının formülasyonu verilmiştir. Bunun için önce lineer olmayan elemanlara ilişkin kontrol denklemlerini de içeren matematiksel modeller geliştirilmiştir. Bu formülasyon için kullanılan algoritmanın tamamı bilgisayar programı olarak gerçekleştirilmiştir. Hazırlanan bu programın özelliklerini çeşitli yönleriyle açıkça ortaya koyabilmek için değişik örnekler çözülmüştür.

Formülasyonu yapılacak olan lineer olmayan devrelerde bulunan lineer olmayan elemanların karekteristiği, parça-parça lineerlik yaklaşımı yapılabilecek özellikte olmalıdır. Hazırlanan programda genellikle matrislerle yapılan işlemler olduğundan formülasyon çok kısa bir sürede sonuçlanmaktadır.

Devrede, lineer olmayan elemanların modellemesi sonucunda anahtarlarda ortaya çıkmaktadır. Bu anahatların tüm kombinasyonlarla açılıp kapanmaları halinde, oluşacak sistem durumlarını ve bu durumlar arasındaki geçişlerin sayısı da alabileceği en yüksek değere ulaşır. Bu istenmeyen bir durumdur. Çünkü, hiç kulanılmayacağı halde bir sürü gereksiz hesaplamalar demektir. Bu ise iki önemli sonuç doğurur, birincisi; daha fazla bilgisayar zamanı, ikinciside ; hiç kullanılmadığı halde işgal edilmiş daha fazla bellektir. Bunun daha iyi anlaşılması Örnek 5'den görülmektedir. Dolayısıyla bu gereksiz hesaplamalardan kaçınmak gerekmektedir, bunun için bu tezde yapılanlar aşağıdaki gibi özetlenebilir.

Önce liner olmayan elemanın modellemesi sonucu ortaya çıkan anahtar pozisyonlarının birbirlerine göre oluşan tüm kombinasyonları değil, sadece elemanın karekteristiğine yapılmış parça-parça lineer yaklaşım sonucunda oluşan eleman durumu sayısı kadardır. Bu

eleman bazında bir kısıtlamadır ve EDAP toblosuyla belirlenir. Sonra, eleman durumlarının birbirlerine göre farklı kombinasyonlarından sistem durumları oluşuyordu ve SDED tablosu ile belirleniyordu. Fakat farklı elemanlardaki durumların aynı anda oluşamayacağı, yada bu durumların aynı anda oluşması gerektiği aşikar olabilir veyahut olmaması gereken sistem durumlarına engel olunması gerekebilir. Bu ise kısıtlamama matrisi ile belirlenmektedir. Dolayısıyla böyle eleman durumlarının bulunduğu sistem durumları elimine edilerek SDED tablosunda ve SDAP toblosunda kısıtlama oluşturulmaktadır. Sistem durumu elimine edildiği için bu kısıtlama SDSD tablosunada yansımaktadır.

Eleman ve sistem bazındaki bu kısıtlamalar sonucunda sistem durumlarının ve bu durumlar arasındaki geçişlerin sayısıda oldukça azalmaktadır. Dolayısıyla gereksiz hesaplamalar önlenerek bellek ve zaman tasarrufu sağlanmaktadır.

Bu tezde verilen formülasyonun en önemli farklılıklarından biriside anahtarlama zamanlarının önceden bilinmiyor olmasıdır. Bu durum çözüm aşamasında kontrol denklemlerinin kullanılmasınıda gerektirmektedir. Çünkü hangi sistem durumunda olunduğunun belirlenebilmesi ancak kontrol denklemleri ile mümkün olmaktadır. Ayrıca lineer olmayan eleman modellendiğinde matematik modellerinde eşdeğer devre elemanlarının uç denklemlerine ek olarak kontrol denklemlerinin de kullanılması gerekmektedir. Bu nedenle lineer olmayan elemanın modellenmesiyle oluşan kontrol denklemleri verilmiş ve bunların sistem bazında birleştirilmesi formüle edilmiştir.

Yukarıda anlatılanlar doğrultusunda; lineer olmayan elemanların eşdeğerleri modellenerek bu elemanların yerine eşdeğer devrelerinin yerleştirildiği devrelerde eleman ve çıkış denklemlerine ilişkin tanımları kullanarak önce başlangıç denklemlerinin daha sonrada durum, çıkış, kontrol ve anahtarlama denklemlerinin formülasyonu gerçekleştirilmiştir.

Daha sonra yapılacak çalışmalar için aşağıdaki hususlar önerilebilir:

Sistem durumları arasındaki geçişleri azaltmak için; birinci olarak EDAP tablosuna göre, eleman bazında eleman durumları arasındaki geçiş yada geçişler kısıtlanabilir. İkinci

olarak da; programın çalışması esnasında belirli bir aşamada SDSD matrisine müdahale ederek bazı elemanların sıfırlanması ile kısıtlanmaya gidilebilir veyahut başta kullanıcı tarafından girilen anahtar pozisyonlarının sistem durumundaki tanımlarına göre SDSD matrisine program içerisinde kısıtlama yaptırılabilir.

Kullanıcı tarafından girilen elemanlara ilişkin datalardan, bir elemana ilişkin bütün bilgiler (eleman numarası, çizgi numarası, tipi, akımın çıktığı ve girdiği düğümler, değeri gibi) tek vektörde girilebilir. Bu durum kullanıcıya oldukça kolaylıklar sağlar. Hazırlanan programda bu yapılmak istendi fakat bilgisayar yetersizliği ve derleyici programların (reel, tamsayı ve karekter aynı vektörde olduğu için) yetmezliği gibi olanaksızlıklardan dolayı bunlar gerçekleştirilemedi.

Mekanik sistemler için, anolojiye göre elektriksel eşdeğer devre kurulmadan, mekanik kısma ilişkin büyüklükler program içerisinde tanıtılarak formülasyon yapılabilir.

Bilgisayarda kaçınılmaz olan sayısal hataları azaltmak için çift duyarlı aritmetik kullanılabilir.

KAYNAKLAR

APPRILLE, T. J. ve TRICK, T. N., (1972). Steady - State Analysis of Nonlinear Circuits with Periodic Inputs. **Proc. IEEE,** Vol. 60: 108-114.

ARMANZI, A. N., (1973). Steady - State Analysis of Piecewise - Linear Systems with Periodic Inputs. **Proc. of IEEE (Lett.),** Vol. 61, 789- 790.

BOYLESTAD, R. L. ve NASHELSKY, L., (1982). **Electronic Devices and Circuits Theory**. Third Ed., Prentice- Hall.

BRAYTON, R. K. ve DIRECTOR, S. W., (1975). The Event Functional and Its Use in Time Domain Optimization. **Proc. of The 1975 IEEE Int. Symp. on Circuit Theory**.

CABAY, S. ve JACKSON, L. W., (1976). A Polynomial Extrapolation Method for Finding Limits an Unlimits of Vector Sequences. **SIAM J. Numerical Analysis**. Vol. 13, 734- 752.

CHELLAMUTHU, C. ve SASTRY, V. V., (1981). Simulation of Chopper Fed DC Motor Drive System - Power Oriented Approach. **Electrical Machines and Electromech.,** Vol. 6: 451-466.

CHUA, L. O., (1969). **Introduction to Nonlinear Network Theory**. McGraw- Hill.

CHUA, L. O., DESOER, C. A. ve KUH, E. S., (1987). **Linear and Nonlinear Circuits.** McGraw-Hill.

CHUA, L. O., HASLER, M. ve VERBURG, F., (1982). Dynamics of A Piecewise Linear Resonant Circuits. **IEEE Trans. on Circuits and Systems,** Vol. CAS - 29: 535 - 547.

COLON, F. R. ve TRICK, T. N., (1973). Fast Periodic Steady - State Analysis of Large Electronic Circuits. **IEEE Journal of Solid - State Circuits,** V.SC - 8, 260 - 269.

DERVİŞOĞLU, A., (1971). State Equations and Initial Values in Active RLC Network. **IEEE Trans. Circuits Theory (Corresp.),** Vol. CT- 18: 544- 547.

DESOER, C. A., (1970). **Notes for a Second Course on Linear Systems.** Van Nostrand Reinhold, New York.

FAHMY, M. F., MAKKY, M. Y. ve DOSS, M. M., (1987). A Method for Frequency Domain Analysis of Switched Capacitor Filters. **IEEE Trans. Circuits Sys.,** Vol. CAS- 34, No. 8: 955- 960.

FATTOUH, F. C., RUMIN, N. C. ve BLOSTEIN, M. L., (1980). Computational Techniques for The Periodic Steady - State Analysis of Large Nonlinear Circuits. **IEEE Trans. on Circuits and Systems,** Vol. CAS- 27: 332- 335.

FILICORI, F., MONACO, V. A. ve NALDI, C., (1979). Simulation and Design of Microwave Class - C Amplifiers Through Harmonic Analysis. **Proc. IEEE / MIT - S,** Orlando, USA.

GRAY, P. E. ve SEARLE, C. L., (1969). **Electronic Principles, Physics, Models and Circuits.** Wiley and Sons Ltd., New York.

HERDEM, S., (1993). **Parça - Parça Doğrusal veya Dışardan Kontrollu Elemanlar İçeren**

Devrelerin Peryodik Çözümlerinin Bulunması. Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi, Elazığ.

HUANG, Q. ve LIU, R. W., (1989). A Simple Algorithm for Finding All Solutions of Piecewise - Linear Networks. **IEEE Trans. on Circuits and Systems**, Vol. 36, No.4: 600-609.

HÜSEYİN, Ö., CEYHUN, Y., PENBECİ, S., ABDULLAH, K., (1976). **Electrical Systems Analysis**. Volume I, METU, Ankara.

KARNOPP, D. ve ROSENBERG, R. C., (1968). **Analysis and Simulation of Multiport Systems**. MIT, ABD.

KÖKSAL, M., (1975). **Analysis and Applications of Linear Circuits Containing Periodically Operated Switches**, Doktora Tezi, ODTÜ, Ankara.

KÖKSAL, M., (1984). Lineer Olmayan Sistemlerin Peryodik Çözümlerinin Bilgisayar Kullanarak Bulunması. **1. Ulusal Bilgisayar Destekli Tasarım Semp. Tebliğleri**, 431-442, İzmir, (a).

KÖKSAL, M., (1984). A Fast Convergent Method for The Analysis of Nonlinear Systems with Periodic Excitations. **IEEE Int. Symp. on Circuit and Syst. Proc.**, Vol. 3 - 3: 1362-1364, Montreal- Canada, (b).

KÖKSAL, M. ve TOKAD, Y., (1976). On The Solution of Linear Circuits Containing Periodically Operated Switches. **Proc. European Conf. on Circuits Theory and Design.**, Vol. 1: 77- 82.

KÖKSAL, M. ve TOKAD, Y., (1977). State Space Formulation of Linear Circuits Containing Periodically Operated Switches. **Circuits Theory and Appl.**, Vol. 5 : 155 - 170.

KÖKSAL, M. ve TÜRKBEYLER, E., (1987). Peryodik Sinyallerle Uyarılmış Lineer Olmayan Sistemlerin Analizi İçin Çabuk Yakınsayan Yeni Bir Metod, **XI. Yöney. Araş. Kong. Bildiri Kitabı**: XV-21 - XV-30, Marmara ünv.,İstanbul.

MATSU, N., OTHASHI, Y. ve THUNEHIRO, Y., (1979). Some Considerations on The Analysis of A State Transition Aproach to Thyristor Circuits. **Electrical Engineering in Japon**, Vol. 99, No. 2:77-83.

MCLEOD, J. B., (1971). A Note on The ε- Algoritm. **Computing**, V.7, 17- 24.

MILIAS, J., ZACHARIAS, TH., HATZIADONIU, C. ve GALANOS, G. D., (1987). An Algorithm for Transient Simulation of Power Electronics Systems. **IEEE Trans. on Circuits and Systems**, Vol. CAS-34, No. 8: 969-973.

MUKHOPADHYAY, A. K. ve MITRA, T. K., (1980). A Matrix Modelling of Thyristor. **J. L. E. (Indıa) Part ET3**, Vol. 62: 82.

MURAKAMI, Y., (1987). A Method for The Formulation and Solution of Circuits Composed of Switches and Linear RLC Elements. **IEEE Trans. on Circuits and Systems**, Vol. CAS - 34, No. 5:496-509.

NACAROĞLU, A., (1989). **Computer Oriented Analysis of Linear Circuits Containing Periodically Operated Switches; Aplications to Switching Capacitor Networks**, Doktora Tezi, ODTÜ, Gaziantep.

NAKHLA, M. S. ve BRANIN, Jr., (1977). Determining The Periodic Response of Nonlinear Systems by A Gradient Method. **Int. J. Circuit Theory Apl.**, Vol. 5, No. 3: 255 - 273.

NAKHLA, M. S. ve VLACH, J., (1976). A Piecewise Harmonic Balance Technique for Determination of Periodic Response of Nonlinear Systems. **IEEE Trans. on Circuits and Systems**, Vol. CAS-23: 85-91.

OPAL, A. ve VLACH, J., (1989). Analysis and Sensitivity of Periodically Switched Linear Networks. **IEEE Trans. on Circuits and Systems**, Vol. 36, No. 4: 522 - 532.

RACZ, I., BORKA, J., LUPAN, K. ve MIKLOS, D., (1969). Quasi - periodic Dynamic Behaviour of Piecewise Linear Multy- Parameter Systems. **Periodica Polytechnica**, Vol. 13, No. 3:206-219.

RAJAGOPALAN, V., (1987). **Computer - Aided Analysis of Power Electronic Systems**. Marcel Dekker Inv., New York.

SARKAR, G. ve MUKHOPADHYAY, A. K., (1982). The Modelling of A Thyristor for On- Off Conditions, **INT. J. Electronic**, Vol. 53, No. 3: 281 - 288.

SCHILLING, D. L. ve BELOWE, C., (1989). **Electronic Circuits; Discrete and Integrated**, McGraw- Hill Int., New York.

SINGH, S. N. ve KOHLI, D. R., (1983). State Variable Analysis of A Chopper Fed Seperatly Excited DC Motor. **Electrical Machines and Power Systems**, Vol. 8: 45 - 55.

SKELBOE, S., (1980). Computation of The Periodic Steady - State Responce of Nonlinear

Systems by Extrapolation Methods. **IEEE Trans. on Circuits and Systems,** Vol. CAS - 27: 161- 175.

SKELBOE, S., (1982). Contitions for Quadratic Convergence of Quick Periodic Steady - State Methods. **IEEE Trans. on Circuits and Systems,** Vol. CAS - 29 : 234 - 239.

ŞEN, A. E., (1986). **Devreler ve Sistemler**. Kipaş Dağıtımcılık.

TANAKA, M. ve MORI, S., (1982). Topological Formulation for The Cofficient Matrices of State Equations for Switched Capacitor Networks. **IEEE Trans. Circuits Syst.,** Vol. CAS-29, No. 2: 106- 115.

TOHUMOĞLU, G., (1993). **Computution of Steady State Responses of Periodically Excited Nonlinear Systems by Extended Spectral Analysis.** Doktora Tezi, ODTÜ, Ankara.

TOKAD, Y., (1976). **Devre Analizi Dersleri**. Kısıml, Özarkadaş Mat., İstanbul.

TÜRKBEYLER, E., (1987). **A New Approach for The Analysis of Power Electronic Networks by Treating such Networks as Linear Circuits Containing POS.** Yüksek Lisans Tezi, ODTÜ Gaziantep.

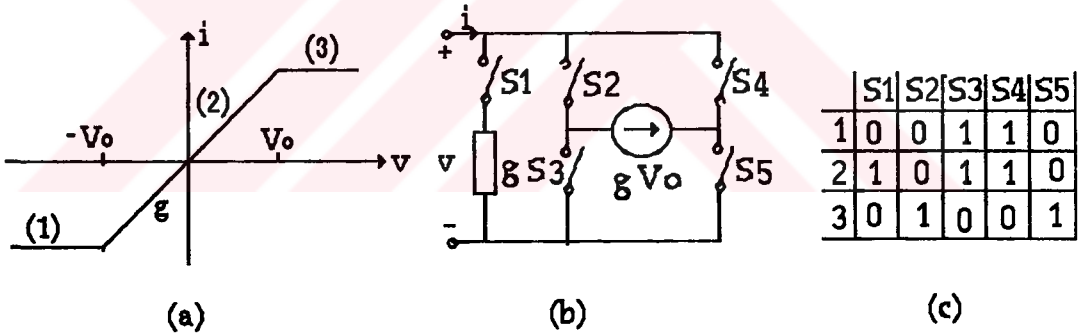
TÜRKBEYLER, E. ve KÖKSAL, M., (1988). Periodic Steady - State Solutions of Power Electronic Circuits. **Proc. Int. AMSE Conf. on Modelling and Simulation,** Vol. 2D: 93- 104, İstanbul, Türkiye.

WELLEKENS, C. j., (1982). Equvalence of Two Design of Bilinear Switched Capacitor Ladder Filters. **Electronic Letters,** Vol. 18, No. 6: 246- 247.

WILLIAMS, B. W., (1977). State Space Thyristor Computer Models. **Proc. of IEEE,** Vol. 124, No. 9: 43- 46.

EK - 1 LİNEER OLMAYAN DİRENÇ UYGULAMALARI

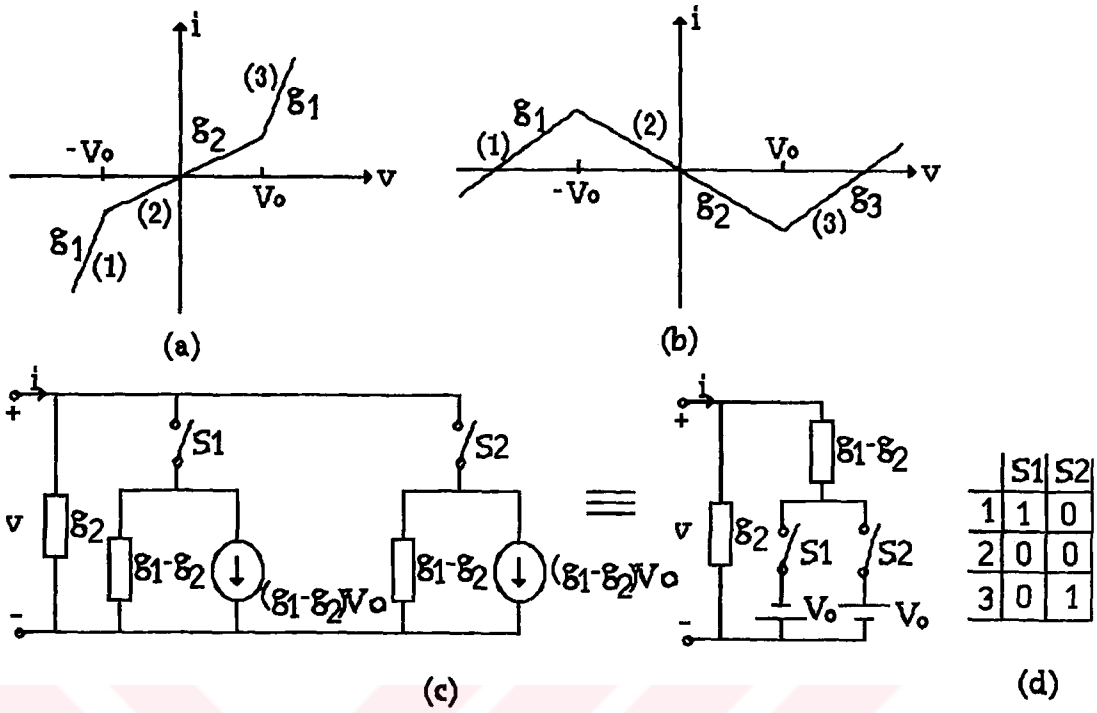
Bölüm 2.6.4'de lineer olmayan dirençlerin, genel parametrelere dayalı olarak çizilmiş karekteristiklerinin modellemesi ile bulunan sonuçlar doğrudan verilmişti. Bunların özel şekilleri olan daha basit durumlar burada verilecektir. Anılan Bölümde detaylı açıklamalar verildiği için burada, lineer olmayan dirençlere ilişkin değişik karekteristikler ve bu karekteristiklere ilişkin sadece eşdeğer devreler ve EDAP tabloları verilecektir. Ayrıca özel olarak Şekil Ek-1.3 için kontrol denklemleride verilecektir.



	S1	S2	S3	S4	S5
1	0	0	1	1	0
2	1	0	1	1	0
3	0	1	0	0	1

(c)

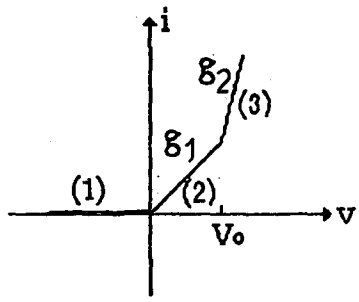
Şekil Ek-1.1a) Lineer olmayan bir direncin i-v karekteristiği, b) eşdeğer devresi, c) EDAP tablosu



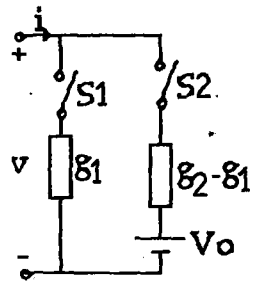
	S1	S2
1	1	0
2	0	0
3	0	1

Şekil Ek-1.2a),b) Lineer olmayan iki ayrı direncin i-v karekteristikleri,

c) eşdeğer devreleri, d) EDAP tablosu



(a)



(b)

	S1	S2
1	0	0
2	1	0
3	1	1

(c)

1. durumda $[-1][v] \geq [0]$

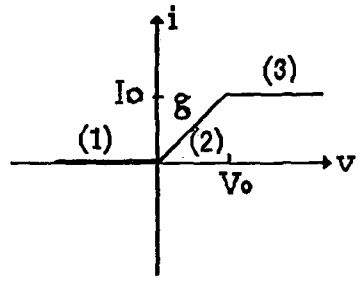
2. durumda $\begin{bmatrix} 1 \\ -1 \end{bmatrix}[v] \geq \begin{bmatrix} 0 \\ -Vo \end{bmatrix}$

3. durumda $[1][v] \geq [Vo]$

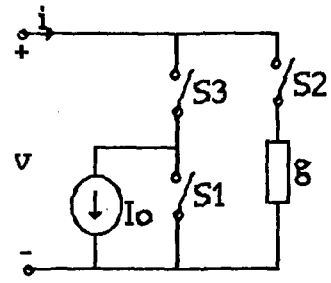
$$Z^i = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \quad , \quad F^i = [\,0\ 0\ 0\,]$$

(d)

Şekil Ek-1.3a) Lineer olmayan bir direncin i-v karekteristiği, b) eşdeğer devresi, c) EDAP tablosu, d) kontrol denklemleri



(a)



(b)

	S1	S2	S3
1	1	0	0
2	1	1	0
3	0	0	1

(c)

Şekil Ek-1.4a) Lineer olmayan bir direncin i-v karekteristiği, b) eşdeğer devresi, c) EDAP tablosu

EK - 2 LODCAK PROGRAMININ LİSTESİ

```
C
C    LINEER OLMAYAN DEVRELERIN  DURUM, CIKIS, KONTROL VE ANAH-
C    TARLAMA DENKLEMLERININ BULUNMASI ICIN BILGISAYAR PROGRAMI
C                  ************************
C    ********************  LODCAK  ************************
C                  ************************
C
     PARAMETER (NN=14,NTD=12,NTDY=10,NYC=5,NCSSP=6,NBCSSP=6
    *,NESE=4,NLE=5,NRK=6,NZ=6,NF=6,NTS=3,NYED=6,NKT=30)
     COMMON /ISIM/N,ND,NX,NC,NU,NS,NY,CH,EN,ED,CD,GD,KS,TD,XY
    *,YC,KSY,TDY,XYY,CSSP,BCSSP,NCS
    *,NBS,NYK,NEDS,EDKDS,LED,YED,RKD,ZS,FS,TS,EBE,MKT,NK
     INTEGER N,ND,NX,NC,NU,NS,NY,EN(NN),ED(NN),CD(NN),GD(NN),
    *KS(NN),KSY(NYC),CSSP(NCSSP),BCSSP(NBCSSP),NCS,SSSP(1000)
    *,NES,NEDS(NESE),EDKDS(NF),NYK,MKT(NKT),NK
     REAL TD(NTD),TDY(NTDY),DXB(1000),AXB(1000),BUB(1000),L(2000)
    *,RKD(NRK),ZS(NZ),FS(NF),TS(NTS),EBE,LED(NLE)
     CHARACTER*4 CH(NN),XY(NTD),YC(NYC),XYY(NTDY),YED(NYED)
    *,DX1(600),YK(600)
     OPEN(3,FILE='YA',STATUS='OLD')
     CALL BADENK(N,ND,NX,NC,NU,NS,NY,CH,EN,ED,CD,GD,KS,TD,XY
    *,YC,KSY,TDY,XYY,EBE,DXB,AXB,BUB,DX1)
     CALL SDAP(CSSP,BCSSP,NCS,SSSP,NCARP,NS,MKT,NES,NK)
     NOBCR=0
     NROE=NX+NY+NS
     NUNS=NU+NS
     CALL FORM(NS,NCARP,EBE,SSSP,NX,NOBCR,NY
    *,NU,NROE,NROE,NROE,NX,NROE,NUNS,DXB,AXB,BUB)
     IY=0
     DO 11 I=NX+1,NX+NYK
     IY=IY+1
     YK(IY)=DX1(I)
  11 CONTINUE
     CALL KONT(NES,NYK,NEDS,EDKDS,LED,YED,YK,L,RKD,ZS,FS,TS)
     END
C              ******************
C     *** DATALAR BU ALTPROGRAMDAN GIRILIR***
C              ******************
     BLOCK DATA
     PARAMETER (NN=14,NTD=12,NTDY=10,NYC=5,NCSSP=6,NBCSSP=6
    *,NESE=4,NLE=5,NRK=6,NZ=6,NF=6,NTS=3,NYED=6,NKT=30)
     COMMON /ISIM/N,ND,NX,NC,NU,NS,NY,CH,EN,ED,CD,GD,KS,TD,XY
    *,YC,KSY,TDY,XYY,CSSP,BCSSP,NCS
    *,NBS,NYK,NEDS,EDKDS,LED,YED,RKD,ZS,FS,TS,EBE,MKT,NK
     INTEGER N,ND,NX,NC,NU,NS,NY,EN(NN),ED(NN),CD(NN),GD(NN),
    *KS(NN),KSY(NYC),CSSP(NCSSP),BCSSP(NBCSSP),NCS
    *,NES,NEDS(NESE),EDKDS(NF),NYK,MKT(NKT),NK
     REAL TD(NTD),TDY(NTDY),RKD(NRK),ZS(NZ),FS(NF),TS(NTS),EBE,LED(NLE)
     CHARACTER*4 CH(NN),XY(NTD),YC(NYC),XYY(NTDY),YED(NYED)
C
C******  ASAGIDAKI BILGILERI SIRAYLA GIRINIZ  **********
C
     DATA
C      ********************
C    CIZGI SAYISI  (N)
    *N/14/,
C      ********************
C    DUGUM SAYISI  (ND)
    *ND/8/,
C      ********************
C    DURUM DEGISKENI SAYISI  (NX)
    *NX/2/,
C      ********************
C    CEBIRSEL COK UCLU SAYISI  (NC)
    *NC/4/,
C      ********************
C    GIRIS KAYNAGI SAYISI  (NU)
    *NU/4/,
C      ********************
C    ANAHTAR SAYISI  (NS)
    *NS/6/,
C      ********************
C    CIKIS DEGISKENLERI SAYISI  (NY)
    *NY/5/,
C      ********************
C    ELEMANLARIN TIPLERI  (CH)
    *CH/'GK','GK','GK','S','S','S','S','R','L','GKGK',
    *'AKAK','R','C','AK'/
C      ********************
C    ELEMANLARIN NUMARALARI  (EN)
    *EN/1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,11,11,11/,
C      ********************
C    CIZGILERIN NUMARALARI  (ED)
```

```
     *ED/1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14/,
C      **********************
C     SECILMIS AKIM YONUNUN CIKTIGI DUGUM  (CD)
     *CD/1,2,3,1,2,3,4,5,6,5,7,7,7/,
C      **********************
C     SECILMIS AKIM YONUNUN GIRDIGI DUGUM  (GD)
     *GD/5,6,5,4,4,4,4,5,6,6,7,8,6,6/
C      **********************
C     TANIM DENKLEMLERINDEKI KOLON SAYILARI  (KS)
     *KS/0,0,0,0,0,0,0,2,2,2,2,2,2,0/,
C      **********************
C     TANIM DENKLEMLERINDEKI KATSAYILAR  (TD)
     *TD/1,-5.27,0.0726,-1,1,-1.34,1,-1.34,1,-344.63,0.0028,-1/
C      **********************
C     TANIM DENKLEMLERINDEKI DEGISKENLER  (XY)
     *XY/'V4','I4','DI9','V9','V10','V13','I11','I9','V12','I12',
     *'DV13','I13'/
C      **********************
C     CIKIS DEGISKENLERININ ADI  (YC)
     *YC/'IT1','IT2','IT3','VDB','EA'/,
C      **********************
C     CIKIS DENKLEMLERINDEKI KOLON SAYILARI  (KSY)
     *KSY/2,2,2,2,2/,
C      **********************
C     CIKIS DENKLEMLERINDEKI KATSAYILAR  (TDY)
     *TDY/1,-1,1,-1,1,-1,1,-1/,
C      **********************
C     CIKIS DENKLEMLERINDEKI DEGISKENLER  (XYY)
     *XYY/'IT1','I4','IT2','I5','IT3','I6',
     *'VDB','V7','EA','V10'/
C      **********************
C     ELEMAN DURUMU-ANAHTAR POZISYONU (EDAP) MATRISLERI  (CSSP)
     *CSSP/0,1,0,1,0,1,0,1/
C      **********************
C     EDAP MATRISLERININ SATIR-SUTUN SAYILARI  (BCSSP)
     *BCSSP/2,1,2,1,2,1,2,1/,
C      **********************
C     EDAP MATRISLERININ SAYISI  (CSSP)
     *NCS/4/
C      **********************
C     LINEER OLMAYAN ELEMAN SAYISI  (NES)
     *NES/4/
C      **********************
C     DURUM DEGISIMINE NEDEN OLAN UC BUYUKLUKLERININ SAYISI (NYK)
     *NYK/4/
C      **********************
C     LINEER OLMAYAN HER ELEMANDAKI TOPLAM DURUM SAYILARI  (NEDS)
     *NEDS/2,2,2,2/
C      **********************
C     HER ELEMAN DURUMUNDAKI KONTROL DENKLEMI SAYISI  (EDKDS)
     *EDKDS/1,1,1,1,1,1,1,1/
C      **********************
C     KONTROL DENKLEMLERINDE YED VEKTORUNE ILISKIN KATSAYILAR  (LED)
     *LED/-1,1,-1,1,-1,1,-1,1/
C      **********************
C     KONTROL DENK.DE DURUM DEGISIMINE NEDEN OLAN UC BUYUKLUKLERI (YED)
     *YED/'IT1','IT1','IT2','IT2','IT3','IT3','VDB','VDB'/
C      **********************
C     KONTROL DENK.DE DURUM DEGISIMINE NEDEN OLAN REFERANS DEGERL. (RKD)
     *RKD/-0.02,0.02,-0.02,0.02,-0.02,0.02,-0.7,0.7/
C      **********************
C     KONTROL DENKLEMLERININ BAGLACLARI (1 ISE VE,2 ISE VEYA,0 ISE TEK
C     DENKLEM VAR)  (ZS)
     *ZS/0,0,0,0,0,0,0,0/
C      **********************
C     ELEMAN DURUMLARININ ZAMANLA ILGILI OLUP OLMADIKLARINI GOSTEREN
C      VEKTOR   (FS)
     *FS/0,1,0,1,0,1,0,0/
C      **********************
C     ZAMANLA ILGILI OLAN ELEMAN DURUMLARININ ZAMAN DEGERLERI   (TS)
     *TS/1.68E-3,6.3E-3,14.94E-3/
C      **********************
C     COK KUCUK BIR SAYI
     *EBE/1.0E-5/
C      **********************
C     KISITLAMA MATRISI
     *MKT/0,0,0,0,0,0,2,0,2,2,0,0,2,0,0,2,2,0,0,2,0,0,2,0,0,0,2,2,2/
C      **********************
C     KISITLAMA SAYISI
     *NK/6/
      END
C
C     BU ALT PROGRAM BASLANGIC DENKLEMLERININ ELDE EDILMESINDE KULLANILIR
C
      SUBROUTINE BADENK(N,ND,NX,NC,NU,NS,NY,CH,EN,ED,CD,GD,KS,TD,XY
     *,YC,KSY,TDY,XYY,EBE,DXB,AXB,BUB,DX1)
      INTEGER N,ND,NX,NC,NU,NS,NY,EN(1),ED(1),CD(1),GD(1),
     *KS(1),KSY(1)
      REAL AX(1000),DA(1000),BU(1000),
     *DX(1000),DXB(1),
     *AXB(1),BUB(1),TD(1),TDY(1)
      CHARACTER*4 CH(1),XY(1),YC(1),XYY(1),DX1(1)
      CALL BDGH(N,ND,NX,NC,NU,NS,NY,CH,EN,ED,CD,GD,KS,TD,XY,YC,KSY,TDY,
```

```
     *XYY,DA,AX,BU,N1X,NCE,DX1,EBE)
      CALL KISA (DA,N1X,NX,NCE,NY,NU,NS,DX)
      L=1
      NROE=NX+NY+NS
      CALL RO (DX,AX,BU,N1X,N1X,NX,N1X,NU+NS,N1X,L,EBE,NROE)
      CALL SISAK (DX,AX,BU,N1X,NX,NCE,NY,NU,NS,DXB,AXB,BUB)
      RETURN
      END
C
C     BU ALTPROGRAM BASLANGIC DENKLEMLERINI GENEL HALDE OLUSTURUR
C
      SUBROUTINE BDGH(N,ND,NX,NC,NU,NS,NY,CH,EN,ED,CD,GD,KS,TD,XY,YC,
     *KSY,TDY,XYY,DA,AX,BU,N1X,NCE,DX1,EBE)
      INTEGER N,ND,NX,NC,NU,NS,NY,EN(1),ED(1),CD(1),GD(1),
     *KS(1),KSY(1)
      REAL PI(1000),PU(1000),PJ(1000),PO(1000),PIU(1000),
     *C(1000),B(1000),BO(1000),BB(1000),BD(1000)
     *,BC(1000),A(1000),AIA(1000),AINV(1000),CIN(1000),D(1000)
     *,G(1000),H(1000),GG(1000),HG(1000),E(1000),F(1000),GA(1000)
     *,GB(1000),AX(1),DA(1),BU(1),C1(1000),TD(1),TDY(1)
      CHARACTER*4 CH(1),X1(50),Y(50),Z(50),W(50),CEVIR,X(1000),
     *DX1(1),XX2(100),XUS(100),
     *XY(1),C2(1000),YC(1),XYY(1)
      JI=N*ND
      DO 10 II=1,JI
      PI(II)=0
   10 CONTINUE
      DO 20 I=1,N
      KI=CD(I)+(I-1)*ND
      LI=GD(I)+(I-1)*ND
      PI(KI)=1
      PI(LI)=-1
   20 CONTINUE
      I=0
      K=1
   35 DO 30 I=K+1,N
      DO 40 M=1,ND
      IK=K*ND+M+(I-(K+1))*ND
      IM=M+(K-1)*ND
      IF(ABS(PI(IM)).EQ.ABS(PI(IK))) GOTO 40
      GOTO 30
   40 CONTINUE
      I=I+1
      I1=2*I-1
      I2=I1+1
      PU(I1)=K
      PU(I2)=I
   30 CONTINUE
      K=K+1
      IF(K.LT.N) GOTO 35
      DO 50 I=1,N
   50 PJ(I)=I
      IT=0
      KK=1
   55 IT=IT+KK
      KK=KK+1
      IF(((N-KK)+1).NE.1) GOTO 55
      JT=N
      IN=N
   60 CONTINUE
      DO 70 I=1,IT
      KT=2*I
      IF(PJ(JT).EQ.PU(KT)) GOTO 71
   70 CONTINUE
      IF(JT.NE.1) GO TO 75
      GO TO 79
   71 PO(IN)=PU(KT)
      IN=IN-1
   75 JT=JT-I
      GOTO 60
   79 L=0
      DO 90 I=1,N
      DO 85 K=1,N
      IF(PJ(I).NE.PO(K)) GOTO 85
      L=L+1
      GOTO 90
   85 CONTINUE
      I=I-L
      PO(I)=PI(I)
   90 CONTINUE
      LOL=1
      DO 110 I=1,N
      K=PO(I)
      DO 100 J=K*ND-ND+1,K*(ND-1)+(K-1)
      PIU(LOL)=PI(J)
      LOL=LOL+1
  100 CONTINUE
  110 CONTINUE
      DO 120 I=1,N
  120 C(I)=0
      MY=0
  131 CONTINUE
      MM=0
```

```
      DO 130 I=1,ND-1
      KMM=0
      DO 140 J=1,N
      L=(J-1)*(ND-1)+I
      IF(PIU(L).EQ.0) GOTO 139
      DO 150 K=1,ND-1
      IF(C(K).EQ.J) GOTO 140
  150 CONTINUE
      GO TO 135
  139 CONTINUE
      KMM=KMM+1
      IF(KMM.LT.N) GO TO 140
      WRITE(3,901)
  901 FORMAT(/,'LBKY:')
      GO TO 166
  140 CONTINUE
      MM=MM+1
      GO TO 130
  135 MM=MM+1
      C(MM)=J
      DO 160 I1=1,ND-1
      LI=(MM-1)*(ND-1)+I1
      KI=(J-1)*(ND-1)+I1
      B(LI)=PIU(KI)
  160  CONTINUE
  130  CONTINUE
      DO 132 I=1,((ND-1)*(ND-1))
      BB(I)=B(I)
  132 CONTINUE
      DET=1.0
      NM2=(ND-1)-2
      DO 1010 K=1,NM2
      KK=(ND-1)-K
      SDET=(BB(1)**((ND-1)-K-1))
      DET=DET/(BB(1)**((ND-1)-K-1))
      DO 1000 I=1,KK
      DO 1000 J=1,KK
      K1=(I-1)*(ND-1-K)+I
      L1=J*(ND-K)+I+1
      M1=J*(ND-K)+1
      N1=I+1
 1000 BD(K1)=BB(1)*BB(L1)-BB(M1)*BB(N1)
      DO 1010 I=1,KK
      DO 1010 J=1,KK
      K2=(I-1)*KK+J
 1010 BB(K2)=BD(K2)
      DET=DET*(BB(1)*BB(4)-BB(2)*BB(3))
      IF(DET.NE.0) GO TO 171
      MY=MY+1
      IF(MY.LE.N*N) GO TO 131
      GO TO 166
  171 MC=MM
      DO 170 I=1,N
      DO 160 K=1,MC
      IF(C(K).EQ.I) GOTO 170
  160 CONTINUE
      MM=MM+1
      DO 190 I=1,ND-1
      KIK=(MM-1)*(ND-1)+I
      LIL=(J-1)*(ND-1)+I
      B(KIK)=PIU(LIL)
  190  CONTINUE
  170  CONTINUE
      DO 461 I=1,N*(ND-1)
      BO(I)=B(I)
  461 CONTINUE
      DO 12 K=1,N
      DO 23 I=1,N
      DO 34 J=1,ND-1
      M=(I-1)*(ND-1)+J
      L=(K-1)*(ND-1)+J
      IF(PIU(M).NE.B(L)) GO TO 23
   34 CONTINUE
      DO 43 NN=1,N
      IF(BC(NN).EQ.PO(I)) GO TO 23
   43 CONTINUE
      BC(K)=PO(I)
      GO TO 12
   23 CONTINUE
   12 CONTINUE
      JCI=1
      DO 260 I=(ND-1)*(ND-1)+1,N*(ND-1)
      D(JCJ)=B(I)
      JCJ=JCJ+1
  260 CONTINUE
      KIA=ND-1
      CALL INVERS(E,KIA,A,EBE)
      MS=ND-1
      NS1=ND-1
      KKS=N-(ND-1)
      CALL MULTIP(A,D,G,MS,NS1,KKS)
      DO 310 K=1,(ND-2)
      J=(K-1)*ND+1
```

```
      H(I)=1.0
      DO 300 I=I+1,(ND-1)+I
      H(I)=0.0
  300 CONTINUE
  310 CONTINUE
      KK=(ND-1)*(ND-1)
      H(KK)=1.0
      LK=1.0
      DO 320 I=(ND-1)*(ND-1)+1,(ND-1)*N
      H(I)=G(LK)
      LK=LK+1
  320 CONTINUE
      NJ=ND-1
      MJ=N-(ND-1)
      CALL TR(G,GG,NJ,MJ)
      DO 360 I=1,NJ*MJ
      HG(I)=-GG(I)
  360 CONTINUE
      DO 380 K=NJ+1,N-1
      J=(K-(NJ+1))*(MJ+1)+(NJ*MJ)+1
      HG(J)=1
      DO 370 I=J+1,MJ+J
      HG(I)=0
  370 CONTINUE
  380 CONTINUE
      KL=N*MJ
      HG(KL)=1
      DO 403 I=1,50
      X1(I)='DV'//CEVIR(I)
      Y(I)='DI'//CEVIR(I)
      Z(I)='V'//CEVIR(I)
      W(I)='I'//CEVIR(I)
  403 CONTINUE
      NCE=2*NC
      K1X=2*NX+NCE+NY+NU+NS
      K2X=K1X+NX
      K3X=K2X+NU+NS
      N1X=K1X
      N2X=K2X
      NNX=K3X
      KX=1
      DO 411 I=1,N
      IF(CH(I).NE.'C') GO TO 411
      X(KX)=X1(I)
      X(KX+NX)=W(I)
      X(KX+K1X)=Z(I)
      KX=KX+1
  411 CONTINUE
      DO 412 I=1,N
      IF(CH(I).NE.'L') GO TO 412
      X(KX)=Y(I)
      X(KX+NX)=Z(I)
      X(KX+K1X)=W(I)
      KX=KX+1
  412 CONTINUE
      LX=1+2*NX
      DO 413 I=1,N
      IF(CH(I).NE.'IR') GO TO 413
      X(LX)=Z(I)
      LX=LX+1
      X(LX)=W(I)
      LX=LX+1
  413 CONTINUE
      DO 414 I=1,N
      IF(CH(I).NE.'R') GO TO 414
      X(LX)=Z(I)
      LX=LX+1
      X(LX)=W(I)
      LX=LX+1
  414 CONTINUE
      DO 415 I=1,N
      IF(CH(I).NE.'OP2') GO TO 415
      X(LX)=Z(I)
      LX=LX+1
      X(LX)=W(I)
      LX=LX+1
  415 CONTINUE
      DO 416 I=1,N
      IF(CH(I).NE.'OP3') GO TO 416
      X(LX)=Z(I)
      LX=LX+1
      X(LX)=W(I)
      LX=LX+1
  416 CONTINUE
      DO 419 I=1,N
      IF(CH(I).EQ.'GKGK'.OR.CH(I).EQ.'AKGK') GO TO 440
      GO TO 419
  440 X(LX)=Z(I)
      LX=LX+1
      X(LX)=W(I)
      LX=LX+1
  419 CONTINUE
      DO 420 I=1,N
```

```
      IF(CH(I).EQ.'GKAK'.OR.CH(I).EQ.'AKAK') GO TO 441
      GO TO 420
  441 X(LX)=W(I)
      LX=LX+1
      X(LX)=Z(I)
      LX=LX+1
  420 CONTINUE
      IF(NY.EQ.0) GO TO 422
      DO 421 K=1,NY
      X(LX)=YC(K)
      LX=LX+1
  421 CONTINUE
  422 CONTINUE
      K2X=K2X+1
      DO 423 I=1,N
      IF(CH(I).NE.'GK') GO TO 423
      X(LX)=W(I)
      X(K2X)=Z(I)
      LX=LX+1
      K2X=K2X+1
  423 CONTINUE
      DO 424 I=1,N
      IF(CH(I).NE.'AK') GO TO 424
      X(LX)=Z(I)
      X(K2X)=W(I)
      LX=LX+1
      K2X=K2X+1
  424 CONTINUE
      DO 425 I=1,N
      IF(CH(I).NE.'S') GO TO 425
      X(LX)=Z(I)
      X(K2X)=W(I)
      LX=LX+1
      K2X=K2X+1
  425 CONTINUE
      WRITE(3,4426)
 4426 FORMAT(//,'( DX/DT  Y  USC ) - VEKTORU',//)
      DO 4427 I=1,NX
 4427 DX1(I)=X(I)
      DO 4428 I=1,NY
 4428 DX1(NX+I)=X(2*NX+NCE+I)
      DO 4429 I=1,NS
 4429 DX1(NX+NY+I)=X(2*NX+NCE+NY+NU+I)
      DO 4430 I=1,NX+NY+NS
 4430 WRITE(3,4431) DX1(I)
 4431 FORMAT(1X,A)
      WRITE(3,5426)
 5426 FORMAT(//,' X - VEKTORU',//)
      DO 5427 I=1,NX
 5427 XX2(I)=X(2*NX+NCE+NY+NU+NS+I)
      DO 5430 I=1,NX
 5430 WRITE(3,5431) XX2(I)
 5431 FORMAT(1X,A)
      WRITE(3,6426)
 6426 FORMAT(//,'( U  US ) - VEKTORU ',//)
      DO 6427 I=1,NU+NS
 6427 XUS(I)=X(3*NX+NCE+NY+NU+NS+I)
      DO 6430 I=1,NU+NS
 6430 WRITE(3,6431) XUS(I)
 6431 FORMAT(1X,A)
      MJ=N-(ND-1)
      DO 1011 K=1,N1X*N1X
      DA(K)=0
 1011 CONTINUE
      DO 1023 K=1,N1X*NX
      AX(K)=0
 1023 CONTINUE
      DO 1033 K=1,N1X*(NU+NS)
      BU(K)=0
 1033 CONTINUE
      LJ=1
      JB=0
      DO 491 I=1,N
      JB=JB+KS(I)
      IF(CH(I).EQ.'C') GO TO 503
      GO TO 491
  503 JC=JB-KS(I)
      JA=KS(I)
      DO 492 J=1,JA
      DO 493 K=1,NNX
      IF(XY(JC+J).EQ.X(K)) GO TO 504
  493 CONTINUE
  504 M=(K-1)*N1X+LJ
      DA(M)=TD(JC+J)
  492 CONTINUE
      LJ=LJ+1
  491 CONTINUE
      JB=0
      DO 494 I=1,N
      JB=JB+KS(I)
      IF(CH(I).EQ.'L') GO TO 505
      GO TO 494
  505 JC=JB-KS(I)
```

```
      JA=KS(I)
      DO 495 J=1,JA
      DO 496 K=1,NNX
      IF(XY(JC+J).EQ.X(K)) GO TO 506
  496 CONTINUE
  506 M=(K-1)*N1X+LJ
      DA(M)=TD(JC+J)
  495 CONTINUE
      LJ=LJ+1
  494 CONTINUE
      JB=0
      DO 497 I=1,N
      JB=JB+KS(I)
      IF(CH(I).EQ.'JR'.OR.CH(I).EQ.'R') GO TO 507
      GO TO 497
  507 JC=JB-KS(I)
      JA=KS(I)
      DO 508 J=1,JA
      DO 509 K=1,NNX
      IF(XY(JC+J).EQ.X(K)) GO TO 510
  509 CONTINUE
  510 M=(K-1)*N1X+LJ
      DA(M)=TD(JC+J)
  508 CONTINUE
      LJ=LJ+1
  497 CONTINUE
      JB=0
      DO 529 I=1,N
      JB=JB+KS(I)
      IF(CH(I).EQ.'OP2'.OR.CH(I).EQ.'OP3') GO TO 512
      GO TO 529
  512 JC=JB-KS(I)
      JA=KS(I)
      DO 513 J=1,JA
      DO 514 K=1,NNX
      IF(XY(JC+J).EQ.X(K)) GO TO 515
  514 CONTINUE
  515 M=(K-1)*N1X+LJ
      DA(M)=TD(JC+J)
  513 CONTINUE
      LJ=LJ+1
  529 CONTINUE
      JB=0
      DO 518 I=1,N
      JB=JB+KS(I)
      IF(CH(I).EQ.'GKGK'.OR.CH(I).EQ.'AKGK') GO TO 517
      IF(CH(I).EQ.'GKAK'.OR.CH(I).EQ.'AKAK') GO TO 517
      GO TO 518
  517 JC=JB-KS(I)
      JA=KS(I)
      DO 519 J=1,JA
      DO 519 K=1,NNX
      IF(XY(JC+J).EQ.X(K)) GO TO 520
  519 CONTINUE
  520 IF(K.LE.N1X) GOTO 521
      IF(N2X.GE.K.AND.K.GT.N1X) GO TO 522
      M=(K-1-N2X)*N1X+LJ
      BU(M)=TD(JC+J)
      GO TO 516
  522 M=(K-1-N1X)*N1X+LJ
      AX(M)=TD(JC+J)
      GO TO 516
  521 M=(K-1)*N1X+LJ
      DA(M)=TD(JC+J)
  518 CONTINUE
      LJ=LJ+1
  516 CONTINUE
      IF(NY.EQ.0) GO TO 601
      LLJ=0
      DO 602 K=2*NX+NCE+1,2*NX+NCE+NY
      M=(K-1)*N1X+LJ
      DA(M)=1.
      LJ=LJ+1
      LLJ=LLJ+1
  602 CONTINUE
      LJ=LJ-LLJ
      JB=0
      JLJ=0
      DO 603 I=1,NY
      JA=KSY(I)-1
      DO 604 J=1,JA
      DO 605 K=1,2*NX+NCE
      IF(XYY(JB+J+1).EQ.X(K)) GO TO 606
  605 CONTINUE
      GO TO 604
  606 M=(K-1)*N1X+LJ
      DA(M)=TDY(JB+J+1)
  604 CONTINUE
      LJ=LJ+1
      JB=JB+KSY(I)
      JLJ=JLJ+1
  603 CONTINUE
      LJ=LJ-JLJ
```

```
      JB=0
      DO 606 I=1,NY
      JA=KSY(I)-1
      DO 609 J=1,JA
      DO 610 K=2*NX+NCE+NY+1,NNX
      IF(XYY(JB+J+1).EQ.X(K)) GO TO 611
  610 CONTINUE
      GO TO 609
  611 IF(K.LE.N1X) GOTO 612
      IF(N2X.GE.K.AND.K.GT.N1X) GO TO 613
      M=(K-1-N2X)*N1X+LJ
      BU(M)=-TDY(JB+J+1)
      GO TO 609
  612 M=(K-1)*N1X+LJ
      DA(M)=TDY(JB+J+1)
      GO TO 609
  613 M=(K-1-N1X)*N1X+LJ
      AX(M)=-TDY(JB+J+1)
  609 CONTINUE
      LJ=LJ+1
      JB=KSY(I)+JB
  606 CONTINUE
  601 CONTINUE
      DO 2010 LL=1,ND-1
      L=1
      DO 2020 I=1,N
      K=(I-1)*(ND-1)+LL
      IF(BO(K) EQ.0) GO TO 2020
      IPP=BC(I)
      C1(L)=BO(K)
      C2(L)=W(IPP)
      L=L+1
 2020 CONTINUE
      DO 2030 J=1,L-1
      LK=0
      DO 2040 JJ=1,NNX
      LK=LK+1
      IF(C2(J).EQ.X(JJ)) GO TO 2035
 2040 CONTINUE
 2035 CONTINUE
      IF(LK.LE.N1X) GO TO 2025
      IF(N2X.GE.LK.AND.LK.GT.N1X) GO TO 2015
      N5X=N1X*(LK-1-N2X)+N1X-N+LL
      BU(N5X)=-C1(J)
      GO TO 2030
 2025 N3X=N1X*(LK-1)+N1X-N+LL
      DA(N3X)=C1(J)
      GO TO 2030
 2015 N4X=N1X*(LK-1-N1X)+N1X-N+LL
      AX(N4X)=-C1(J)
 2030 CONTINUE
 2010 CONTINUE
      DO 2050 KK=1,MJ
      L=1
      DO 2060 I=1,N
      K=(I-1)*MJ+KK
      IF(HG(K).EQ.0) GO TO 2060
      IPP=BC(I)
      C1(L)=HG(K)
      C2(L)=Z(IPP)
      L=L+1
 2060 CONTINUE
      DO 2070 J=1,L-1
      LK=0
      DO 2080 JJ=1,NNX
      LK=LK+1
      IF(C2(J).EQ.X(JJ)) GO TO 2075
 2080 CONTINUE
 2075 CONTINUE
      IF(LK.LE.N1X) GO TO 2065
      IF(N2X.GE.LK.AND.LK.GT.N1X) GO TO 2055
      N5X=N1X*(LK-1-N2X)+N1X-N+KK+ND-1
      BU(N5X)=-C1(J)
      GO TO 2070
 2065 N3X=N1X*(LK-1)+N1X-N+KK+ND-1
      DA(N3X)=C1(J)
      GO TO 2070
 2055 N4X=N1X*(LK-1-N1X)+N1X-N+KK+ND-1
      AX(N4X)=-C1(J)
 2070 CONTINUE
 2050 CONTINUE
  166 RETURN
      END
C
C     BU ALTPROGRAM 'ASCII' KODUNA KARSILIK OLAN  I,V,D I,D V 'YI BULUR
C
      CHARACTER*3 FUNCTION CEVIR(I)
      INTEGER A,B,X,I
      CHARACTER*1 C,D
      A=MOD(I,10)
      B=INT(I/10.0)
      X=ICHAR('0')
      C=CHAR(B+X)
```

```
      D=CHAR(A+X)
      IF(C.EQ.'0')  GO TO 401
      CEVIR=C//D
      GO TO 402
  401 CEVIR=D
  402 RETURN
      END
C
C     BU ALT PROGRAM NI*M BOYUTLU MATRISIN TRANSPOZESINI ALIR
C
      SUBROUTINE TR(GA,GB,NI,M)
      DIMENSION GA(1),GB(1)
      II=NI*M
      DO 330 JI=1,II
      GB(JI)=0.
  330 CONTINUE
      KJ=NI-1
      DO 350 K=0,KJ
      DO 340 I=1,M
      JJ=I+M*K
      KI=(I-1)*NI+K+1
      GB(JJ)=GA(KI)
  340 CONTINUE
  350 CONTINUE
      RETURN
      END
C
C     DA- MATRISINDE NX+NCE+NU KOLONLARI ILK SIRALARA ALIR
C
      SUBROUTINE KISA (DA,N1X,NX,NCE,NY,NU,NS,DX)
      REAL DA(1),DX(1)
      K=(NX+NCE)*N1X
      DO 71 I=1,K
      DX(I)=DA(NX*N1X+I)
   71 CONTINUE
      DO 76 I=1,NU*N1X
      J=(2*Nx+NCE+Ny)*N1x+I
      DX(K+I)=DA(J)
   76 CONTINUE
      DO 72 I=1,NX*N1X
      J=N1x*(Nx+NCE+NU)
      DX(J+I)=DA(I)
   72 CONTINUE
      DO 73 I=1,Ny*N1X
      K1=(2*NX+NCE+NU)*N1X+I
      K2=(2*NX+NCE)*N1X+I
      DX(K1)=DA(K2)
   73 CONTINUE
      DO 77 I=1,NS*N1X
      K1=(2*NX+NCE+Ny+NU)*N1X+I
      DX(K1)=DA(K1)
   77 CONTINUE
      RETURN
      END
C
C     BU ALTPROGRAM MATRISIN ISTENILEN KOLONUNA KADAR ELEMENTER
C     ROW OPERASYONU UYGULAR.
C
      SUBROUTINE RO (AMAT,BMAT,CMAT,COES,ROES,COEES,ROEES,COEEES,
     *ROEEES,L,EB,NCO1)
      REAL AMAT(1),BMAT(1),CMAT(1)
      INTEGER COES,ROES,COEES,ROEES,COEEES,ROEEES,COE1,ROE1,ROE2
      COE1=COES-NCO1
      DO 1 I=1,COE1
      M=I+1
      DO 2 K=M,ROES
      KJ=(I-1)*ROES+K+(L-1)*ROES*COES
      KI=(I-1)*ROES+I+(L-1)*ROES*COES
      IF(AMAT(KI).NE.0.)GO TO 16
      KLT=KI+1
    9 IF(AMAT(KLT).EQ.0.) GO TO 7
      GO TO 8
    7 KLT=KLT+1
      ROE2=((L-1)*ROES*COES)+ROES*I
      IF(KLT.GT.ROE2) GO TO 1
      GO TO 9
    8 ROE1=(L-1)*ROES*COES+ROES
      IF(KLT.LE.ROE1) GO TO 19
   15 KLT=KLT-ROES
      KI=KI-ROES
      IF(KLT.GT.ROE1) GO TO 15
   19 DO 12 J=1,COES
      KTJ=((J-1)*ROES)+KLT
      KTM=((J-1)*ROES)+KI
      A=AMAT(KTJ)
      AMAT(KTJ)=AMAT(KTM)
      AMAT(KTM)=A
   12 CONTINUE
      DO 13 J=1,COEES
      KLT1=KLT-(L-1)*ROES*COES
      KI1=KI-(L-1)*ROES*COES
      KTJ1=(J-1)*ROEES+KLT1+(L-1)*ROEES*COEES
      KTM1=(J-1)*ROEES+KI1+(L-1)*ROEES*COEES
```

```
      A=BMAT(KTJ1)
      BMAT(KTJ1)=BMAT(KTM1)
      BMAT(KTM1)=A
   13 CONTINUE
      DO 14 J=1,COEEES
      KTJ2=(J-1)*ROEEES+KLT1+(L-1)*ROEEES*COEEES
      KTM2=(J-1)*ROEEES+KII+(L-1)*ROEEES*COEEES
      A=CMAT(KTJ2)
      CMAT(KTJ2)=CMAT(KTM2)
      CMAT(KTM2)=A
   14 CONTINUE
   10 IF(AMAT(KI).EQ.0.) GO TO 2
      CARP=AMAT(KI)/AMAT(KI)
      DO 3 J=1,COES
      KLI=(J-1)*ROES+I+(L-1)*ROES*COES
      KLM=(J-1)*ROES+K+(L-1)*ROES*COES
      AMAT(KLM)=AMAT(KLM)-(AMAT(KLI)*CARP)
      IF(ABS(AMAT(KLM)).LT.EB) GO TO 31
      GO TO 3
   31 AMAT(KLM)=0.
    3 CONTINUE
      DO 4 J=1,COEES
      KLI=(J-1)*ROEES+I+(L-1)*ROEES*COEES
      KLM=(J-1)*ROEES+K+(L-1)*ROEES*COEES
      BMAT(KLM)=BMAT(KLM)-(BMAT(KLI)*CARP)
      IF(ABS(BMAT(KLM)).LT.EB) GO TO 32
      GO TO 4
   32 BMAT(KLM)=0.
    4 CONTINUE
      DO 5 J=1,COEEES
      KLI=(J-1)*ROEEES+I+(L-1)*ROEEES*COEEES
      KLM=(J-1)*ROEEES+K+(L-1)*ROEEES*COEEES
      CMAT(KLM)=CMAT(KLM)-(CMAT(KLI)*CARP)
      IF(ABS(CMAT(KLM)).LT.EB) GO TO 33
      GO TO 5
   33 CMAT(KLM)=0.
    5 CONTINUE
    2 CONTINUE
    1 CONTINUE
      RETURN
      END
C
C     BU ALTPROGRAM BASLANGIC DENKLEMLERINDE NX+NCE+NU KOLONLARI
C     YOK EDEREK KULLANILACAK HALE GETIRIR.
C
      SUBROUTINE SISAR (DX,AX,BU,N1X,NX,NCE,NY,NU,NS,DXB,AXB,BUB)
      REAL DX(1),DXB(1),AX(1),AXB(1),BU(1),BUB(1)
      I3=0
      DO 1 K=1,N1X-NX-NCE-NU
      DO 2 I=1,N1X-NX-NCE-NU
      I3=I3+1
      I2=(NX+NCE+NU)*N1X+NX+NCE+NU+(K-1)*N1X+I
      DXB(I3)=DX(I2)
    2 CONTINUE
    1 CONTINUE
      I4=0
      DO 3 K=1,NX
      DO 4 I=1,N1X-NX-NCE-NU
      I4=I4+1
      I2=NX+NCE+NU+(K-1)*N1X+I
      AXB(I4)=AX(I2)
    4 CONTINUE
    3 CONTINUE
      I5=0
      DO 5 K=1,NU+NS
      DO 6 I=1,N1X-NX-NCE-NU
      I5=I5+1
      I2=NX+NCE+NU+(K-1)*N1X+I
      BUB(I5)=BU(I2)
    6 CONTINUE
    5 CONTINUE
      WRITE(3,40)
   40 FORMAT(//,'BASLANGIC DENKLEMLERINDE 1. KATSAYI MATRISI',//)
      DO 7 I=1,N1X-NX-NCE-NU
      IJ=(N1X-NX-NCE-NU)*(N1X-NX-NCE-NU-1)+I
    7 WRITE(3,8) (DXB(J),J=I,IJ,N1X-NX-NCE-NU)
    8 FORMAT(2X,15F4.1,3X)
      WRITE(3,44)
   44 FORMAT(//,'BASLANGIC DENKLEMLERINDE 2. KATSAYI MATRISI',//)
      DO 9 I=1,N1X-NX-NCE-NU
      IJ=(N1X-NX-NCE-NU)*(NX-1)+I
    9 WRITE(3,10) (AXB(J),J=I,IJ,N1X-NX-NCE-NU)
   10 FORMAT(2X,15F4.1,3X)
      WRITE(3,45)
   45 FORMAT(//,'BASLANGIC DENKLEMLERINDE 3. KATSAYI MATRISI',//)
      DO 11 I=1,N1X-NX-NCE-NU
      IJ=(N1X-NX-NCE-NU)*(NU+NS-1)+I
   11 WRITE(3,12) (BUB(J),J=I,IJ,N1X-NX-NCE-NU)
   12 FORMAT(2X,15F4.1,3X)
      RETURN
      END
C
C     BU ALTPROGRAM BUTUN SISTEM DURUMLARINI VE HER SISTEM
```

```
C     DURUMUNDAKI ANAHTAR POZISYONLARINI ELDE EDER (SSSP)
C
      SUBROUTINE SDAP(CSSP,BCSSP,NCS,SSSP,NCARP,NS,MKT,NES,NK)
      INTEGER CSSP(1),SSCS(1000),BCSSP(1),SSSP(1),PM(500),SOS(500)
     *,MKT(1),M1(999),SSCS2(999),SSCS3(999)
      NCARP=1
      DO 10 I=1,NCS
      NCARP=NCARP*BCSSP(2*I-1)
   10 CONTINUE
      K=1
      NR=1
      DO 11 I=1,NCS
      L=BCSSP(2*I-1)
      NN=1
   20 LL=1
   21 DO 12 J=1,NR
      SSCS(K)=LL
      K=K+1
      NN=NN+1
   12 CONTINUE
      IF(LL.EQ.L) GO TO 22
      LL=LL+1
      GO TO 21
   22 IF(NN.GE.NCARP) GO TO 23
      GO TO 20
   23 NR=1
      DO 13 JJ=1,I
      NR=NR*BCSSP(2*JJ-1)
   13 CONTINUE
   11 CONTINUE
      IF(NK.EQ.0) GO TO 4110
      NCARP3=0
      NCARP2=0
      K4=0
      K44=0
      N0=0
      N1=0
      DO 1101 II=1,NK
      IF(MKT(II).EQ.0) GO TO 1102
      N1=N1+1
      GO TO 1101
 1102 N0=N0+1
 1101 CONTINUE
      IF(N0.EQ.0) GO TO 1104
      GO TO 1103
 1104 IF=1
      DO 1105 I=1,NCARP
      DO 1205 J=1,NES
      JJ=(J-1)*NCARP+I
      SSCS2(IF)=SSCS(JJ)
      IF=IF+1
 1205 CONTINUE
 1105 CONTINUE
      NCARP2=NCARP
 1120 IF(N1.EQ.0) GO TO 1107
      GO TO 1108
 1107 DO 1106 I=1,NCARP2*NES
      SSCS3(I)=SSCS2(I)
 1106 CONTINUE
      NCARP3=NCARP2
      GO TO 1110
 1103 DO 1210 I=1,NCARP
      DO 1220 J=1,NES
      JJ=(J-1)*NCARP+I
      M1(J)=SSCS(JJ)
 1220 CONTINUE
      DO 1230 II=1,NK
      IF(MKT(II).EQ.0) GO TO 1235
      GO TO 1230
 1235 DO 1240 K2=1,NES
      K3=K2*NK+II
      IF(MKT(K3).EQ.0) GO TO 1240
      IF(M1(K2).EQ.MKT(K3)) GO TO 1240
      GO TO 1230
 1240 CONTINUE
      GO TO 1210
 1230 CONTINUE
      NCARP2=NCARP2+1
      DO 1250 K5=1,NES
      K4=K4+1
      SSCS2(K4)=M1(K5)
 1250 CONTINUE
 1210 CONTINUE
      GO TO 1120
 1106 DO 1260 I=1,NCARP2
      DO 1270 J=1,NES
      JJ=(I-1)*NES+J
      M1(J)=SSCS2(JJ)
 1270 CONTINUE
      DO 1280 II=1,NK
      IF(MKT(II).EQ.1) GO TO 1285
      GO TO 1280
 1285 NEN=0
```

```
      NH=0
      NT=0
      DO 1290 K6=1,NES
      K7=K6*NK+II
      IF(MKT(K7).EQ.0) GO TO 1290
      IF(M1(K6).EQ.MKT(K7)) GO TO 1295
      NH=NH+1
      GO TO 1290
 1295 NEN=NEN+1
      NT=NT+1
 1290 CONTINUE
      IF(NEN.NE.0.AND.NH.NE.0) GO TO 1260
      IF(NEN.EQ.0.AND.NH.NE.0.AND.NT.GE.1) GO TO 1262
      GO TO 1260
 1262 IF(IL.EQ.NK) GO TO 1260
 1260 CONTINUE
      IF((NEN.NE.0.AND.NH.NE.0).OR.(NEN.EQ.0.AND.NH.NE.0.AND.NT.GE.1))
     *GO TO 1260
      NCARP3=NCARP3+1
      DO 3100 K55=1,NES
      K44=K44+1
      SSCS3(K44)=M1(K55)
 3100 CONTINUE
 1260 CONTINUE
 1110 CONTINUE
      NUF=0
      DO 777 K=1,NCARP3
      DO 888 I=1,NES
      NUF=NUF+1
      IU=(I-1)*NCARP3+K
      SSCS(IU)=SSCS3(NUF)
  888 CONTINUE
  777 CONTINUE
      NCARP=NCARP3
 4110 CONTINUE
      DO 30 I=1,NCS
      M11=2*I
      M2=BCSSP(M11)*BCSSP(M11-1)
      PM(I)=M2
   30 CONTINUE
      IM1=0
      M=0
      I1=0
      DO 31 I=1,NCS
      M=M+1
      DO 32 J=1,NCARP
      K=(I-1)*NCARP+J
      DO 33 L=1,BCSSP(2*M)
      L2=(L-1)*BCSSP(2*M-1)+SSCS(K)
      L3=(L-1)*NCARP+J
      SSSP(L3+I1)=CSSP(L2+IM1)
   33 CONTINUE
   32 CONTINUE
      I1=(BCSSP(2*I)*NCARP)+I1
      IM1=IM1+PM(I)
   31 CONTINUE
      DO 111 I=1,NCARP*NS
      SOS(I)=SSSP(I)
  111 CONTINUE
      L=1
      DO 122 I=1,NCARP
      DO 133 J=1,NS
      K=(J-1)*NCARP+I
      SSSP(L)=SOS(K)
      L=L+1
  133 CONTINUE
  122 CONTINUE
      CALL PRTSDAP (SSSP,NCARP,NS)
      RETURN
      END
C
C
      SUBROUTINE PRTSDAP (SSSP,NCARP,NS)
      INTEGER SSSP(1)
      DO 10 L=1,NCARP
      WRITE(3,15) L
   15 FORMAT(//,2X,'ANAHTARLARIN,',I2,'.SISTEM DURUMUNDAKI POZISYONLARI
     *',/)
      II=NS+(L-1)*NS
      LL=(L-1)*NS+1
      WRITE(3,25) (SSSP(J),J=LL,II,1)
   25 FORMAT(1X,1616,2X)
   10 CONTINUE
      RETURN
      END
C
C     BU ALT PROGRAM DURUM,CIKIS VE ANAHTARLAMA DENKLEMLERINI
C     HESAPLAR.
C
      SUBROUTINE FORM(NS,NS1,EBE,LASP,NOSV,NOBCR,DOOUT
     *,DOIS,ROE,COE,ROEE,COEE,ROEEE,COEEE,E,EE,EEE)
      DIMENSION LASP(1),E(1),
     *EE(1),EEE(1),EGFEI(15000),EEEGFI(15000),EEGFEI(15000)
```

```
     *,CQM(1000),EEEGG4(25000),ICOEEE(1000),MATQ(1000),CSVVV(1000),
     *VOJK(1000),MATF(1000),MATG(1000),MATGB(1000),TT(5000)
     *,AK(1000),AL(1000),EEGFEA(15000),EEEGGA(25000),
     *MATQA(1000),TTA(1000),VOJKA(1000),ICOEEEA(1000)
      INTEGER DOOUT,DOIS,COE,ROE,ROEE,COEE,ROEEy,ROEEEy
     *,ROEEE,COEEE,UPLIM,CQM,CSVVV,VOJK,TT,VOJKA,TTA
      REAL MATF,MATG,MATGB
      DO 434 LL=1,(NSI*ROEEE*COEEE*(NOSV+1))
  434 EEEGFI(LL)=0.
      CALL CALFEI (NS,NSI,LASP,COEEE,ROEEE,NOSV,ROE,COE,
     *NOBCR,DOOUT,E,DOIS,EEE,EGFEI,ROEE,COEE,EEGFEI,EE,EEEGFI)
      JNOSV=NOSV+1
      DO 433 LL=1,(NSI*JNOSV*ROEEE*COEEE*2)
  433 EEEGG4(LL)=0.
      DO 33 L=1,NSI
      CALL ERO (EGFEI,EEGFEI,EEEGFI,COE,ROE,COEE,ROEE,COEEE,ROEEE,L,EEE)
   71 CALL RECORD (EGFEI,EEGFEI,EEEGFI,ROE,COE,ROEE,COEE,ROEEE,COEEE,L)
      KL=L*ROE*COE
      IF(EGFEI(KL).EQ.0.) GO TO 21
      GO TO 22
   21 CALL ISLEM (EGFEI,EEGFEI,EEEGFI,ROE,COE,ROEE,NOSV,ROEEE,
     *COEEE,L,CQM,EEEGG4,NSI,ICOEEE,MATQ,CSVVV,VOJK,EEE)
      GO TO 33
   22 CALL INVERO (EGFEI,EEGFEI,EEEGFI,COE,ROE,COEE,ROEE,COEEE,
     *ROEEE,L,EEE)
      DO 74 JMI=1,COE
      KEY=(L-1)*ROE*COE+(JMI-1)*ROE+JMI
      IF(EGFEI(KEY).EQ.0.) GO TO 71
   74 CONTINUE
      CALL CONTRO (VOJK,JNOSV,COEEE,ROEEE,NSI,EEEGG4,EEEGFI,NOSV,
     *CQM,CSVVV,MATQ,ICOEEE,L)
   33 CONTINUE
C
C     ICOEEE(L) MATQ ILE GOSTERILEN Q-1 MATRISININ SATIR SAYISIDIR.
C
      CALL PRINT (NSI,ICOEEE,EEGFEI,ROEE,COEEE,JNOSV,EEEGG4,ROEEE,
     *DOIS,CSVVV,NOSV,COEE,DOOUT,NS)
C
C     VOJK(L) HER SISTEM DURUMU ICIN EN YUKSEK DERECEDEN KAYNAK
C     TUREVININ DEGERIDIR.
C
      CALL YYE (EEEGG4,EEGFEI,CSVVV,NSI,NS,DOOUT,DOIS,NOSV)
      CALL ANAH (NS,NSI,LASP,NOSV,ROEE,DOOUT,EEGFEI,COEEE,ROEEE,
     *EEEGG4,MATQ,VOJK,ICOEEE,MATF,MATG,MATGB,DOIS)
      RETURN
      END
C
      SUBROUTINE ANAH (NS,NSI,LASP,NOSV,ROEE,DOOUT,EEGFEI,COEEE,ROEEE,
     *EEEGG4,MATQ,VOJK,ICOEEE,MATF,MATG,MATGB,DOIS)
      DIMENSION LASP(1),EEGFEI(1),EEEGG4(1),MATQ(1),VOJK(1),
     *ICOEEE(1),TT(5000),EEGFEA(15000),EEEGGA(25000),MATQA(1000),
     *TTA(1000),VOJKA(1000),ICOEEEA(1000),AK(1000),AL(1000),
     *MATF(1000),MATG(1000),MATGB(1000)
      INTEGER DOOUT,DOIS,ROEE,COEE,ROEEY,ROEEEY,ROEEE,COEEE,VOJK,TT,
     *VOJKA,TTA
      REAL MATF,MATG,MATGB
      DO 999 I=1,NS*NS*NSI
      TT(I)=0.
  999 CONTINUE
      DO 925 K=1,NSI
      DO 925 I=1,NS
      JJK=(K-1)*(NS*NS)+(I-1)*NS+I
      KI=((I-1)*NSI)+K
      IF(LASP(KI).EQ.0.) GO TO 910
      GO TO 925
  910 TT(JJK)=1.
  925 CONTINUE
      DO 400 I=1,NOSV*(ROEE-DOOUT+1)*NSI
      EEGFEA(I)=EEGFEI(I)
  400 CONTINUE
      DO 401 I=1,(NOSV+1)*COEEE*NSI*(ROEEE-DOOUT+1)
      EEEGGA(I)=EEEGG4(I)
  401 CONTINUE
      DO 402 I=1,NOSV*NOSV*NSI
      MATQA(I)=MATQ(I)
  402 CONTINUE
      DO 502 I=1,NS*NS*NSI
      TTA(I)=TT(I)
  502 CONTINUE
      DO 403 I=1,NSI
      VOJKA(I)=VOJK(I)
      ICOEEEA(I)=ICOEEE(I)
  403 CONTINUE
      II=1.
      DO 10 I=1,(NSI-1)
      N=NSI-I
      DO 11 J=1,N
      AK(II)=I
      AL(II)=I+J
      II=II+1
   11 CONTINUE
   10 CONTINUE
      DO 12 I=1,(NSI*(NSI-1))/2
```

```
      K1=AK(I)
      L1=AL(I)
      KK=0
      DO 13 J=(K1-1)*(ROEE-DOOUT+1)*NOSV+1,K1*(ROEE-DOOUT+1)*NOSV
      KK=KK+1
      EEGFEI(KK)=EEGFEA(J)
   13 CONTINUE
      DO 14 J=(L1-1)*(ROEE-DOOUT+1)*NOSV+1,L1*(ROEE-DOOUT+1)*NOSV
      KK=KK+1
      EEGFEI(KK)=EEGFEA(J)
   14 CONTINUE
      KK=0
      J1=(K1-1)*(ROEEE-DOOUT+1)*COEEE*(NOSV+1)+1
      J2=K1*(ROEEE-DOOUT+1)*COEEE*(NOSV+1)
      DO 15 J=J1,J2
      KK=KK+1
      EEEGG4(KK)=EEEGGA(J)
   15 CONTINUE
      J3=(L1-1)*(ROEEE-DOOUT+1)*COEEE*(NOSV+1)+1
      J4=L1*(ROEEE-DOOUT+1)*COEEE*(NOSV+1)
      DO 16 J=J3,J4
      KK=KK+1
      EEEGG4(KK)=EEEGGA(J)
   16 CONTINUE
      KK=0
      DO 517 J=(K1-1)*NOSV*NOSV+1,K1*NOSV*NOSV
      KK=KK+1
      MATQ(KK)=MATQA(J)
  517 CONTINUE
      DO 518 J=(L1-1)*NOSV*NOSV+1,L1*NOSV*NOSV
      KK=KK+1
      MATQ(KK)=MATQA(J)
  518 CONTINUE
      KK=0
      DO 17 J=(K1-1)*NS*NS+1,K1*NS*NS
      KK=KK+1
      TT(KK)=TTA(J)
   17 CONTINUE
      DO 18 J=(L1-1)*NS*NS+1,L1*NS*NS
      KK=KK+1
      TT(KK)=TTA(J)
   18 CONTINUE
      VOIK(1)=VOIKA(K1)
      VOIK(2)=VOIKA(L1)
      ICOEEE(1)=ICOEEEA(K1)
      ICOEEE(2)=ICOEEEA(L1)
      NSB=2
      ROEEY=ROEE-DOOUT+1
      ROEEEY=ROEEE-DOOUT+1
      CALL SONUC (EEGFEI,EEEGG4,ICOEEE,TT,MATQ,VOIK,MATF,ROEEY,ROEEEY,
     *COEEE,NS,NOSV,NSB,DOIS,MATG,MATGB)
      CALL PRTSON (K1,L1,NSB,ICOEEE,MATF,NOSV,VOIK,MATG,DOIS,MATGB)
   12 CONTINUE
      RETURN
      END
C
C     BU ALTPROGRAM HER SISTEM DURUMU ICIN BUTUN BASLANGIC
C     DENKLEMLERINI BIR VEKTORDE TOPLAR
C
      SUBROUTINE CALFEI (NS,NSI,LASP,COEEE,ROEEE,NOSV,
     *ROE,COE,NOBCR,DOOUT,E,DOIS,EEE,
     *EGFEI,ROEE,COEE,EEGFEI,EE,EEEGFI)
      DIMENSION LASP(1),EEEGFI(1),
     *E(1),EEE(1),EGFEI(1),EEGFEI(1),EE(1),L(5000)
      INTEGER COEEE,ROEEE,ROE,COE,DOOUT,DOIS,ROEE,COEE
     *,UPLIM
      DO 20 K=1,NS*NSI
      DO 20 LL=1,ROE
      LK=LL+(K-1)*ROE
      L(LK)=LASP(K)
   20 CONTINUE
      UPLIM=ROE*(NOSV+NOBCR+DOOUT)
      DO 50 I=1,UPLIM
      DO 50 J=1,NSI
      KJ=((J-1)*(ROE*COE))+I
      EGFEI(KJ)=E(I)
   50 CONTINUE
      LIK=NOSV+NOBCR+DOOUT
      KA=1
      DO 60 K=1,NSI
      DO 60 J=1,NS
      DO 60 I=1,ROE
      KJI=(((J-1+LIK)*ROE)+I)+(K-1)*ROE*COE
      IF (L(KA).EQ.0) GO TO 130
      GO TO 140
  130 EGFEI(KJI)=E((NOSV+DOOUT+J-1)*ROE+I)
      GO TO 61
  140 EGFEI(KJI)=-EEE((DOIS+J-1)*ROE+I)
   61 KA=KA+1
   60 CONTINUE
      LIMUP=ROEE*COEE
      DO 75 I=1,LIMUP
      DO 75 J=1,NSI
```

```
      KJ=((J-1)*LIMUP)+I
      EEGFEI(KJ)=EE(I)
   75 CONTINUE
      LFEEE=DOIS*ROE
      DO 78 I=1,LFEEE
      DO 78 J=1,NSI
      KJ=((J-1)*(ROE*COEEE))+I
      EEEGFI(KJ)=EEE(I)
   78 CONTINUE
      KB=1
      DO 60 K=1,NSI
      DO 60 J=1,NS
      DO 60 I=1,ROE
      KJI=(((J-1+DOIS)*ROE)+I)+(K-1)*ROE*COEEE
      IF (L(KB).EQ.0) GO TO 170
      GO TO 160
  170 EEEGFI(KJI)=EEE((DOIS+J-1)*ROE+I)
      GO TO 171
  160 EEEGFI(KJI)=-E((NOSV+DOOUT+J-1)*ROE+I)
  171 KB=KB+1
   60 CONTINUE
      RETURN
      END
C
C     BU ALTPROGRAM ELEMENTER ROW OPERASYONU UYGULAYARAK MATRISI
C     UST UCGEN FORMA GETIRIR
C
      SUBROUTINE ERO (AMAT,BMAT,CMAT,COES,ROES,COEES,ROEES,COEEES,
     *ROEEES,L,EB)
      DIMENSION AMAT(1),BMAT(1),CMAT(1)
      INTEGER COES,ROES,COEES,ROEES,COEEES,ROEEES,COE1,ROE1,ROE2
      COE1=COES-1
      DO 1 I=1,COE1
      M=I+1
      DO 2 K=M,ROES
      KJ=(I-1)*ROES+K+(L-1)*ROES*COES
      KI=(I-1)*ROES+I+(L-1)*ROES*COES
      IF(AMAT(KI).NE.0.)GO TO 14
      KLT=KI+1
    9 IF(AMAT(KLT) EQ.0.) GO TO 7
      GO TO 8
    7 KLT=KLT+1
      ROE2=((L-1)*ROES*COES)+ROES*I
      IF(KLT.GT.ROE2) GO TO 1
      GO TO 9
    8 ROE1=(L-1)*ROES*COES+ROES
      IF(KLT.LE.ROE1) GO TO 19
   15 KLT=KLT-ROES
      KI=KI-ROES
      IF(KLT.GT.ROE1) GO TO 15
   19 DO 12 J=1,COES
      KTJ=((J-1)*ROES)+KLT
      KTM=((J-1)*ROES)+KI
      A=AMAT(KTJ)
      AMAT(KTJ)=AMAT(KTM)
      AMAT(KTM)=A
   12 CONTINUE
      DO 13 J=1,COEES
      KLT1=KLT-(L-1)*ROES*COES
      KI1=KI-(L-1)*ROES*COES
      KTJ1=(J-1)*ROEES+KLT1+(L-1)*ROEES*COEES
      KTM1=(J-1)*ROEES+KI1+(L-1)*ROEES*COEES
      A=BMAT(KTJ1)
      BMAT(KTJ1)=BMAT(KTM1)
      BMAT(KTM1)=A
   13 CONTINUE
      DO 14 J=1,COEEES
      KTJ2=(J-1)*ROEEES+KLT1+(L-1)*ROEEES*COEEES
      KTM2=(J-1)*ROEEES+KI1+(L-1)*ROEEES*COEEES
      A=CMAT(KTJ2)
      CMAT(KTJ2)=CMAT(KTM2)
      CMAT(KTM2)=A
   14 CONTINUE
   14 IF(AMAT(KJ).EQ.0.) GO TO 2
      CARP=AMAT(KJ)/AMAT(KI)
      DO 3 J=1,COES
      KLI=(J-1)*ROES+I+(L-1)*ROES*COES
      KLM=(J-1)*ROES+K+(L-1)*ROES*COES
      AMAT(KLM)=AMAT(KLM)-(AMAT(KLI)*CARP)
      IF(ABS(AMAT(KLM)).LT.EB) GO TO 31
      GO TO 3
   31 AMAT(KLM)=0.
    3 CONTINUE
      DO 4 J=1,COEES
      KLI=(J-1)*ROEES+I+(L-1)*ROEES*COEES
      KLM=(J-1)*ROEES+K+(L-1)*ROEES*COEES
      BMAT(KLM)=BMAT(KLM)-(BMAT(KLI)*CARP)
      IF(ABS(BMAT(KLM)).LT.EB) GO TO 32
      GO TO 4
   32 BMAT(KLM)=0.
    4 CONTINUE
      DO 5 J=1,COEEES
      KLI=(J-1)*ROEEES+I+(L-1)*ROEEES*COEEES
```

```
      KLM=(J-1)*ROEEES+K+(L-1)*ROEEES*COEEES
      CMAT(KLM)=CMAT(KLM)-(CMAT(KLI)*CARP)
      IF(ABS(CMAT(KLM)).LT.EE) GO TO 33
      GO TO 5
   33 CMAT(KLM)=0.
    5 CONTINUE
    2 CONTINUE
    1 CONTINUE
      RETURN
      END
C
C     BU ALTPROGRAM TUM ELEMANLARI SIFIR OLAN SATIRLARI MATRISIN
C     EN ALTINA GELECEK SEKILDE TEKRAR DUZENLER.
C
      SUBROUTINE REORD (AMAT1,BMAT1,CMAT1,ROES2,COES2,ROEES2,COEES2,
     *ROEEE2,COEEE2,L)
      DIMENSION AMAT1(1),BMAT1(1),CMAT1(1),A(2500),B(2500),
     *C(2500)
      INTEGER ROES2,COES2,ROEES2,COEES2,ROEEE2,COEEE2,ROES1,ROEES1,
     *ROEEE1
   40 DO 20 K=1,ROES2
      DO 30 J=1,COES2
      KL=K+(J-1)*ROES2+(L-1)*ROES2*COES2
      IF(AMAT1(KL).EQ.0.) GO TO 30
      GO TO 20
   30 CONTINUE
      NOO=0
      DO 32 I=K,ROES2
      DO 32 J=1,COES2
      KI=(L-1)*ROES2*COES2+(J-1)*ROES2+I
      IF(AMAT1(KI).EQ.0.) GO TO 33
      GO TO 32
   33 NOO=NOO+1
   32 CONTINUE
      KTCO=COES2*(ROES2-K+1)
      IF(NOO.EQ.KTCO) GO TO 6
      DO 35 I=1,COES2
      KL=(L-1)*ROES2*COES2+(I-1)*ROES2+K
      A(I)=AMAT1(KL)
   35 CONTINUE
      ROES1=ROES2-1
      DO 40 M=K,ROES1
      DO 40 II=1,COES2
      KL=(L-1)*ROES2*COES2+(II-1)*ROES2+M
      KM=KL+1
      AMAT1(KL)=AMAT1(KM)
   40 CONTINUE
      DO 45 I=1,COES2
      KL=(L-1)*ROES2*COES2+I*ROES2
      AMAT1(KL)=A(I)
   45 CONTINUE
      DO 50 I=1,COEES2
      KL=(L-1)*ROEES2*COEES2+(I-1)*ROEES2+K
      B(I)=BMAT1(KL)
   50 CONTINUE
      ROEES1=ROEES2-1
      DO 55 M=K,ROEES1
      DO 55 II=1,COEES2
      KL=(L-1)*ROEES2*COEES2+(II-1)*ROEES2+M
      KM=KL+1
      BMAT1(KL)=BMAT1(KM)
   55 CONTINUE
      DO 60 I=1,COEES2
      KL=(L-1)*ROEES2*COEES2+I*ROEES2
      BMAT1(KL)=B(I)
   60 CONTINUE
      DO 65 I=1,COEEE2
      KL=(L-1)*ROEEE2*COEEE2+(I-1)*ROEEE2+K
      C(I)=CMAT1(KL)
   65 CONTINUE
      ROEEE1=ROEEE2-1
      DO 70 M=K,ROEEE1
      DO 70 II=1,COEEE2
      KL=(L-1)*ROEEE2*COEEE2+(II-1)*ROEEE2+M
      KM=KL+1
      CMAT1(KL)=CMAT1(KM)
   70 CONTINUE
      DO 75 I=1,COEEE2
      KL=(L-1)*ROEEE2*COEEE2+I*ROEEE2
      CMAT1(KL)=C(I)
   75 CONTINUE
      GO TO 80
   20 CONTINUE
    6 CONTINUE
      RETURN
      END
C
C     BU ALTPROGRAM E MATRISININ SINGULER OLMASI DURUMUNDA DERVISOGLU
C     ALGORITMASININ UYGULANMASI ICIN CAGRILIR.HANGI DEGISKENLERIN E-
C     LENIP HANGILERININ DURUM DEGISKENI OLARAK KALDIGI CIKISTAKI
C     CSVVV VEKTORUNDEN ANLASILMAKTADIR.
C
      SUBROUTINE ISLEM (AMAT4,BMAT4,CMAT4,ROES4,COES4,ROEES4,NOSV,
```

```
     *ROEES4,COEES4,L,CSV,CMATG4,NS1,ICOEE,IQMAT,CSVV,KKSD,EBI)
      DIMENSION CSV(1),AMAT4(1),BMAT4(1),AA(2000),B(2000),
     *C(2000),DG(2000),DGI(2000),P1(2000),P2(2000),BI(2000),BIB(2000),
     *B2(2000),B2B(2000),C1(2000),CMAT4(1),C2(2000),RES(2000),
     *RES1(2000),RES2(2000),RES3(2000),RES4(2000),RES5(2000),
     *B2BIN(2000),RES6(2000),RES7(2000),VECALT(2000),VECUST(2000),
     *VECPA(2000),VECRA(2000),VECRU(2000),RES8(2000),RES9(2000),
     *RES10(2000),CMATG4(1),ICOEE(1),JISS(2000),AMATR4(2000)
     *,CMATAG(2000),IQMAT(1),CSVV(1),KKSD(1)
      INTEGER COEES4,ROES4,COES4,ROEES4,COES1,COEES1,COEEE4,ROEEE4,AA,
     *CSV,CSVV
      COEES4=NOSV
      DO 1 I=1,NOSV
      CSV(I)=0
    1 CONTINUE
      ICOEE(L)=NOSV
      JISS(L)=0
      KSD=1
   96 LCL=0
      DO 2 K=1,ROES4
      DO 2 J=1,COES4
      KL=(ROES4*COES4-K+1)-(J-1)*ROES4
      KLI=(L-1)*ROES4*COES4+KL
      IF (AMAT4(KLI).EQ.0.) GO TO 4
      GO TO 5
    4 LCL=LCL+1
    2 CONTINUE
    5 NC=LCL/ROES4
      DO 21 II=1,NOSV
      AA(II)=0
   21 CONTINUE
      LIMCO=COEES4-NC+1
      DO 9 II=1,LIMCO
      DO 10 I=1,NC
      KL=(ROEES4*COEES4-I+1)-(II-1)*ROEES4
      KLI=(L-1)*ROEES4*NOSV+KL
      IF (BMAT4(KLI).EQ.0.) GO TO 10
      KCK=II
      AA(KCK)=KSD
      GO TO 11
   10 CONTINUE
    9 CONTINUE
      GO TO 188
   11 IF(NC.EQ.1) GO TO 20
      DO 12 I=1,NC
      KL=(ROEES4*COEES4-I+1)-(KCK-1)*ROEES4+(L-1)*ROEES4*NOSV
      B(I)=BMAT4(KL)
      C(I)=B(I)
   12 CONTINUE
      KAL=KCK+1
      III=0
      DO 13 K=KAL,COEES4
      DO 14 I=1,NC
      KL=(ROEES4*COEES4-I+1)-(K-1)*ROEES4
      KLI=(L-1)*ROEES4*NOSV+KL
      IJ=(K-III-KCK)*NC+I
      B(IJ)=BMAT4(KLI)
      C(IJ)=B(IJ)
   14 CONTINUE
      KLK=K-III-KCK+1
      CALL RANK (C,NC,KLK,EBI)
      CARP=1.
      DO 15 KKK=1,KLK
      KT1=(KKK-1)*NC+KKK
      CARP=CARP*C(KT1)
   15 CONTINUE
      KLS=KLK*NC
      DO 19 I=1,KLS
      C(I)=B(I)
   19 CONTINUE
      IF(CARP.EQ.0.) GO TO 16
      GO TO 17
   16 III=III+1
      GO TO 13
   17 AA(K)=KSD
      ISUM=0
      DO 18 I=1,K
      IF(AA(I).EQ.0) GO TO 18
      ISUM=ISUM+1
   18 CONTINUE
      IF(ISUM.EQ.NC) GO TO 20
   13 CONTINUE
  188 WRITE(3,*) 'L',L
      WRITE(3,100)
  100 FORMAT (//////,5X,'HATALI GIRIS BILGISI VARDIR',//////)
      GO TO 88
   20 IF(KSD.EQ.1) GO TO 26
      DO 22 I=1,NOSV
      IF(AA(I).EQ.0) GO TO 22
      JSUM=0
      DO 23 K=I,NOSV
      IF(CSV(K).EQ.0) GO TO 24
      GO TO 23
```

```
24 ISUM=ISUM+1
   IF(ISUM.NE.I) GO TO 23
   CSV(K)=AA(I)
   GO TO 22
23 CONTINUE
22 CONTINUE
   GO TO 28
26 DO 27 I=1,NOSV
   CSV(I)=AA(I)
27 CONTINUE
28 K=0
   DO 29 IL=1,COEES4
   KL=COEES4-IL+1
   IF(AA(KL).EQ.0) GO TO 29
   DO 30 J=1,ROES4
   KT=(L-1)*ROES4*COES4+(IL-K-1)*ROES4+J
   DG(J)=AMAT4(KT)
30 CONTINUE
   COES1=COES4-1
   ILL=IL-K
   DO 31 M=ILL,COES1
   DO 31 II=1,ROES4
   KT1=(L-1)*ROES4*COES4+(M-1)*ROES4+II
   KT2=(L-1)*ROES4*COES4+M*ROES4+II
   AMAT4(KT1)=AMAT4(KT2)
31 CONTINUE
   DO 32 I=1,ROES4
   KL=(L-1)*ROES4*COES4+(COES4-1)*ROES4+I
   AMAT4(KL)=DG(I)
32 CONTINUE
   COEES1=COEES4-1
   IF(ILL.GT.COEES1) GO TO 69
   DO 33 J=1,ROEES4
   KT=(L-1)*ROEES4*NOSV+(ILL-1)*ROEES4+J
   DG1(J)=BMAT4(KT)
33 CONTINUE
   DO 34 M=ILL,COEES1
   DO 34 II=1,ROEES4
   KT1=(L-1)*ROEES4*NOSV+(M-1)*ROEES4+II
   KT2=(L-1)*ROEES4*NOSV+M*ROEES4+II
   BMAT4(KT1)=BMAT4(KT2)
34 CONTINUE
   DO 35 I=1,ROEES4
   KL=(L-1)*ROEES4*NOSV+(COEES4-1)*ROEES4+I
   BMAT4(KL)=DG1(I)
35 CONTINUE
69 K=K+1
29 CONTINUE
   NLM=ROES4-NC
   NLI=COEES4-NC
   DO 36 I=1,NLI
   DO 36 J=1,NLM
   KL=(I-1)*NLM+J
   KT=(I-1)*ROES4+J+(L-1)*ROES4*COES4
   P1(KL)=AMAT4(KT)
36 CONTINUE
   DO 38 I=1,NC
   DO 38 J=1,NLM
   KL=(I-1)*NLM+J
   KT=ROES4*(COES4-NC)+(I-1)*ROES4+J+(L-1)*ROES4*COES4
   P3(KL)=AMAT4(KT)
38 CONTINUE
   NKM=ROEES4-NC
   DO 39 I=1,NLI
   DO 39 J=1,NKM
   KL=(I-1)*NKM+J
   KT=(I-1)*ROEES4+J+(L-1)*NOSV*ROEES4
   B1(KL)=BMAT4(KT)
39 CONTINUE
   DO 40 I=1,NC
   DO 40 J=1,NKM
   KL=(I-1)*NKM+J
   KT=NLI*ROEES4+(I-1)*ROEES4+J+(L-1)*NOSV*ROEES4
   B1B(KL)=BMAT4(KT)
40 CONTINUE
   DO 41 I=1,NLI
   DO 41 J=1,NC
   KL=(I-1)*NC+J
   KT=(I-1)*ROEES4+J+NKM+(L-1)*NOSV*ROEES4
   B2(KL)=BMAT4(KT)
41 CONTINUE
   DO 42 I=1,NC
   DO 42 J=1,NC
   KL=(I-1)*NC+J
   KT=ROEES4*NLI+(I-1)*ROEES4+J+NKM+(L-1)*NOSV*ROEES4
   B2B(KL)=BMAT4(KT)
42 CONTINUE
   NTS=ROEEE4-NC
   DO 43 I=1,COEEE4
   DO 43 J=1,NTS
   KL=(I-1)*NTS+J
   KT=(I-1)*ROEEE4+J+(L-1)*COEEE4*ROEEE4
   C1(KL)=CMAT4(KT)
```

```
43 CONTINUE
   DO 44 I=1,COEEE4
   DO 44 J=1,NC
   KL=(I-1)*NC+J
   KT=(I-1)*ROEEE4+J+NTS+(L-1)*COEEE4*ROEEE4
   C2(KL)=CMAT4(KT)
44 CONTINUE
   CALL INVERS (B2B,NC,B2BIN,EBI)
   CALL MULTIP (B2BIN,B2,RES,NC,NC,NLI)
   CALL MULTIP (P3,RES,RES1,NLM,NC,NLI)
   DO 45 I=1,NLI
   DO 45 J=1,NLM
   KL=(I-1)*NLM+J
   KT=(I-1)*ROES4+J+(L-1)*ROES4*COES4
   AMAT4(KT)=P1(KL)-RES1(KL)
45 CONTINUE
   DO 46 I=1,NC
   DO 46 J=1,NLM
   KT=ROES4*(COES4-NC)+(I-1)*ROES4+J+(L-1)*ROES4*COES4
   AMAT4(KT)=0.
46 CONTINUE
   DO 47 I=1,NC
   KT=ROES4*NLM+NLM+I+(I-1)*ROES4+(L-1)*ROES4*COES4
   AMAT4(KT)=1.
47 CONTINUE
   CALL MULTIP (B1B,B2BIN,RES2,NKM,NC,NC)
   CALL MULTIP (RES2,B2,RES3,NKM,NC,NLI)
   DO 48 I=1,NLI
   DO 48 J=1,NKM
   KL=(I-1)*NKM+J
   KT=(I-1)*ROEES4+J+(L-1)*NOSV*ROEES4
   BMAT4(KT)=B1(KL)-RES2(KL)
48 CONTINUE
   DO 49 I=1,NLI
   DO 49 J=1,NC
   KL=(I-1)*NC+J
   KT=(I-1)*ROEES4+J+NKM+(L-1)*NOSV*ROEES4
   BMAT4(KT)=0.-RES(KL)
49 CONTINUE
   NR=ROEEE4-NC
   JJNOSV=NOSV+1
   DO 52 I=1,JJNOSV
   DO 52 K=1,COEEE4
   DO 52 J=1,NC
   KL=(I-1)*ROEEE4*COEEE4*NSI+(L-1)*ROEEE4*COEEE4+
  *(K-1)*ROEEE4+J+NR
   KL1=(I-1)*COEEE4*NC+(K-1)*NC+J
   VECALT(KL1)=CMAT4(KL)
52 CONTINUE
   DO 53 I=1,JJNOSV
   DO 53 K=1,COEEE4
   DO 53 J=1,NR
   KL=(I-1)*ROEEE4*COEEE4*NSI+(L-1)*ROEEE4*COEEE4+
  *(K-1)*ROEEE4+J
   KL1=(I-1)*COEEE4*NR+(K-1)*NR+J
   VECUST(KL1)=CMAT4(KL)
53 CONTINUE
   CALL MULTIP (B1B,B2BIN,RES4,NKM,NC,NC)
   CALL MULTIP (RES4,C2,RES5,NKM,NC,COEEE4)
   DO 50 I=1,COEEE4
   DO 50 J=1,NR
   KL=(I-1)*NR+J
   KT=(I-1)*ROEEE4+J+(L-1)*COEEE4*ROEEE4
   CMAT4(KT)=C1(KL)-RES5(KL)
50 CONTINUE
   CALL MULTIP (B2BIN,C2,RES6,NC,NC,COEEE4)
   DO 51 I=1,COEEE4
   DO 51 J=1,NC
   KL=(I-1)*NC+J
   KT=(I-1)*ROEEE4+J+NR+(L-1)*COEEE4*ROEEE4
   CMAT4(KT)=0.-RES6(KL)
51 CONTINUE
   DO 54 I=1,NOSV
   DO 55 K=1,COEEE4
   DO 55 J=1,NC
   KLK2=(K-1)*NC+J
   KLK=(I-1)*COEEE4*NC+KLK2
   KLK1=I*COEEE4*NC+KLK2
   VECPA(KLK2)=VECALT(KLK)
   VECRA(KLK2)=VECALT(KLK1)
55 CONTINUE
   DO 56 K=1,COEEE4
   DO 56 J=1,NR
   KTS=I*COEEE4*NR+(K-1)*NR+J
   KTS1=(K-1)*NR+J
   VECRU(KTS1)=VECUST(KTS)
56 CONTINUE
   CALL MULTIP (P3,B2BIN,RES7,NLM,NC,NC)
   CALL MULTIP (RES7,VECPA,RES8,NLM,NC,COEEE4)
   CALL MULTIP (RES4,VECRA,RES9,NKM,NC,COEEE4)
   DO 57 K=1,COEEE4
   DO 57 J=1,NR
   KY=I*COEEE4*ROEEE4*NSI+(K-1)*ROEEE4+J+(L-1)*ROEEE4*COEEE4
```

```
      KY1=(K-1)*NR+J
      CMAT4(KY)=VECRU(KY1)-RES9(KY1)+RES6(KY1)
   57 CONTINUE
      CALL MULTIP (B2BIN,VECRA,RES10,NC,NC,COEEE4)
      DO 58 K=1,COEEE4
      DO 58 I=1,NC
      KY2=(K-1)*NC+I
      KY3=I*COEEE4*ROEEE4*NSI+(K-1)*ROEEE4+I+NR+(L-1)*ROEEE4*COEEE4
      CMAT4(KY3)=0.-RES10(KY2)
   58 CONTINUE
   54 CONTINUE
      LIMNI=ROES4*COES4
      DO 66 I=1,LIMNI
      KL=(L-1)*ROES4*COES4+I
      AMATR4(I)=AMAT4(KL)
   66 CONTINUE
      CALL RANK (AMATR4,ROES4,COES4,EBI)
      CARP1=1.
      DO 59 I=1,COES4
      KT2=(I-1)*ROES4+I
      CARP1=CARP1*AMATR4(KT2)
   59 CONTINUE
      IJSS(L)=IJSS(L)+NC
      ICOEE(L)=NOSV-IJSS(L)
      IF (CARP1.EQ.0.)GO TO 60
      GO TO 61
   60 COEES4=COEES4-NC
      IF (COEES4.EQ.0.) GO TO 63
      KSD=KSD+1
      DO 64 I=1,IJNOSV
      DO 64 J=1,COEEE4
      DO 64 K=1,ROEEE4
      KL=(L-1)*ROEEE4*COEEE4+(I-1)*ROEEE4*COEEE4*NSI+(J-1)*ROEEE4+K
      KT=(I-1)*COEEE4*ROEEE4+(J-1)*ROEEE4+K+(L-1)*ROEEE4*COEEE4*IJNOSV
      CMATAG(KT)=CMAT4(KL)
   64 CONTINUE
      LCOE=COEEE4*IJNOSV
      CALL ERO (AMAT4,BMAT4,CMATAG,COES4,ROES4,NOSV,ROEES4,LCOE,ROEEE4
     *,L,EBI)
C     CALL INVERO (AMAT4,BMAT4,CMATAG,COES4,ROES4,NOSV,ROEES4,LCOE,
C    *ROEEE4,L,EBI)
      CALL RECORD (AMAT4,BMAT4,CMATAG,ROES4,COES4,ROEES4,NOSV,ROEEE4,
     *LCOE,L)
      DO 65 I=1,IJNOSV
      DO 65 J=1,COEEE4
      DO 65 K=1,ROEEE4
      KL=(L-1)*ROEEE4*COEEE4+(I-1)*ROEEE4*COEEE4*NSI+(J-1)*ROEEE4+K
      KT=(I-1)*COEEE4*ROEEE4+(J-1)*ROEEE4+K+(L-1)*ROEEE4*COEEE4*IJNOSV
      CMAT4(KL)=CMATAG(KT)
   65 CONTINUE
      GO TO 98
   61 DO 62 I=1,IJNOSV
      DO 62 J=1,COEEE4
      DO 62 K=1,ROEEE4
      KL=(L-1)*ROEEE4*COEEE4+(I-1)*ROEEE4*COEEE4*NSI+(J-1)*ROEEE4+K
      KT=(I-1)*COEEE4*ROEEE4+(J-1)*ROEEE4+K+(L-1)*ROEEE4*COEEE4*IJNOSV
      CMATG4(KT)=CMAT4(KL)
   62 CONTINUE
      NOSSS=NOSV*NOSV
      DO 144 I=1,NOSSS
      KL=(L-1)*NOSSS+I
      IQMAT(KL)=0
  144 CONTINUE
      IISUM=0
      DO 72 K=1,NOSV
      KK=K-1
      DO 72 I=NOSV,1,-1
      IF(CSV(I).EQ.KK) GO TO 73
      GO TO 72
   73 IISUM=IISUM+1
      KL=(L-1)*NOSV*NOSV+(NOSV-I)*NOSV+IISUM
      IQMAT(KL)=1
   72 CONTINUE
      DO 81 I=1,NOSV
      KL=(L-1)*NOSV+I
      CSVV(KL)=CSV(I)
   81 CONTINUE
      KKSD(L)=KSD
      ICOE=COEEE4*IJNOSV
      CALL ERO (AMAT4,BMAT4,CMATG4,COES4,ROES4,NOSV,ROEES4,ICOE,
     *ROEEE4,L,EBI)
      CALL INVERO (AMAT4,BMAT4,CMATG4,COES4,ROES4,NOSV,ROEES4,
     *ICOE,ROEEE4,L,EBI)
   63 RETURN
      END
C
C     BU ALTPROGRAM UST UCGEN MATRISI DIAGONAL FORMA (BIRIM MATRIS
C     FORMUNA) GETIRIR.
C
      SUBROUTINE INVERO (AMAT3,BMAT3,CMAT3,COES3,ROES3,COEES3,ROEES3,
     *COEEE3,ROEEE3,L,EB)
      DIMENSION AMAT3(1),BMAT3(1),CMAT3(1),A(2500)
      INTEGER COE1,COES3,ROES3,COEES3,ROEES3,COEEE3,ROEEE3
```

```
      COE1=COES3-1
      DO 1 I=1,COE1
      M=I+1
      DO 2 K=M,ROES3
      KJ=(I-1)*ROES3+K
      KI=(I-1)*ROES3+I
      KJ3=L*ROES3*COES3-KJ+1
      KI3=L*ROES3*COES3-KI+1
      IF (AMAT3(KI3).NE.0.) GO TO 18
      GO TO 1
   18 IF(AMAT3(KJ3).EQ.0.) GO TO 2
      CARP=AMAT3(KJ3)/AMAT3(KI3)
      DO 3 J=1,COES3
      KLI=(I-1)*ROES3+(ROES3-I+1)+(L-1)*ROES3*COES3
      KLM=(I-1)*ROES3+(ROES3-K+1)+(L-1)*ROES3*COES3
      AMAT3(KLM)=AMAT3(KLM)-(AMAT3(KLI)*CARP)
      IF(ABS(AMAT3(KLM)).LT.EB) GO TO 41
      GO TO 3
   41 AMAT3(KLM)=0.
    3 CONTINUE
      DO 4 J=1,COEES3
      KLI=(I-1)*ROEES3+(ROEES3-I+1)+(L-1)*ROEES3*COEES3
      KLM=(I-1)*ROEES3+(ROEES3-K+1)+(L-1)*ROEES3*COEES3
      BMAT3(KLM)=BMAT3(KLM)-(BMAT3(KLI)*CARP)
      IF(ABS(BMAT3(KLM)).LT.EB) GO TO 42
      GO TO 4
   42 BMAT3(KLM)=0.
    4 CONTINUE
      DO 5 J=1,COEEE3
      KLI=(I-1)*ROEEE3+(ROEEE3-I+1)+(L-1)*ROEEE3*COEEE3
      KLM=(I-1)*ROEEE3+(ROEEE3-K+1)+(L-1)*ROEEE3*COEEE3
      CMAT3(KLM)=CMAT3(KLM)-(CMAT3(KLI)*CARP)
      IF(ABS(CMAT3(KLM)).LT.EB) GO TO 43
      GO TO 5
   43 CMAT3(KLM)=0.
    5 CONTINUE
    2 CONTINUE
    1 CONTINUE
      DO 6 J=1,COES3
      KL=(L-1)*ROES3*COES3+(I-1)*ROES3+I
      IF(AMAT3(KL).EQ.0.0) GO TO 61
      A(J)=AMAT3(KL)
      AMAT3(KL)=1.
    6 CONTINUE
      DO 7 J=1,ROEES3
      DO 7 I=1,COEES3
      KL=(L-1)*ROEES3*COEES3+(I-1)*ROEES3+J
      BMAT3(KL)=BMAT3(KL)/A(J)
    7 CONTINUE
      DO 8 J=1,ROEEE3
      DO 8 I=1,COEEE3
      KL=(L-1)*ROEEE3*COEEE3+(I-1)*ROEEE3+J
      CMAT3(KL)=CMAT3(KL)/A(J)
    8 CONTINUE
   61 RETURN
      END
C
C     BU ALTPROGRAM BIR MATRISIN(AMAT5) RANKINI TEBPIT EDER
C     ROAMAT,AMAT5 MATRISININ SATIR SAYISI
C     COAMAT,AMAT5 MATRISININ KOLON SAYISI
C
      SUBROUTINE RANK (AMAT5,ROAMAT,COAMAT,EB)
      DIMENSION AMAT5(1),A(2500)
      INTEGER ROAMAT,COAMAT,COA1,ROE2,ROE1,ROE51
      COA1=COAMAT-1
      DO 1 I=1,COA1
      M=I+1
      DO 2 K=M,ROAMAT
      KJ=(I-1)*ROAMAT+K
      KI=(I-1)*ROAMAT+I
      IF(AMAT5(KI).NE.0.) GO TO 18
      KLT=KI+1
    9 IF(AMAT5(KLT).EQ.0.) GO TO 7
      GO TO 8
    7 KLT=KLT+1
      ROE2=ROAMAT*I
      IF(KLT.GT.ROE2) GO TO 1
      GO TO 9
    8 ROE1=ROAMAT
      IF(KLT.LE.ROE1) GO TO 19
   15 KLT=KLT-ROAMAT
      KI=KI-ROAMAT
      IF(KLT.GT.ROE1) GO TO 15
   19 DO 12 J=1,COAMAT
      KTJ=((J-1)*ROAMAT)+KLT
      KTM=((J-1)*ROAMAT)+KI
      B=AMAT5(KTJ)
      AMAT5(KTJ)=AMAT5(KTM)
      AMAT5(KTM)=B
   12 CONTINUE
   18 IF(AMAT5(KJ).EQ.0.) GO TO 2
      CARP=AMAT5(KJ)/AMAT5(KI)
      DO 3 J=1,COAMAT
```

```
      KLI=(J-1)*ROAMAT+I
      KLM=(J-1)*ROAMAT+K
      AMAT5(KLM)=AMAT5(KLM)-(AMAT5(KLI)*CARP)
      IF(ABS(AMAT5(KLM)).LT.EB) GO TO 91
      GO TO 3
   91 AMAT5(KLM)=0.
    3 CONTINUE
    2 CONTINUE
    1 CONTINUE
   40 DO 20 K=1,ROAMAT
      DO 30 J=1,COAMAT
      KL=K+(J-1)*ROAMAT
      IF(AMAT5(KL).EQ.0.) GO TO 30
      GO TO 20
   30 CONTINUE
      NOO=0
      DO 32 I=K,ROAMAT
      DO 32 J=1,COAMAT
      KJ=(J-1)*ROAMAT+I
      IF(AMAT5(KJ).EQ.0.) GO TO 33
      GO TO 32
   33 NOO=NOO+1
   32 CONTINUE
      KTCO=COAMAT*(ROAMAT-K+1)
      IF(NOO.EQ KTCO) GO TO 6
      DO 35 I=1,COAMAT
      KL=(I-1)*ROAMAT+K
      A(I)=AMAT5(KL)
   35 CONTINUE
      ROES1=ROAMAT-1
      DO 40 M=K,ROES1
      DO 40 II=1,COAMAT
      KL=(II-1)*ROAMAT+M
      KM=KL+1
      AMAT5(KL)=AMAT5(KM)
   40 CONTINUE
      DO 45 I=1,COAMAT
      KL=I*ROAMAT
      AMAT5(KL)=A(I)
   45 CONTINUE
      GO TO 60
   20 CONTINUE
    6 RETURN
      END
C
C     BU ALTPROGRAM IKI MATRISI (A VE B) CARPAR.
C     M,A MATRISININ SATIR SAYISIDIR
C     N,A MATRISININ KOLON,B MATRISININ SATIR SAYISIDIR
C     K,B MATRISININ KOLON SAYISIDIR
C
      SUBROUTINE MULTIP (A,B,C,M,N,K)
      DIMENSION A(1),B(1),C(1)
      DO 1 LK=1,K
      DO 2 KK=1,M
      SUM=0.
      DO 3 I=1,N
      KL=(I-1)*M+KK
      KM=I+(LK-1)*N
      SUM=SUM+A(KL)*B(KM)
    3 CONTINUE
      KT=(LK-1)*M+KK
      C(KT)=SUM
    2 CONTINUE
    1 CONTINUE
      RETURN
      END
C
C     BU ALTPROGRAM A-MATRISININ INVERSINI HESAP EDER.
C     MM,A-KARE MATRISININ SATIR VE KOLON SAYILARIDIR.
C     AINV,A-MATRISININ INVERSIDIR.
C
      SUBROUTINE INVERS (A,MM,AINV,EB)
      DIMENSION A(1),AINV(1),C(2500)
      IF (MM.EQ.1) GO TO 20
      GO TO 21
   20 AINV(1)=1/A(1)
      GO TO 22
   21 IDK=MM*MM
      DO 1 I=1,IDK
      KL=IDK+I
      A(KL)=0.
    1 CONTINUE
      DO 2 I=1,MM
      KM=IDK+(I-1)*MM+I
      A(KM)=1.
    2 CONTINUE
      MLIM=2*MM
      M1=MM-1
      DO 3 I=1,M1
      M=I+1
      DO 4 K=M,MM
      KJ=(I-1)*MM+K
      KI=(I-1)*MM+I
```

```
      IF(A(KI).NE.0.) GO TO 5
      KLT=KI+1
    6 IF(A(KLT).EQ.0.) GO TO 7
      GO TO 8
    7 KLT=KLT+1
      M2=MM*I
      IF(KLT.GT.M2) GO TO 3
      GO TO 6
    8 IF(KLT.LE.MM) GO TO 9
   10 KLT=KLT-MM
      KI=KI-MM
      IF(KLT.GT.MM) GO TO 10
    9 DO 11 J=1,MLIM
      KTJ=((J-1)*MM)+KLT
      KTM=((J-1)*MM)+KI
      B=A(KTJ)
      A(KTJ)=A(KTM)
      A(KTM)=B
   11 CONTINUE
    5 IF(A(KJ).EQ.0.) GO TO 4
      CARP=A(KJ)/A(KI)
      DO 12 J=1,MLIM
      KLI=(J-1)*MM+I
      KLM=(J-1)*MM+K
      A(KLM)=A(KLM)-(A(KLI)*CARP)
      IF(ABS(A(KLM)).LT.EB) GO TO 91
      GO TO 12
   91 A(KLM)=0.
   12 CONTINUE
    4 CONTINUE
    3 CONTINUE
      DO 13 I=1,M1
      M=I+1
      DO 14 K=M,MM
      KJ=(I-1)*MM+K
      KI=(I-1)*MM+I
      KJ3=IDK-KJ+1
      KI3=IDK-KI+1
      IF(A(KJ3).NE.0.) GO TO 15
      GO TO 13
   15 IF(A(KJ3).EQ.0.) GO TO 14
      CARP=A(KJ3)/A(KI3)
      DO 16 J=1,MLIM
      KLI=(J-1)*MM+(MM-I+1)
      KLM=(J-1)*MM+(MM-K+1)
      A(KLM)=A(KLM)-(A(KLI)*CARP)
      IF(ABS(A(KLM)).LT.EB) GO TO 92
      GO TO 16
   92 A(KLM)=0.
   16 CONTINUE
   14 CONTINUE
   13 CONTINUE
      DO 17 J=1,MM
      KL=(J-1)*MM+J
      C(J)=A(KL)
      A(KL)=1.
   17 CONTINUE
      DO 18 J=1,MM
      DO 18 I=1,MM
      KL=IDK+(I-1)*MM+J
      A(KL)=A(KL)/C(J)
   18 CONTINUE
      DO 19 I=1,IDK
      KL=IDK+I
      AINV(I)=A(KL)
   19 CONTINUE
   22 RETURN
      END
C
      SUBROUTINE CONTRO (VOJK,JNOSV,COEEE,ROEEE,NSI,EEEGG4,EEEGFI,NOSV,
     *CQM,CSVVV,MATQ,ICOEEE,L)
      DIMENSION VOJK(1),EEEGG4(1),EEEGFI(1),CQM(1),CSVVV(1),MATQ(1),
     *ICOEEE(1)
      INTEGER VOJK,COEEE,ROEEE,CQM,CSVVV
      VOJK(L)=0
      DO 79 I=1,JNOSV
      DO 79 J=1,COEEE
      DO 79 K=1,ROEEE
      KL=(L-1)*ROEEE*COEEE+(I-1)*ROEEE*COEEE*NSI+(J-1)*ROEEE+K
      KT=(I-1)*COEEE*ROEEE+(J-1)*ROEEE+K+(L-1)*ROEEE*COEEE*JNOSV
      EEEGG4(KT)=EEEGFI(KL)
   79 CONTINUE
      DO 76 I=1,NOSV
      CQM(I)=0
      KL=(L-1)*NOSV+I
      CSVVV(KL)=0
   76 CONTINUE
      NOSVV=NOSV*NOSV
      DO 77 K=1,NOSVV
      KL=(L-1)*NOSVV+K
      MATQ(KL)=0
   77 CONTINUE
      DO 78 K=1,NOSV
```

```
      KL=(K-1)*NOSV+K+(L-1)*NOSVV
      MATQ(KL)=1
   78 CONTINUE
      ICOEEE(L)=NOSV
      RETURN
      END
C
C     BU ALTPROGRAM HER SISTEM DURUMU ICIN DURUM DENKLEMLERININ
C     YAZILIMINDA KULLANILIR.
C
      SUBROUTINE PRINT (NSI,ICOEEE,EEGFEI,ROEE,COEEE,JNOSV,EEEGG4,
     *ROEEE,DOIS,CSVVV,NOSV,COEE,DOOUT,NS)
      DIMENSION ICOEEE(1),EEGFEI(1),EEEGG4(1),CSVVV(1)
      INTEGER ROEE,COEEE,ROEEE,DOIS,CSVVV,COEE,DOOUT
      DO 499 L=1,NSI
      WRITE(3,153)L
  153 FORMAT(//,2X,'DURUM D.DE,',I2,'.SISTEM DURUMU ICIN DURUM DEGISKENL
     *ERININ KATSAYI MATRISI',/)
      IF(ICOEEE(L).EQ.0) GO TO 333
      DO 91 K=1,ICOEEE(L)
      WRITE(3,154)(EEGFEI(((I-1)*ROEE+K)+(L-1)*ROEE*COEE),I=1,ICOEEE(L))
  154 FORMAT(5X,6E12.5)
   91 CONTINUE
      GO TO 499
  333 WRITE(3,267)
  267 FORMAT(/,2X,'DURUM DEGISKENI YOK',/)
  499 CONTINUE
      DO 92 L=1,NSI
      WRITE(3,155)L
  155 FORMAT(//,2X,'DURUM D.DE,',I2,'.SISTEM DURUMU ICIN GIRIS KAYNAK.VE
     * TUREVLERININ KAT.MAT.',/)
      DO 92 I=1,JNOSV
      IT=I-1
      WRITE(3,131)IT
  131 FORMAT (/,2X,'KAYNAK TUREVININ ',I2,'.DERECEDEN KATSAYI MATRISI',/
     *//)
      DO 92 K=1,ICOEEE(L)
      WRITE(3,156)(EEEGG4((I-1)*ROEEE*COEEE+(J-1)*ROEEE+K+(L-1)*ROEEE
     **COEEE*JNOSV),J=1,DOIS)
  156 FORMAT(5X,6E12.5)
   92 CONTINUE
      IF(DOOUT.EQ.0) GO TO 633
      DO 699 L=1,NSI
      WRITE(3,353)L
  353 FORMAT(//,2X,'CIKIS D.DE,',I2,'.SISTEM DURUMU ICIN DURUM DEGISKENL
     *ERININ KAT.MAT.',/)
      IF(ICOEEE(L).EQ.0) GO TO 533
      KTT=ICOEEE(L)+1
      KTTS=ICOEEE(L)+DOOUT
      DO 291 K=KTT,KTTS
      WRITE(3,354)(EEGFEI(((I-1)*ROEE+K)+(L-1)*ROEE*COEE),I=1,ICOEEE(L))
  354 FORMAT(5X,6E12.5)
  291 CONTINUE
      GO TO 699
  533 WRITE(3,467)
  467 FORMAT(/,2X,'DURUM DEGISKENI YOK',/)
  699 CONTINUE
      DO 292 L=1,NSI
      WRITE(3,355)L
  355 FORMAT(//,2X,'CIKIS D.DE,',I2,'.SISTEM DURUMU ICIN GIRIS KAYNAK VE
     * TUREVLERININ KAT.MAT.',/)
      DO 292 I=1,JNOSV
      IT=I-1
      WRITE(3,331)IT
  331 FORMAT (/,2X,'KAYNAK TUREVININ ',I2,' DERECEDEN KATSAYI MATRISI',/
     *//)
      KKK=ICOEEE(L)+1
      KKKS=ICOEEE(L)+DOOUT
      DO 292 K=KKK,KKKS
      WRITE(3,356)(EEEGG4((I-1)*ROEEE*COEEE+(J-1)*ROEEE+K+(L-1)*ROEEE
     **COEEE*JNOSV),J=1,DOIS)
  356 FORMAT(5X,6E12.5)
  292 CONTINUE
  633 DO 541 L=1,NSI
      WRITE(3,753)L
  753 FORMAT(//,2X,'ELENEN DURUM D.DE ',I2,'.SISTEM DURUMU ICIN ELENMIS
     *DURUM DEGISKENLERININ KAT.MAT.',/)
      IF(ICOEEE(L).EQ.NOSV) GO TO 222
      KALLL=NOSV-ICOEEE(L)
      DO 542 KK=1,KALLL
      K=KK+ICOEEE(L)+DOOUT+NS
      WRITE(3,754)(EEGFEI(((I-1)*ROEE+K)+(L-1)*ROEE*COEE),I=1,ICOEEE(L))
  754 FORMAT(5X,6E12.5)
  542 CONTINUE
      GO TO 541
  222 WRITE(3,767)
  767 FORMAT(/,2X,'DURUM DEGISKENI ELENMEDI',/)
  541 CONTINUE
      DO 116 L=1,NSI
C
C     CSVVV'NIN ILK ELEMANI SON DURUM DEGISKENI,SON ELEMANIDA ILK DURUM
C     DEGISKENIDIR (XN.....X3 X2 X1). EGER CSVVV DEKI HERHANGI BIR
C     X'IN DEGERI '1' ISE O DURUM DEGISKENI 1. ,'2' ISE 2. DERVISOGLU
```

```
C     ALGORITMASI DONGUSUNDE ELIMINE EDILMISTIR.EGER '0' ISE O DURUM
C     DEGISKENI HALA MEVCUTTUR.
C
      WRITE(3,149)L
  149 FORMAT(//,2X,'DURUM DEGISKENLERININ',I2,'.SISTEM DURUMUNDAKI POZIS
     *YONU',/)
      WRITE(3,146)(CSVVV((L-1)*NOSV+I),I=1,NOSV)
  146 FORMAT(5X,16I4)
  116 CONTINUE
      RETURN
      END
C
C     AMAT7 MATRISININ N-YINCI KUVVETINI HESAPLAR.
C     AMATP7 CIKIS MATRISI.
C     ROAMAT  SATIR VE KOLON SAYISI
C
      SUBROUTINE POWER (AMAT7,ROAMAT,N,AMATP7)
      DIMENSION AMAT7(1),AMATP7(1),AMP7(2500)
      INTEGER ROAMAT
      IROO=ROAMAT*ROAMAT
      DO 1 I=1,ROAMAT
      DO 1 J=1,ROAMAT
      KL=(I-1)*ROAMAT+J
      AMATP7(KL)=0.
    1 CONTINUE
      DO 2 I=1,ROAMAT
      KL=(I-1)*ROAMAT+I
      AMATP7(KL)=1.
    2 CONTINUE
      IF(N.EQ.0) GO TO 40
      IF(N.GT.1) GO TO 45
      DO 12 I=1,IROO
      AMATP7(I)=AMAT7(I)
   12 CONTINUE
      GO TO 40
   45 DO 13 JJ=1,N
      DO 14 LK=1,ROAMAT
      DO 14 KK=1,ROAMAT
      SUM=0.
      DO 4 I=1,ROAMAT
      KL=(I-1)*ROAMAT+KK
      KM=I+(LK-1)*ROAMAT
      SUM=SUM+AMATP7(KL)*AMAT7(KM)
    4 CONTINUE
      KT=(LK-1)*ROAMAT+KK
      AMP7(KT)=SUM
   14 CONTINUE
      DO 15 I=1,IROO
      AMATP7(I)=AMP7(I)
   15 CONTINUE
   13 CONTINUE
   40 RETURN
      END
C
C     BU ALTPROGRAM ANAHTARLAMA MATRISLERI F,G,G-UST 'U HESAPLAR
C
      SUBROUTINE SONUC (BMAT6,CMAT6,NOSIL,TT6,MATQ6,VOJK6,FMAT,ROEE6,
     *ROEEE6,COEEE6,NS6,NOSV6,NSI6,DOIS6,GMAT,GBMAT)
      DIMENSION BMAT6(1),CMAT6(1),NOSIL(1),TT6(1),
     *MATQ6(1),VOJK6(1),FMAT(1),AKMAT(2500),CKMAT(2500),
     *CBKMAT(2500),CDBKMA(2500),BKMAT(2500),BSKMAT(2500),DKMAT(2500),
     *DSKMAT(2500),DBKMAT(2500),DSBKMA(2500),DDBKMA(2500),DUMMY(2500),
     *AKPQ(2500),DUMMY1(2500),SUMSA(2500),RES1(2500),RES2(2500),
     *TBK(2500),GBK(2500),DUMMY2(2500),GBSK(2500),SUMSA1(2500),
     *G1MAT(2500),GMAT(1),GBMAT(1),SOLL(2500),UMAT(2500),
     *DSDBMA(2500)
      INTEGER TT6,VOJK6,ROEE6,ROEEE6,COEEE6,DOIS6
      LIMCK=ROEE6-NS6-NOSV6
      DO 1 L=1,NSI6
      LIMCDB=NOSV6-NOSIL(L)
      DO 1 I=1,NOSIL(L)
      DO 2 J=1,NOSIL(L)
      KL=(L-1)*ROEE6*NOSV6+(I-1)*ROEE6+J
      KT=(L-1)*NOSV6*NOSV6+(I-1)*NOSV6+J
      AKMAT(KT)=BMAT6(KL)
    2 CONTINUE
      DO 3 J=1,LIMCK
      KL=(L-1)*ROEE6*NOSV6+(I-1)*ROEE6+NOSIL(L)+J
      KT=(L-1)*LIMCK*NOSV6+(I-1)*LIMCK+J
      CKMAT(KT)=BMAT6(KL)
    3 CONTINUE
      DO 4 J=1,NS6
      KL=(L-1)*ROEE6*NOSV6+NOSIL(L)+LIMCK+(I-1)*ROEE6+J
      KT=(L-1)*NS6*NOSV6+(I-1)*NS6+J
      CBKMAT(KT)=BMAT6(KL)
    4 CONTINUE
      DO 5 J=1,LIMCDB
      KL=(L-1)*ROEE6*NOSV6+(I-1)*ROEE6+NOSIL(L)+LIMCK+NS6+J
      KT=(L-1)*NOSV6*NOSV6+(I-1)*NOSV6+J
      CDBKMA(KT)=BMAT6(KL)
    5 CONTINUE
    1 CONTINUE
      NOSVV6=NOSV6+1
```

```
      DO 6 L=1,NSI6
      DO 6 K=1,NOSVV6
      LIMCDB=NOSV6-NOSIL(L)
      MNSS=(L-1)*ROEEE6*COEEE6*NOSVV6+(K-1)*ROEEE6*COEEE6
      DO 7 I=1,DOIS6
      DO 7 J=1,NOSIL(L)
      KL=MNSS+(I-1)*ROEEE6+J
      KT=(L-1)*NOSVV6*DOIS6*NOSV6+(K-1)*DOIS6*NOSV6+(I-1)*NOSV6+J
      BKMAT(KT)=CMAT6(KL)
    7 CONTINUE
      DO 8 I=1,NS6
      DO 8 J=1,NOSIL(L)
      KL=MNSS+(I-1)*ROEEE6+ROEEE6*DOIS6+J
      KT=(L-1)*NOSVV6*NS6*NOSV6+(K-1)*NS6*NOSV6+(I-1)*NOSV6+J
      BSKMAT(KT)=CMAT6(KL)
    8 CONTINUE
      DO 9 I=1,DOIS6
      DO 9 J=1,LIMCK
      KL=MNSS+(I-1)*ROEEE6+NOSIL(L)+J
      KT=(L-1)*NOSVV6*DOIS6*LIMCK+(K-1)*DOIS6*LIMCK+(I-1)*LIMCK+J
      DKMAT(KT)=CMAT6(KL)
    9 CONTINUE
      DO 10 I=1,NS6
      DO 10 J=1,LIMCK
      KL=MNSS+(I-1)*COEEE6+NOSIL(L)+ROEEE6*DOIS6+J
      KT=(L-1)*NOSVV6*NS6*LIMCK+(K-1)*NS6*LIMCK+(I-1)*LIMCK+J
      DSKMAT(KT)=CMAT6(KL)
   10 CONTINUE
      DO 11 I=1,DOIS6
      DO 11 J=1,NS6
      KL=MNSS+(I-1)*ROEEE6+NOSIL(L)+LIMCK+J
      KT=(L-1)*NOSVV6*DOIS6*NS6+(K-1)*DOIS6*NS6+(I-1)*NS6+J
      DBKMAT(KT)=CMAT6(KL)
   11 CONTINUE
      DO 12 I=1,NS6
      DO 12 J=1,NS6
      KL=MNSS+(I-1)*ROEEE6+ROEEE6*DOIS6+NOSIL(L)+LIMCK+J
      KT=(L-1)*NOSVV6*NS6*NS6+(K-1)*NS6*NS6+(I-1)*NS6+J
      DSBKMA(KT)=CMAT6(KL)
   12 CONTINUE
      DO 13 I=1,DOIS6
      DO 13 J=1,LIMCDB
      KL=MNSS+(I-1)*ROEEE6+NOSIL(L)+LIMCK+NS6+J
      KT=(L-1)*NOSVV6*DOIS6*NOSV6+(K-1)*DOIS6*NOSV6+(I-1)*NOSV6+J
      DDBKMA(KT)=CMAT6(KL)
   13 CONTINUE
      DO 14 I=1,NS6
      DO 14 J=1,LIMCDB
      KL=MNSS+(I-1)*ROEEE6+ROEEE6*DOIS6+NOSIL(L)+LIMCK+NS6+J
      KT=(L-1)*NOSVV6*NS6*NOSV6+(K-1)*NS6*NOSV6+(I-1)*NOSV6+J
      DSDBMA(KT)=CMAT6(KL)
   14 CONTINUE
    6 CONTINUE
      DO 15 L=1,NSI6
      LIMCDB=NOSV6-NOSIL(L)
      JK=VOJK6(L)
      IF(L.EQ.NSI6) GO TO 615
      GO TO 616
  615 LM=1
      GO TO 617
  616 LM=L+1
  617 JKP1=VOJK6(LM)
      IF(JKP1.EQ.0) GO TO 100
      GO TO 101
  100 JK2=0
      GO TO 102
  101 JK2=JKP1-1
  102 JK1=JK2+1
      DO 16 LLL=1,JK1
      LL=LLL-1
      LIM=JK+LL+1
      DO 17 II=1,LIM
      I=II-1
      LIZ=JK+LL
      IF(I.LT.LL) GO TO 103
      IF(I.GE.LL.AND.I.LE.JK) GO TO 104
      IF(I.GT.JK.AND.I.LT.LIZ) GO TO 105
      GO TO 106
  103 NRO=NOSIL(L)
      NNRO=NRO*DOIS6
      DO 21 JPK=1,NNRO
      SUMSA(JPK)=0.
   21 CONTINUE
      DO 18 IIB=1,II
      IB=IIB-1
      IP=IB-I+LL-1
      DO 19 JPI=1,NRO
      DO 19 JPT=1,NRO
      KL=(L-1)*NOSV6*NOSV6+(JPI-1)*NOSV6+JPT
      KT=(JPI-1)*NRO+JPT
      DUMMY(KT)=AKMAT(KL)
   19 CONTINUE
      CALL POWER (DUMMY,NRO,IP,AKPO)
```

```
      DO 20 JPI=1,DOIS6
      DO 20 JPT=1,NRO
      KL=(L-1)*NOSVV6*DOIS6*NOSV6+(IIB-1)*NOSV6*DOIS6+(JPI-1)*NOSV6+
     *JPT
      KT=(JPI-1)*NRO+JPT
      DUMMY2(KT)=BKMAT(KL)
   20 CONTINUE
      CALL MULTIP (AKPO,DUMMY2,DUMMY1,NRO,NRO,DOIS6)
      DO 22 JPT=1,NNRO
      SUMSA(JPT)=SUMSA(JPT)+DUMMY1(JPT)
   22 CONTINUE
   14 CONTINUE
      DO 23 JJS=1,NRO
      DO 23 JJK=1,NS6
      KL=(L-1)*NS6*NOSV6+(JJS-1)*NS6+JJK
      KT=(JJS-1)*NS6+JJK
      DUMMY(KT)=CBKMAT(KL)
   23 CONTINUE
      CALL MULTIP (DUMMY,SUMSA,RES1,NS6,NRO,DOIS6)
      NNKL=NS6*DOIS6
      DO 24 IMN=1,NNKL
      KL=(II-1)*NNKL+IMN+(LLL-1)*NNKL*(JK+LL)
      UMAT(KL)=RES1(IMN)
   24 CONTINUE
      GO TO 17
  104 NRO=NOSIL(L)
      NNRO=NRO*DOIS6
      DO 25 JPK=1,NNRO
      SUMSA(JPK)=0.
   25 CONTINUE
      LIMALT=I-LL+1
      DO 26 IIB=LIMALT,I
      IP=IIB-I+LL-1
      NOSI=NRO*NRO
      DO 27 JPI=1,NRO
      DO 27 JPT=1,NRO
      KL=(L-1)*NOSV6*NOSV6+(JPI-1)*NOSV6+JPT
      KT=(JPI-1)*NRO+JPT
      DUMMY(KT)=AKMAT(KL)
   27 CONTINUE
      CALL POWER (DUMMY,NRO,IP,AKPO)
      DO 28 JPI=1,DOIS6
      DO 28 JPT=1,NRO
      KL=(L-1)*NOSVV6*DOIS6*NOSV6+(IIB)*NOSV6*DOIS6+(JPI-1)*NOSV6+
     *JPT
      KT=(JPI-1)*NRO+JPT
      DUMMY(KT)=BKMAT(KL)
   28 CONTINUE
      CALL MULTIP (AKPO,DUMMY,DUMMY1,NRO,NRO,DOIS6)
      DO 29 JPT=1,NNRO
      SUMSA(JPT)=SUMSA(JPT)+DUMMY1(JPT)
   29 CONTINUE
   26 CONTINUE
      DO 30 JJS=1,NRO
      DO 30 JJK=1,NS6
      KL=(L-1)*NS6*NOSV6+(JJS-1)*NS6+JJK
      KT=(JJS-1)*NS6+JJK
      DUMMY(KT)=CBKMAT(KL)
   30 CONTINUE
      CALL MULTIP (DUMMY,SUMSA,RES1,NS6,NRO,DOIS6)
      DO 31 JJS=1,DOIS6
      DO 31 JJK=1,NS6
      KL=(L-1)*NOSVV6*DOIS6*NS6+(II-LL-1)*DOIS6*NS6+(JJS-1)*NS6+JJK
      KT=(JJS-1)*NS6+JJK
      DUMMY(KT)=DBKMAT(KL)
   31 CONTINUE
      NNTL=NS6*DOIS6
      DO 70 JTTS=1,NNTL
      RES2(JTTS)=RES1(JTTS)+DUMMY(JTTS)
   70 CONTINUE
      DO 32 IMN=1,NNTL
      KL=(II-1)*NNTL+IMN+(LLL-1)*NNTL*(JK+LL)
      UMAT(KL)=RES2(IMN)
   32 CONTINUE
      GO TO 17
  105 NRO=NOSIL(L)
      NNRO=NRO*DOIS6
      DO 33 JPK=1,NNRO
      SUMSA(JPK)=0.
   33 CONTINUE
      LIMALT=I-LL+1
      DO 34 IIB=LIMALT,JK
      IP=IIB-I+LL-1
      NOSI=NRO*NRO
      DO 35 JPI=1,NRO
      DO 35 JPK=1,NRO
      KL=(L-1)*NOSV6*NOSV6+(JPI-1)*NOSV6+JPK
      KT=(JPI-1)*NRO+JPK
      DUMMY(KT)=AKMAT(KL)
   35 CONTINUE
      CALL POWER (DUMMY,NRO,IP,AKPO)
      DO 36 JPI=1,DOIS6
      DO 36 JPT=1,NRO
```

```
      KL=(L-1)*NOSVV6*DOIS6*NOSV6+(IIB)*NOSV6*DOIS6+(JPI-1)*NOSV6+
     *IPT
      KT=(JPI-1)*NRO+IPT
      DUMMY(KT)=BKMAT(KL)
   36 CONTINUE
      CALL MULTIP (AKPO,DUMMY,DUMMY1,NRO,NRO,DOIS6)
      DO 37 IPT=1,NRO
      SUMSA(IPT)=SUMSA(IPT)+DUMMY1(IPT)
   37 CONTINUE
   34 CONTINUE
      DO 38 IJS=1,NRO
      DO 38 IJK=1,NS6
      KL=(L-1)*NS6*NOSV6+(IJS-1)*NS6+IJK
      KT=(IJS-1)*NS6+IJK
      DUMMY(KT)=CBKMAT(KL)
   38 CONTINUE
      CALL MULTIP (DUMMY,SUMSA,RES1,NS6,NRO,DOIS6)
      DO 39 IJS=1,DOIS6
      DO 39 IJK=1,NS6
      KL=(L-1)*NOSVV6*DOIS6*NS6+(II-LL-1)*DOIS6*NS6+(IJS-1)*NS6+IJK
      KT=(IJS-1)*NS6+IJK
      DUMMY(KT)=DBKMAT(KL)
   39 CONTINUE
      NNTR=NS6*DOIS6
      DO 71 ITTS=1,NNTR
      RES2(ITTS)=RES1(ITTS)+DUMMY(ITTS)
   71 CONTINUE
      DO 40 IMN=1,NNTR
      KL=(II-1)*NNTR+IMN+(LLL-1)*NNTR*(JK+LL)
      UMAT(KL)=RES2(IMN)
   40 CONTINUE
      GO TO 17
  166 DO 41 IJS=1,DOIS6
      DO 41 IJK=1,NS6
      KL=(L-1)*NOSVV6*DOIS6*NS6+(II-LL-1)*DOIS6*NS6+(IJS-1)*NS6+IJK
      KT=(IJS-1)*NS6+IJK
      DUMMY(KT)=DBKMAT(KL)
   41 CONTINUE
      NNTR=NS6*DOIS6
      DO 72 IMK=1,NNTR
      KL=(II-1)*NNTR+IMK+(LLL-1)*NNTR*(JK+LL)
      UMAT(KL)=DUMMY(IMK)
   72 CONTINUE
   17 CONTINUE
   16 CONTINUE
      NSK6=NS6*NS6
      NRO=NOSIL(L)
      DO 42 ISN=1,NSK6
      KL=(L-1)*NSK6+ISN
      IF(L.EQ.NSI6) GO TO 43
      GO TO 44
   43 KM=ISN
      GO TO 45
   44 KM=L*NSK6+ISN
   45 DUMMY(ISN)=TT6(KL)
      DUMMY1(ISN)=TT6(KM)
   42 CONTINUE
      CALL MULTIP (DUMMY,DUMMY1,RES1,NS6,NS6,NS6)
      DO 46 IT=1,NSK6
      KL=(L-1)*NSK6+IT
      TBK(KL)=2*RES1(IT)-DUMMY(IT)-DUMMY1(IT)
   46 CONTINUE
      IF(L.EQ.NSI6) GO TO 946
      GO TO 947
  946 NRO1=NOSIL(1)
      GO TO 948
  947 MT=L+1
      NRO1=NOSIL(MT)
  948 IF(NRO1.EQ.0)GO TO 400
      IF(JKP1.EQ.0) GO TO 410
      DO 47 II=1,JK1
      NROK=NRO1*DOIS6
      DO 53 ITS=1,NROK
      SUMSA(ITS)=0.
   53 CONTINUE
      NRONS=NRO1*NS6
      DO 65 ITS=1,NRONS
      SUMSA1(ITS)=0.
   65 CONTINUE
      I=II-1
      DO 48 IGA=II,JK1
      IG=IGA-1
      IP=IG-I
      DO 49 IKT=1,NRO1
      DO 49 IKS=1,NRO1
      IF(L.EQ.NSI6) GO TO 50
      GO TO 51
   50 KM=(IKT-1)*NOSV6+IKS
      GO TO 52
   51 KM=L*NOSV6*NOSV6+(IKT-1)*NOSV6+IKS
   52 KT=(IKT-1)*NRO1+IKS
      DUMMY(KT)=AKMAT(KM)
   49 CONTINUE
```

```
      DO 54 JPI=1,DOIS6
      DO 54 JPK=1,NRO1
      IF(L.EQ.NSI6) GO TO 55
      GO TO 56
   55 KT=IGA*NOSV6*DOIS6+(JPI-1)*NOSV6+JPK
      GO TO 57
   56 KT=L*NOSVV6*DOIS6*NOSV6+IGA*DOIS6*NOSV6+(JPI-1)*NOSV6+JPK
   57 KM=(JPI-1)*NRO1+JPK
      DUMMY1(KM)=BKMAT(KT)
   54 CONTINUE
      DO 60 JPI=1,NS6
      DO 60 JPK=1,NRO1
      IF(L.EQ.NSI6) GO TO 61
      GO TO 62
   61 KT=IGA*NS6*NOSV6+(JPI-1)*NOSV6+JPK
      GO TO 63
   62 KT=L*NOSVV6*NS6*NOSV6+IGA*NOSV6*NS6+(JPI-1)*NOSV6+JPK
   63 KM=(JPI-1)*NRO1+JPK
      DUMMY2(KM)=BSKMAT(KT)
   60 CONTINUE
      CALL POWER (DUMMY,NRO1,IP,AKPO)
      CALL MULTIP (AKPO,DUMMY1,RES1,NRO1,NRO1,DOIS6)
      CALL MULTIP (AKPO,DUMMY2,RES2,NRO1,NRO1,NS6)
      DO 58 JJK=1,NROK
      SUMSA(JJK)=SUMSA(JJK)+RES1(JJK)
   58 CONTINUE
      DO 64 JJK=1,NRONS
      SUMSA1(JJK)=SUMSA1(JJK)+RES2(JJK)
   64 CONTINUE
   48 CONTINUE
      DO 59 JPM=1,NROK
      KL=(II-1)*NROK+JPM
      GBK(KL)=SUMSA(JPM)
   59 CONTINUE
      DO 65 JPM=1,NRONS
      KL=(II-1)*NRONS+JPM
      GBSK(KL)=SUMSA1(JPM)
   65 CONTINUE
   47 CONTINUE
      LIMK=NRO1*NRO
      DO 178 I=1,LIMK
      SUMSA(I)=0.
  178 CONTINUE
      DO 66 I=1,JK1
      IS=I-1
      DO 67 JPI=1,NRO
      DO 67 JPK=1,NRO
      KL=(L-1)*NOSV6*NOSV6+(JPI-1)*NOSV6+JPK
      KM=(JPI-1)*NRO+JPK
      DUMMY(KM)=AKMAT(KL)
   67 CONTINUE
      CALL POWER (DUMMY,NRO,IS,AKPO)
      DO 69 JJS=1,NRO
      DO 69 JJK=1,NS6
      KL=(L-1)*NOSV6*NS6+(JJS-1)*NS6+JJK
      KT=(JJS-1)*NS6+JJK
      DUMMY(KT)=CBKMAT(KL)
   69 CONTINUE
      CALL MULTIP (DUMMY,AKPO,RES1,NS6,NRO,NRO)
      DO 75 J=1,NSK6
      KL=(L-1)*NSK6+J
      DUMMY(J)=TBK(KL)
   75 CONTINUE
      CALL MULTIP (DUMMY,RES1,RES2,NS6,NS6,NRO)
      DO 76 II=1,NRONS
      KL=IS*NRONS+II
      DUMMY(II)=GBSK(KL)
   76 CONTINUE
      CALL MULTIP (DUMMY,RES2,RES1,NRO1,NS6,NRO)
      DO 77 JPI=1,NRO
      DO 77 JPK=1,NRO1
      KM=(JPI-1)*NRO1+JPK
      SUMSA(KM)=RES1(KM)+SUMSA(KM)
   77 CONTINUE
   66 CONTINUE
  418 DO 78 JPI=1,NOSV6
      DO 78 JPK=1,NRO1
      IF(L.EQ.NSI6) GO TO 79
      GO TO 80
   79 KL=(JPI-1)*NOSV6+JPK
      GO TO 81
   80 KL=(L*NOSV6*NOSV6)+(JPI-1)*NOSV6+JPK
   81 KM=(JPI-1)*NRO1+JPK
      DUMMY1(KM)=MATQ6(KL)
   78 CONTINUE
      DO 82 JPI=1,NOSV6
      DO 82 JPK=1,NRO
      KL=(JPI-1)*NOSV6+JPK+(L-1)*NOSV6*NOSV6
      KM=(JPI-1)*NRO+JPK
      DUMMY(KM)=MATQ6(KL)
   82 CONTINUE
      IF(JKP1.EQ.0) GO TO 700
      GO TO 701
```

```
700 LURU=NRO*NRO1
    DO 120 I=1,LURU
    SUMSA(I)=0.
120 CONTINUE
701 NURUT=NRO1*NRO
    DO 146 I=1,NURUT
    SUMSA1(I)=0.
146 CONTINUE
    DO 43 J=1,NRO
    DO 43 I=1,NOSV6
    KL=(I-1)*NRO+J
    KM=(J-1)*NOSV6+I
    DUMMY2(KM)=DUMMY(KL)
43 CONTINUE
    CALL MULTIP (DUMMY1,DUMMY2,RES1,NRO1,NOSV6,NRO)
    DO 44 IPJ=1,NOSV6
    DO 44 IPK=1,LIMCDB
    KL=(L-1)*NOSV6*NOSV6+NRO+(IPJ-1)*NOSV6+IPK
    KM=(IPJ-1)*LIMCDB+IPK
    DUMMY2(KM)=MATQ6(KL)
44 CONTINUE
    DO 346 J=1,LIMCDB
    DO 346 I=1,NOSV6
    KL=(I-1)*LIMCDB+J
    KM=(J-1)*NOSV6+I
    DUMMY(KM)=DUMMY2(KL)
346 CONTINUE
    CALL MULTIP (DUMMY1,DUMMY,SOLL,NRO1,NOSV6,LIMCDB)
    DO 45 I=1,NRO
    DO 45 J=1,LIMCDB
    KL=(L-1)*NOSV6*NOSV6+(I-1)*NOSV6+J
    KM=(I-1)*LIMCDB+J
    DUMMY1(KM)=CDBKMA(KL)
45 CONTINUE
    CALL MULTIP (SOLL,DUMMY1,AKPO,NRO1,LIMCDB,NRO)
    DO 46 I=1,NURUT
    SUMSA1(I)=RES1(I)+AKPO(I)+SUMSA(I)
46 CONTINUE
    DO 47 I=1,NRO
    DO 47 J=1,NRO1
    KL=(L-1)*NOSV6*NOSV6+(I-1)*NOSV6+J
    KM=(I-1)*NRO1+J
    FMAT(KL)=SUMSA1(KM)
47 CONTINUE
    LIRI=JK+JK2
    LIR=LIRI+1
    DO 66 II=1,LIR
    I=II-1
    IF(I.LE.JK) GO TO 107
    GO TO 106
107 DO 49 ITT=1,DOIS6
    DO 49 J=1,LIMCDB
    KL=(L-1)*NOSVV6*DOIS6*NOSV6+(II-1)*DOIS6*NOSV6+(ITT-1)*NOSV6+J
    KM=(ITT-1)*LIMCDB+J
    DUMMY(KM)=DDBKMA(KL)
49 CONTINUE
    CALL MULTIP (SOLL,DUMMY,RES2,NRO1,LIMCDB,DOIS6)
    NROK=NRO1*DOIS6
    DO 94 KK=1,NROK
    SUMSA(KK)=0.
94 CONTINUE
    IF (JKP1.EQ.0) GO TO 720
    DO 90 IG=1,JK1
    IS=IG-1
    DO 91 JJM=1,NRONS
    KL=(IG-1)*NRONS+JJM
    DUMMY(JJM)=GBSK(KL)
91 CONTINUE
    DO 92 IT=1,NSK6
    KL=(L-1)*NSK6+IT
    DUMMY1(IT)=TBK(KL)
92 CONTINUE
    CALL MULTIP (DUMMY,DUMMY1,RES1,NRO1,NS6,NS6)
    NSDS=NS6*DOIS6
    DO 93 IMN=1,NSDS
    KL=(IG-1)*NSDS*(JK+IS)+(II-1)*NSDS+IMN
    DUMMY(IMN)=UMAT(KL)
93 CONTINUE
    CALL MULTIP (RES1,DUMMY,AKPO,NRO1,NS6,DOIS6)
    DO 95 IKJ=1,NROK
    SUMSA(IKJ)=SUMSA(IKJ)+AKPO(IKJ)
95 CONTINUE
90 CONTINUE
720 DO 96 IJJ=1,NROK
    KL=(II-1)*NROK+IJJ
    G1MAT(KL)=RES2(IJJ)+SUMSA(IJJ)
96 CONTINUE
    GO TO 66
106 DO 97 KT=1,NROK
    SUMSA(KT)=0.
97 CONTINUE
    IF (JKP1.EQ.0) GO TO 44
    LIMALT=I-JK
```

```
      DO 98 IG=LIMALT,JK2
      ISM=IG-1
      DO 99 IJM=1,NRONS
      KL=(IG-1)*NRONS+IJM
      DUMMY(IJM)=GBSK(KL)
   99 CONTINUE
      DO 301 IT=1,NSK6
      KL=(L-1)*NSK6+IT
      DUMMY1(IT)=TBK(KL)
  301 CONTINUE
      CALL MULTIP (DUMMY,DUMMY1,RES1,NRO1,NS6,NS6)
      DO 302 IMN=1,NSDS
      KL=(IG-1)*NSDS*(JK+ISM)+(IL-1)*NSDS+IMN
      DUMMY(IMN)=UMAT(KL)
  302 CONTINUE
      CALL MULTIP (RES1,DUMMY,AKPO,NRO1,NS6,DOIS6)
      DO 303 IKJ=1,NROK
      SUMSA(IKJ)=SUMSA(IKJ)+AKPO(IKJ)
  303 CONTINUE
   98 CONTINUE
      DO 304 IJJ=1,NROK
      KL=(IL-1)*NROK+IJJ
      G1MAT(KL)=SUMSA(IJJ)
  304 CONTINUE
   88 CONTINUE
      NOSK=2*NOSV6
      DO 305 IKK=1,NOSK
      DO 305 IKR=1,DOIS6
      DO 305 IKL=1,NRO1
      KL=(L-1)*NOSV6*DOIS6*NOSK+(IKK-1)*DOIS6*NOSV6+(IKR-1)*NOSV6+IKL
      KT=(IKK-1)*DOIS6*NRO1+(IKR-1)*NRO1+IKL
      GMAT(KL)=G1MAT(KT)
  305 CONTINUE
      IF (IKP1.EQ.0) GO TO 722
      DO 306 IKK=1,NOSV6
      DO 306 IKR=1,DOIS6
      DO 306 IKL=1,NRO1
      KL=(L-1)*NOSV6*NOSV6*DOIS6+(IKK-1)*DOIS6*NOSV6+(IKR-1)*NOSV6+IKL
      KT=(IKK-1)*DOIS6*NRO1+(IKR-1)*NRO1+IKL
      GBMAT(KL)=GBK(KT)
  306 CONTINUE
      GO TO 15
  400 NUPS=2*NOSV6
      DO 307 IT=1,NUPS
      DO 307 ITS=1,DOIS6
      DO 307 ITK=1,NRO1
      KL=(L-1)*NOSV6*DOIS6*NUPS+(IT-1)*DOIS6*NOSV6+(ITS-1)*NOSV6+ITK
      GMAT(KL)=0.
  307 CONTINUE
      DO 308 IT=1,NRO
      DO 308 IK=1,NRO1
      KL=(L-1)*NOSV6*NOSV6+(IT-1)*NOSV6+IK
      FMAT(KL)=0.
  308 CONTINUE
  722 DO 309 IT=1,NOSV6
      DO 309 ITS=1,DOIS6
      DO 309 ITK=1,NRO1
      KL=(L-1)*NOSV6*DOIS6*NOSV6+(IT-1)*DOIS6*NOSV6+(ITS-1)*NOSV6+ITK
      GBMAT(KL)=0.
  309 CONTINUE
   15 CONTINUE
      RETURN
      END
C
C     BU ALTPROGRAM HER SISTEM DURUMU ICIN ANAHTARLAMA DENKLEMLERININ
C     YAZILIMINDA KULLANILIR.
C
      SUBROUTINE PRTSON (K1,L1,NSI,ICOBBE,MATF,NOSV,VOJK,MATG,DOIS
     *,MATGB)
      DIMENSION ICOBBE(1),MATF(1),VOJK(1),MATG(1),MATGB(1)
      INTEGER DOIS,VOJK
      REAL MATF,MATG,MATGB
      DO 501 L=1,NSI
      IF(L.EQ.NSI) GO TO 11
      LI=K1
      LL=L1
      GO TO 12
   11 LI=L1
      LL=K1
   12 WRITE(3,601)LI,LL
  601 FORMAT(///,2X,'ANAHTARLAMA MATRISI F ',I2, '-',I2,/)
      IF(L.EQ.NSI) GO TO 931
      GO TO 932
  931 LL=1
      GO TO 933
  932 LL=L+1
  933 DO 501 K=1,ICOBBE(LL)
      WRITE(3,602)(MATF(((I-1)*NOSV+K)+(L-1)*NOSV*NOSV),I=1,ICOBBE(L))
  602 FORMAT(5X,10E12.5)
  501 CONTINUE
      DO 502 L=1,NSI
      IF(L.EQ.NSI) GO TO 18
      LI=K1
```

```
      LL=L1
      GO TO 14
   13 LI=L1
      LL=K1
   14 LIK=LI
      LLL=LL
      WRITE(3,603)LI,LL
  603 FORMAT(//,2X,'ANAHTARLAMA MATRISI G ',I2,'-',I2,' SISTEM DURUMLARI
     *',/)
      IF(L.EQ.NSI) GO TO 911
      GO TO 912
  911 LL=1
      GO TO 913
  912 LL=L+1
  913 IF(VOIK(LL).EQ.0) GO TO 900
      GO TO 901
  900 LKTM=VOIK(L)
      GO TO 902
  901 LKTM=VOIK(L)+VOIK(LL)-1
  902 LKK=LKTM+1
      DO 502 I=1,LKK
      IT=I-1
      WRITE(3,604)LIK,LLL,IT
  604 FORMAT(///,2X,'ANAHTARLAMA MATRISI G',I2,',',I2,',',I2,/)
      DO 502 K=1,ICOEEE(LL)
      WRITE(3,605)(MATG((I-1)*NOSV*DOIS+(J-1)*NOSV+K+(L-1)*NOSV*
     *DOIS*2*NOSV),J=1,DOIS)
  605 FORMAT(5X,10E12.5)
  502 CONTINUE
      DO 503 L=1,NSI
      IF(L.EQ.NSI) GO TO 15
      LI=K1
      LL=L1
      GO TO 16
   15 LI=L1
      LL=K1
   16 LIK=LI
      LLL=LL
      WRITE(3,606)LI,LL
  606 FORMAT(///,2X,'ANAHTARLAMA MATRIS G-UST',I2,'-',I2,' SISTEM DURUMLA
     *RI',/)
      IF(L.EQ.NSI) GO TO 921
      GO TO 922
  921 LL=1
      GO TO 923
  922 LL=L+1
  923 DO 503 I=1,VOIK(LL)
      IT=I-1
      WRITE(3,607)LIK,LLL,IT
  607 FORMAT(///,2X,'ANAHTARLAMA MATRISI G-UST',I2,',',I2,',',I2,/)
      DO 503 K=1,ICOEEE(LL)
      WRITE(3,606)(MATGB((I-1)*NOSV*DOIS+(J-1)*NOSV+K+(L-1)*NOSV*
     *DOIS*NOSV),J=1,DOIS)
  606 FORMAT(5X,10E12.5)
  503 CONTINUE
      RETURN
      END
C
C
      SUBROUTINE YYE(EEEGG4,EEGFEI,CSVVV,NSI,NS,NY,NU,NX)
      DIMENSION CSVVV(1),CSVV(1000),
     *CSVY(1000),EEGY(11000),EEGFEI(1),
     *EEG4Y(11000),EEEGG4(1)
      INTEGER CSVVV,CSVV,CSVY
      DO 10 I=1,NSI
      M=0
      L=0
      DO 11 J=1,NX
      K=(I-1)*NX+J
      IF(CSVVV(K).EQ.0.) GOTO 12
      M=M+1
      GOTO 11
   12 L=L+1
   11 CONTINUE
      CSVV(I)=L
      CSVY(I)=M
   10 CONTINUE
      DO 13 I=1,NSI
      I1=(I-1)*((NX+NS+1)*NX)
      I2=(I-1)*((NX+NS+NY)*NX)
      DO 14 J=1,CSVV(I)+1
      DO 15 K=1,NX
      L1=(K-1)*(NX+NS+1)+J+I1
      L2=(K-1)*(NX+NS+NY)+J+I2
      EEGY(L1)=EEGFEI(L2)
   15 CONTINUE
   14 CONTINUE
   13 CONTINUE
      DO 16 I=1,NSI
      I1=(I-1)*((NX+NS+1)*NX)
      I2=(I-1)*((NX+NS+NY)*NX)
      DO 17 J=1,CSVY(I)+NS
      DO 18 K=1,NX
```

```
      L1=(K-1)*(NX+NS+1)+J+I1+1+CSVV(I)
      L2=(K-1)*(NX+NS+NY)+J+I2+NY+CSVV(I)
      EEGY(L1)=EEGFE1(L2)
   18 CONTINUE
   17 CONTINUE
   16 CONTINUE
      DO 19 I=1,NSI
      I1=(I-1)*(NX+NS+1)*(NU+NS)*(NX+1)
      I2=(I-1)*(NX+NS+NY)*(NU+NS)*(NX+1)
      DO 20 IJ=1,NX+1
      I3=(IJ-1)*(NX+NS+1)*(NU+NS)
      I4=(IJ-1)*(NX+NS+NY)*(NU+NS)
      DO 21 J=1,CSVV(I)+1
      DO 22 K=1,NU+NS
      L1=(K-1)*(NX+NS+1)+J+I1+I3
      L2=(K-1)*(NX+NS+NY)+J+I2+I4
      EEG4Y(L1)=EEEGG4(L2)
   22 CONTINUE
   21 CONTINUE
   20 CONTINUE
   19 CONTINUE
      DO 23 I=1,NSI
      I1=(I-1)*(NX+NS+1)*(NU+NS)*(NX+1)
      I2=(I-1)*(NX+NS+NY)*(NU+NS)*(NX+1)
      DO 24 IJ=1,NX+1
      I3=(IJ-1)*(NX+NS+1)*(NU+NS)
      I4=(IJ-1)*(NX+NS+NY)*(NU+NS)
      DO 25 J=1,CSVY(I)+NS
      DO 26 K=1,NU+NS
      L1=(K-1)*(NX+NS+1)+J+I1+I3+1+CSVV(I)
      L2=(K-1)*(NX+NS+NY)+J+I2+I4+NY+CSVV(I)
      EEG4Y(L1)=EEEGG4(L2)
   26 CONTINUE
   25 CONTINUE
   24 CONTINUE
   23 CONTINUE
      DO 50 I=1,((NX+NS+1)*NX)*NSI
      EEGFE1(I)=EEGY(I)
   50 CONTINUE
      DO 60 I=1,((NX+NS+1)*(NU+NS)*(NX+1))*NSI
      EEEGG4(I)=EEG4Y(I)
   60 CONTINUE
      RETURN
      END
C
      SUBROUTINE KONT(NES,NYK,NEDS,EDKDS,LED,YED,Y,L,RKD,ZS,FS,TS)
      INTEGER NES,NEDS(1),EDKDS(1),NyK
      REAL L(2000),LED(1),RKD(1),ZS(1),FS(1),TS(1)
      CHARACTER*4 YED(1),Y(1)
      TOP=0
      DO 10 I=1,NES
      TOP=TOP+NEDS(I)
   10 CONTINUE
      TKD=0
      DO 20 J=1,TOP
      TKD=TKD+EDKDS(J)
   20 CONTINUE
      DO 30 I=1,NYK*TKD
      L(I)=0
   30 CONTINUE
      DO 40 I=1,TKD
      DO 50 J=1,NYK
      IF(YED(I).EQ.Y(J)) GOTO 60
   50 CONTINUE
      GOTO 40
   60 K=(I-1)*NYK+J
      L(K)=LED(I)
   40 CONTINUE
      DO 70 I=1,TOP
      DO 80 J=I+1,TOP
      IF(EDKDS(I).GE.EDKDS(J)) GOTO 80
      GOTO 70
   80 CONTINUE
      IE=EDKDS(I)
      GOTO 90
   70 CONTINUE
   90 CONTINUE
      CALL PRTKON (L,NYK,TKD,Y,RKD,ZS,FS,TS,NES,NEDS,EDKDS,IE,TOP)
      RETURN
      END
C
C
      SUBROUTINE PRTKON (L,NYK,TKD,Y,RKD,ZS,FS,TS,NES,NEDS,EDKDS,IE,TOP)
      INTEGER NES,NEDS(1),EDKDS(1),NyK
      REAL L(1),RKD(1),ZS(1),FS(1),TS(1)
      CHARACTER*4 Y(1)
      WRITE(3,*) 'DURUM DEGISIMINE NEDEN OLAN UC BUYUKLUKLERI'
      WRITE(3,*)
      DO 10 I=1,NYK
   10 WRITE(3,*) Y(I)
      WRITE(3,*)
      KK=0
      IK=0
```

```
      JK=0
      II=0
      IJ=0
      JJ=0
      JE=0
      JF=0
      NYKK=0
      DO 30 I=1,NES
      DO 30 J=1,NEDS(I)
      WRITE(3,55) I,J
   55 FORMAT (//,2X,'LINEER OLMAYAN',I2,'.ELEMANIN,',I2,'.DURUMUNDA')
      WRITE(3,*) '*************************************************'
      WRITE(3,*)
      WRITE(3,*) 'DURUM DEGISIMINE NEDEN OLAN UC BUYUKLUKLERINE ILISKIN
     *KATSAYILAR'
      WRITE(3,*)
      KK=KK+1
      DO 40 K=1,EDKDS(KK)
      II=II+1+NYKK
      IJ=IJ+NYK
      NYKK=NYK-1
   40 WRITE(3,25) (L(M),M=II,IJ,1)
   25 FORMAT(1X,15F6.2,2X)
      WRITE(3,*)
      WRITE(3,*) 'DURUM DEGISIMINE NEDEN OLAN REFERANS DEGERLERI'
      WRITE(3,*)
      JJ=JJ+1
      DO 50 K=1,EDKDS(JJ)
      JK=JK+1
   50 WRITE(3,*) RKD(JK)
      WRITE(3,*)
      WRITE(3,*) 'KONTROL DENKLEMLERI ARASINDAKI BAGLACLAR '
      WRITE(3,*)
      JE=JE+1
      I1=1+(JE-1)*IE
      I2=IE+(JE-1)*IE
      WRITE(3,27) (ZS(M1),M1=I1,I2,1)
   27 FORMAT(1X,15F6.2,2X)
      JF=JF+1
      WRITE(3,*)
      WRITE(3,*) ' ZAMANLA KAC KERE ILGILI '
      WRITE(3,*)
      WRITE(3,*) FS(JF)
   30 CONTINUE
      WRITE(3,*)
      WRITE(3,*) ' ELEMANLARLA ILGILI ZAMAN DEGERLERINI GOSTEREN VEKTOR'
      WRITE(3,*) '*************************************************'
      IA=0
      DO 17 I=1,TOP
   17 IA=IA+FS(I)
      IF(IA.EQ.0) GOTO 16
      DO 19 I=1,IA
   19 WRITE(3,*) TS(I)
      GOTO 41
   16 WRITE(3,*) ' ZAMANLA ILGILI ELEMAN YOKTUR '
   41 RETURN
      END
```

EK - 3 ÖRNEKLERE İLİŞKİN BLOCK DATA ALTPROGRAMLARI

EK - 3.1 Örnek 1' e İlişkin Block Data Altprogramı

```
      BLOCK DATA
      PARAMETER (NN=14,NTD=14,NTDY=9,NYC=4,NCSSP=12,NBCSSP=2
     *,NESE=1,NLE=8,NRK=8,NZ=8,NF=4,NTS=1,NYED=6,NKT=1)
      COMMON /VERI/N,ND,NX,NC,NU,NS,NY,CH,EN,ED,CD,GD,KS,TD,XY
     *,YC,KSY,TDY,XYY,CSSP,BCSSP,NCS
     *,NES,NYK,NEDS,EDKDS,LED,YED,RKD,ZS,FS,TS,EBE,MKT,NK
      INTEGER N,ND,NX,NC,NU,NS,NY,EN(NN),ED(NN),CD(NN),GD(NN),
     *KS(NN),KSY(NYC),CSSP(NCSSP),BCSSP(NBCSSP),NCS
     *,NES,NEDS(NESE),EDKDS(NF),NYK,MKT(NKT),NK
      REAL TD(NTD),TDY(NTDY),RKD(NRK),ZS(NZ),FS(NF),TS(NTS),EBE,LED(NLE)
      CHARACTER*4 CH(NN),XY(NTD),YC(NYC),XYY(NTDY),YED(NYED)
C
C******  ASAGIDAKI BILGILERI SIRAYLA GIRINIZ  **********
C
      DATA
     *N/14/,
     *ND/11/,
     *NX/2/,
     *NC/5/,
     *NU/4/,
     *NS/3/,
     *NY/4/,
     *CH/'C','L','R','R','GK','R','R','R','GK','GK','GK','S','S','S'/
     *EN/1,2,3,4,5,6,6,6,6,6,6,6,6,6/,
     *ED/1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14/,
     *CD/3,1,2,4,1,5,7,2,6,8,10,3,3,3/,
     *GD/4,2,3,11,11,6,8,10,11,11,11,5,7,9/
     *KS/2,2,2,2,0,2,2,2,0,0,0,0,0,0/,
     *TD/12E-6,-1,69E-3,-1,1,-25,1,-100,1,-52.63,1,-56.62,1,-6.25/
     *XY/'DV1','I1','DI2','V2','V3','I3','V4','I4','V6','I6','V7','I7'
     *,'V8','I8'/
     *YC/'VRN','VC','IL','VK'/,
     *KSY/3,2,2,2/,
     *TDY/1,-1,-1,1,-1,1,-1,1,-1/,
     *XYY/'VRN','V1','V4','VC','V1','IL','I2','VK','V5'/
     *CSSP/1,0,0,0,0,0,1,0,0,0,0,1/,
     *BCSSP/4,3/,
     *NCS/1/
     *NES/1/
     *NYK/1/
     *NEDS/4/
     *EDKDS/1,2,2,1/
     *LED/-1,1,-1,1,-1,1/
     *YED/'VRN','VRN','VRN','VRN','VRN','VRN'/
     *RKD/-11,11,-5.25,5.25,-10.5,10.5/
     *ZS/0,0,1,0,1,0,0,0/
     *FS/0,0,0,0/
     *TS/0/
     *EBE/1.0E-6/
     *MKT/0/
     *NK/0/
      END
```

EK - 3.2 Örnek 2' ye İlişkin Block Data Altprogramı

```
      BLOCK DATA
      PARAMETER (NN=16,NTD=16,NTDY=11,NYC=5,NCSSP=10,NBCSSP=6
     *,NESE=3,NLE=8,NRK=8,NZ=14,NF=7,NTS=1,NYED=6,NKT=4)
      COMMON /VERI/N,ND,NX,NC,NU,NS,NY,CH,EN,ED,CD,GD,KS,TD,XY
     *,YC,KSY,TDY,XYY,CSSP,BCSSP,NCS
     *,NES,NYK,NEDS,EDKDS,LED,YED,RKD,ZS,FS,TS,EBE,MKT,NK
      INTEGER N,ND,NX,NC,NU,NS,NY,EN(NN),ED(NN),CD(NN),GD(NN),
     *KS(NN),KSY(NYC),CSSP(NCSSP),BCSSP(NBCSSP),NCS
```

```
     *,NES,NEDS(NESE),EDKDS(NF),NYK,MKT(NKT),NK
      REAL TD(NTD),TDY(NTDY),RKD(NRK),ZS(NZ),FS(NF),TS(NTS),EBE,LED(NLE)
      CHARACTER*4 CH(NN),XY(NTD),YC(NYC),XYY(NTDY),YED(NYED)
C
C******  ASAGIDAKI BILGILERI SIRAYLA GIRINIZ  *********
C
      DATA
     *N/16/,
     *ND/10/,
     *NX/2/,
     *NC/6/,
     *NU/4/,
     *NS/4/,
     *NY/5/,
     *CH/'C','L','GK','R','R','S','GK','R','R','S','AK','R','R',
     *'GR','S','S'/
     *EN/1,2,3,4,4,4,4,5,5,5,5,6,6,6,6,6/,
     *ED/1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16/,
     *CD/3,1,1,3,4,2,5,2,6,2,6,7,8,9,3,3/,
     *GD/10,2,10,3,5,4,3,10,10,6,10,10,9,10,5,7/
     *KS/2,2,0,2,2,0,0,2,2,0,0,2,2,6,0,0/,
     *TD/1,-1,1,-1,1,-500E3,1,-250E-3,1,-650E3,1,-100E-3,1,-2,1,-0.667/
     *XY/'DV1','I1','DI2','V2','V4','I4','V5','I5','V6','I6','V9','I9'
     *,'V12','I12','V13','I13'/
     *YC/'VD','IT','VRN','IL','VC'/,
     *KSY/2,3,2,2,2/,
     *TDY/1,-1,1,-1,-1,1,-1,1,-1,1,-1/,
     *XYY/'VD','V4','IT','I5','I10','VRN','V1','IL','I2','VC','V1'/
     *CSSP/0,1,0,1,0,1,1,0,0,1/,
     *BCSSP/2,1,2,1,3,2/,
     *NCS/3/
     *NES/3/
     *NYK/3/
     *NEDS/2,2,3/
     *EDKDS/1,1,1,1,1,2,1/
     *LED/-1,1,-1,1,-1,1,-1,1/
     *YED/'VD','VD','IT','IT','VRN','VRN','VRN','VRN'/
     *RKD/-0.6,0.6,-0.02,0.02,0,0,-1.5,1.5/
     *ZS/0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,1,0,0,0/
     *FS/0,0,0,1,0,0,0/
     *TS/1.66E-3/
     *EBE/1.0E-6/
     *MKT/0,2,2,0/
     *NK/1/
      END
```

EK - 3.3 Örnek 3' e İlişkin Block Data Altprogramı

```
      BLOCK DATA
      PARAMETER (NN=14,NTD=12,NTDY=10,NYC=5,NCSSP=6,NBCSSP=6
     *,NESE=4,NLE=8,NRK=6,NZ=6,NF=6,NTS=3,NYED=8,NKT=30)
      COMMON /VERD/N,ND,NX,NC,NU,NS,NY,CH,EN,ED,CD,GD,KS,TD,XY
     *,YC,KSY,TDY,XYY,CSSP,BCSSP,NCS
     *,NES,NYK,NEDS,EDKDS,LED,YED,RKD,ZS,FS,TS,EBE,MKT,NK
      INTEGER N,ND,NX,NC,NU,NS,NY,EN(NN),ED(NN),CD(NN),GD(NN),
     *KS(NN),KSY(NYC),CSSP(NCSSP),BCSSP(NBCSSP),NCS
     *,NES,NEDS(NESE),EDKDS(NF),NYK,MKT(NKT),NK
      REAL TD(NTD),TDY(NTDY),RKD(NRK),ZS(NZ),FS(NF),TS(NTS),EBE,LED(NLE)
      CHARACTER*4 CH(NN),XY(NTD),YC(NYC),XYY(NTDY),YED(NYED)
C
C******  ASAGIDAKI BILGILERI SIRAYLA GIRINIZ  *********
C
      DATA
     *N/14/,
     *ND/8/,
     *NX/2/,
     *NC/4/,
     *NU/4/,
     *NS/4/,
     *NY/5/,
     *CH/'GK','GK','GK','S','S','S','S','R','L','GKGK',
     *'AKAK','R','C','AK'/
     *EN/1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,11,11,11/,
     *ED/1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14/,
     *CD/1,2,3,1,2,3,8,4,5,6,6,7,7,7/,
     *GD/6,6,6,4,4,6,4,5,6,6,7,6,6,6/
     *KS/0,0,0,0,0,0,0,2,2,2,2,2,0/,
     *TD/1,-5.27,0.6726,-1,1,-1.34,1,-1.34,1,-344.63,0.0026,-1/
     *XY/'V8','I8','DI9','V9','V10','V13','I11','I9','V12','I12',
     *'DV13','I13'/
```

```
     *YC/'IT1','IT2','IT3','VDB','EA'/,
     *KSY/2,2,2,2,2/,
     *TDY/1,-1,1,-1,1,-1,1,-1,1,-1/,
     *XYY/'IT1','I4','IT2','I5','IT3','I6',
     *'VDB','V7','EA','V15'/
     *CSSP/0,1,0,1,0,1,0,1/
     *BCSSP/2,1,2,1,2,1,2,1/,
     *NCS/4/
     *NES/4/
     *NYK/4/
     *NEDS/2,2,2,2/
     *EDKDS/1,1,1,1,1,1,1,1/
     *LED/-1,1,-1,1,-1,1,-1,1/
     *YED/'IT1','IT1','IT2','IT2','IT3','IT3','VDB','VDB'/
     *RKD/-0.02,0.02,-0.02,0.02,-0.02,0.02,-0.7,0.7/
     *ZS/0,0,0,0,0,0,0,0/
     *FS/0,1,0,1,0,1,0,0/
     *TS/1.66E-3,8.3E-3,14.94E-3/
     *EBE/1.0E-5/
     *MKT/0,0,0,0,0,0,2,0,2,2,0,0,2,2,0,0,2,0,0,2,2,0,0,2,0,0,0,2,2,2/
     *NK/6/
      END
```

EK - 3.4 Örnek 4' e İlişkin Block Data Altprogramı

```
      BLOCK DATA
      PARAMETER (NNm7,NTDm6,NTDYm12,NYCm5,NCSSPm4,NBCSSPm4
     *,NESEm2,NLEm5,NRKm5,NZm6,NFm4,NTSm1,NYEDm5,NKTm3)
      COMMON /VERI/N,ND,NX,NC,NU,NS,NY,CH,EN,ED,CD,GD,KS,TD,XY
     *,YC,KSY,TDY,XYY,CSSP,BCSSP,NCS
     *,NES,NYK,NEDS,EDKDS,LED,YED,RKD,ZS,FS,TS,EBE,MKT,NK
      INTEGER N,ND,NX,NC,NU,NS,NY,EN(NN),ED(NN),CD(NN),GD(NN),
     *KS(NN),KSY(NYC),CSSP(NCSSP),BCSSP(NBCSSP),NCS
     *,NES,NEDS(NESE),EDKDS(NF),NYK,MKT(NKT),NK
      REAL TD(NTD),TDY(NTDY),RKD(NRK),ZS(NZ),FS(NF),TS(NTS),EBE,LED(NLE)
      CHARACTER*4 CH(NN),XY(NTD),YC(NYC),XYY(NTDY),YED(NYED)
C
C******  ASAGIDAKI BILGILERI SIRAYLA GIRINIZ  *********
C
      DATA
     *N/7/,
     *ND/6/,
     *NX/2/,
     *NC/1/,
     *NU/2/,
     *NS/2/,
     *NY/5/,
     *CH/'GK','GK','C','C','S','R','S'/
     *EN/1,2,3,4,5,6,6/,
     *ED/1,2,3,4,5,6,7/,
     *CD/1,2,3,3,1,3,3/,
     *GD/2,5,5,4,3,5,5/
     *KS/0,0,2,2,0,2,0/,
     *TD/1,-1,1,-1,1,-2/
     *XY/'DV3','I3','DV4','I4','V6','I6'/
     *YC/'VD','ID','VRN','IRN','VK'/,
     *KSY/2,2,2,3,3/,
     *TDY/1,-1,1,-1,1,-1,1,-1,1,-1,1,-1/,
     *XYY/'VD','V5','ID','I5','VRN','V6','IRN','I5','I7','VK','V1','V2'/
     *CSSP/0,1,0,1/,
     *BCSSP/2,1,2,1/,
     *NCS/2/
     *NES/2/
     *NYK/6/
     *NEDS/2,2/
     *EDKDS/1,2,1,1/
     *LED/-1,1,1,-1,1/
     *YED/'VD','VD','ID','VRN','IRN'/
     *RKD/0,0,0,0,0,0/
     *ZS/0,0,2,0,0,0,0,0/
     *FS/0,0,0,0/
     *TS/0/
     *EBE/1.0E-3/
     *MKT/0,2,2/
     *NK/1/
      END
```

EK - 3.5 Örnek 5' e İlişkin Block Data Altprogramı

```
      BLOCK DATA
      PARAMETER (NN=16,NTD=10,NTDY=5,NYC=2,NCSSP=32,NBCSSP=2
     *,NESE=1,NLE=6,NRK=6,NZ=6,NF=4,NTS=1,NYED=6,NKT=1)
      COMMON /VERI/N,ND,NX,NC,NU,NS,NY,CH,EN,ED,CD,GD,KS,TD,XY
     *,YC,KSY,TDY,XYY,CSSP,BCSSP,NCS
     *,NES,NYK,NEDS,EDKDS,LED,YED,RKD,ZS,FS,TS,EBE,MKT,NK
      INTEGER N,ND,NX,NC,NU,NS,NY,EN(NN),ED(NN),CD(NN),GD(NN),
     *KS(NN),KSY(NYC),CSSP(NCSSP),BCSSP(NBCSSP),NCS
     *,NES,NEDS(NESE),EDKDS(NF),NYK,MKT(NKT),NK
      REAL TD(NTD),TDY(NTDY),RKD(NRK),ZS(NZ),FS(NF),TS(NTS),EBE,LED(NLE)
      CHARACTER*4 CH(NN),XY(NTD),YC(NYC),XYY(NTDY),YED(NYED)
C
C****** ASAGIDAKI BILGILERI SIRAYLA GIRINIZ **********
C
      DATA
     *N/16/,
     *ND/9/,
     *NX/4/,
     *NC/1/,
     *NU/3/,
     *NS/8/,
     *NY/2/,
     *CH/'R','GK','S','L','S','AK','S','S','L','S','L','S','AK',
     *'S','S','L'/
     *EN/1,2,3,3,3,3,3,3,3,3,3,3,3,3,3,3/,
     *ED/1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16/,
     *CD/1,1,2,3,3,4,4,2,5,2,6,6,7,7,2,6/,
     *GD/2,3,3,9,4,5,5,5,9,8,9,7,6,6,6,9/
     *KS/2,0,0,2,0,0,0,0,2,0,2,0,0,0,0,2/,
     *TD/1,-2,1E-3,-1,1E-3,-1,5E-3,-1,5E-3,-1/
     *XY/'V1','I1','DI4','V4','DI9','V9','DI11','V11','DI16','V16'/
     *YC/'ILN','VLN'/,
     *KSY/2,3/,
     *TDY/1,-1,1,-1,-1/,
     *XYY/'ILN','IL','VLN','V3','V4'/
     *CSSP/1,0,0,0,0,1,0,1,1,0,1,0,0,0,1,0,0,1,0,0,1,0,1,0,0,1,0,1,0,0,0
     *,1/,
     *BCSSP/4,6/,
     *NCS/1/
     *NES/1/
     *NYK/1/
     *NEDS/4/
     *EDKDS/1,2,1,2/
     *LED/-1,1,-1,1,-1,1/
     *YED/'ILN','ILN','ILN','ILN','ILN','ILN'/
     *RKD/0.5,-0.5,-4,0.5,-0.5,-4/
     *ZS/0,0,1,0,0,0,1,0/
     *FS/0,0,0,0/
     *TS/0/
     *EBE/1.0E-5/
     *MKT/0/
     *NK/0/
      END
```

EK - 3.6 Örnek 6' ya İlişkin Block Data Altprogramı

```
      BLOCK DATA
      PARAMETER (NN=9,NTD=12,NTDY=7,NYC=3,NCSSP=4,NBCSSP=4
     *,NESE=2,NLE=6,NRK=6,NZ=6,NF=4,NTS=1,NYED=6,NKT=6)
      COMMON /VERI/N,ND,NX,NC,NU,NS,NY,CH,EN,ED,CD,GD,KS,TD,XY
     *,YC,KSY,TDY,XYY,CSSP,BCSSP,NCS
     *,NES,NYK,NEDS,EDKDS,LED,YED,RKD,ZS,FS,TS,EBE,MKT,NK
      INTEGER N,ND,NX,NC,NU,NS,NY,EN(NN),ED(NN),CD(NN),GD(NN),
     *KS(NN),KSY(NYC),CSSP(NCSSP),BCSSP(NBCSSP),NCS
     *,NES,NEDS(NESE),EDKDS(NF),NYK,MKT(NKT),NK
      REAL TD(NTD),TDY(NTDY),RKD(NRK),ZS(NZ),FS(NF),TS(NTS),EBE,LED(NLE)
      CHARACTER*4 CH(NN),XY(NTD),YC(NYC),XYY(NTDY),YED(NYED)
C
C****** ASAGIDAKI BILGILERI SIRAYLA GIRINIZ **********
C
      DATA
     *N/9/,
     *ND/6/,
```

```
*NX/5/,
*NC/1/,
*NU/1/,
*NS/3/,
*NY/3/,
*CH/'AK','L','L','S','L','S','C','GKGK','C'/
*EN/1,2,2,2,3,4,4,5,6/,
*ED/1,2,3,4,5,6,7,8,9/,
*CD/6,1,3,3,1,2,4,2,5/,
*GD/1,3,6,6,2,4,6,5,6/
*KS/0,2,2,0,2,0,2,2,2/,
*TD/1,-1,1,-1,1,-1,1,-1,1,-0.5,2,-1/
*XY/'DI2','V2','DI3','V3','DI5','V5','DV7','I7','V8','V5','DV9',
*'I9'/
*YC/'ILN','VCN','VC1'/,
*KSY/2,3,2/,
*TDY/1,-1,1,-1,-1,1,-1/,
*XYY/'ILN','I2','VCN','V6','V7','VC1','V9'/
*CSSP/1,0,0,1/,
*BCSSP/2,1,2,1/,
*NCS/2/
*NES/2/
*NYK/2/
*NEDS/2,2/
*EDKDS/1,1,2,2/
*LED/-1,1,1,-1,-1,1/
*YED/'ILN','ILN','VLN','VLN','VLN','VLN'/
*RKD/1.5,1.5,4,4,-4,-4/
*ZS/0,0,0,0,2,0,1,0/
*FS/0,0,0,0/
*TS/0/
*EBE/1.0E-3/
*MKT/1,1,1,2,1,2/
*NK/2/
 END
```

EK - 4 ÖRNEKLERE İLİŞKİN BİLGİSAYAR ÇIKTISININ LİSTELERİ

EK - 4.1 Örnek 1' e İlişkin Bilgisayar Çıktısı

```
ANAHTARLARIN, 1.SISTEM DURUMUNDAKI POZISYONLARI
   1    0    0
ANAHTARLARIN, 2.SISTEM DURUMUNDAKI POZISYONLARI
   0    0    0
ANAHTARLARIN, 3.SISTEM DURUMUNDAKI POZISYONLARI
   0    1    0
ANAHTARLARIN, 4.SISTEM DURUMUNDAKI POZISYONLARI
   0    0    1
DURUM D.DE, 1.SISTEM DURUMU ICIN DURUM DEGISKENLERININ KATSAYI MATRISI
  -0.54596E+03 0.26735E+05
  -0.49974E+01-0.66206E+03
DURUM D.DE, 2.SISTEM DURUMU ICIN DURUM DEGISKENLERININ KATSAYI MATRISI
   0.00000E+00 0.33333E+05
  -0.14493E+02-0.16116E+04
DURUM D.DE, 3.SISTEM DURUMU ICIN DURUM DEGISKENLERININ KATSAYI MATRISI
  -0.52470E+03 0.30463E+05
  -0.53675E+01-0.69907E+03
DURUM D.DE, 4.SISTEM DURUMU ICIN DURUM DEGISKENLERININ KATSAYI MATRISI
  -0.78431E+03 0.49020E+04
  -0.85252E+00-0.44757E+03
DURUM D.DE, 1.SISTEM DURUMU ICIN GIRIS KAYNAK.VE TUREVLERININ KAT.MAT.
KAYNAK TUREVININ  0.DERECEDEN KATSAYI MATRISI
   0.00000E+00 0.54596E+03 0.00000E+00 0.00000E+00
   0.14493E+02-0.94954E+01 0.00000E+00 0.00000E+00
DURUM D.DE, 2.SISTEM DURUMU ICIN GIRIS KAYNAK.VE TUREVLERININ KAT.MAT.
KAYNAK TUREVININ  0.DERECEDEN KATSAYI MATRISI
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
   0.14493E+02 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
DURUM D.DE, 3.SISTEM DURUMU ICIN GIRIS KAYNAK.VE TUREVLERININ KAT.MAT.
KAYNAK TUREVININ  0.DERECEDEN KATSAYI MATRISI
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.52470E+03 0.00000E+00
   0.14493E+02 0.00000E+00-0.91253E+01 0.00000E+00
DURUM D.DE, 4.SISTEM DURUMU ICIN GIRIS KAYNAK.VE TUREVLERININ KAT.MAT.
KAYNAK TUREVININ  0.DERECEDEN KATSAYI MATRISI
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.78431E+03
   0.14493E+02 0.00000E+00 0.00000E+00-0.13648E+02
CIKIS D.DE, 1.SISTEM DURUMU ICIN DURUM DEGISKENLERININ KAT.MAT.
   0.34462E+02 0.34462E+02
   0.10000E+01 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.10000E+01
   0.00000E+00 0.00000E+00
CIKIS D.DE, 2.SISTEM DURUMU ICIN DURUM DEGISKENLERININ KAT.MAT.
   0.10000E+01 0.10000E+03
   0.10000E+01 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.10000E+01
   0.00000E+00 0.00000E+00
CIKIS D.DE, 3.SISTEM DURUMU ICIN DURUM DEGISKENLERININ KAT.MAT.
   0.37036E+00 0.37036E+02
   0.10000E+01 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.10000E+01
   0.00000E+00 0.00000E+00
CIKIS D.DE, 4.SISTEM DURUMU ICIN DURUM DEGISKENLERININ KAT.MAT.
   0.56624E-01 0.56624E+01
   0.10000E+01 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.10000E+01
   0.00000E+00 0.00000E+00
CIKIS D.DE, 1.SISTEM DURUMU ICIN GIRIS KAYNAK.VE TUREVLERININ KAT.MAT.
KAYNAK TUREVININ  0.DERECEDEN KATSAYI MATRISI
   0.00000E+00 0.65516E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
   0.10000E+01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
CIKIS D.DE, 2.SISTEM DURUMU ICIN GIRIS KAYNAK.VE TUREVLERININ KAT.MAT.
KAYNAK TUREVININ  0.DERECEDEN KATSAYI MATRISI
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
   0.10000E+01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
CIKIS D.DE, 3.SISTEM DURUMU ICIN GIRIS KAYNAK.VE TUREVLERININ KAT.MAT.
KAYNAK TUREVININ  0.DERECEDEN KATSAYI MATRISI
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.62964E+00 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
   0.10000E+01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
CIKIS D.DE, 4.SISTEM DURUMU ICIN GIRIS KAYNAK.VE TUREVLERININ KAT.MAT.
KAYNAK TUREVININ  0.DERECEDEN KATSAYI MATRISI
```

```
    0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.94114E+00
    0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
    0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
    0.16000E+01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
**********************************************************************
**BU ORNEKTE, F K,I 'LER BIRIM MATRIS OLDUGU ICIN, G K,I,I**
*****LERDE TUM ELEMANLARI SIFIR OLDUGU ICIN SILINMISTIR*****
**********************************************************************
DURUM DEGISIMINE NEDEN OLAN UC BUYUKLUKLERI
     VRN
 LINEER OLMAYAN 1.ELEMANIN, 1.DURUMUNDA
**************************************************
DURUM DEGISIMINE NEDEN OLAN UC BUYUKLUKLERINE ILISKIN KATSAYILAR
     -1.00
DURUM DEGISIMINE NEDEN OLAN REFERANS DEGERLERI
     -11.0000
KONTROL DENKLEMLERI ARASINDAKI BAGLACLAR
     0.00  0.00
 ZAMANLA KAC KERE ILGILI
     0.000000E+00
 LINEER OLMAYAN 1.ELEMANIN, 2.DURUMUNDA
**************************************************
DURUM DEGISIMINE NEDEN OLAN UC BUYUKLUKLERINE ILISKIN KATSAYILAR
     1.00
    -1.00
DURUM DEGISIMINE NEDEN OLAN REFERANS DEGERLERI
    11.0000
    -5.25000
KONTROL DENKLEMLERI ARASINDAKI BAGLACLAR
     1.00  0.00
 ZAMANLA KAC KERE ILGILI
     0.000000E+00
 LINEER OLMAYAN 1.ELEMANIN, 3.DURUMUNDA
**************************************************
DURUM DEGISIMINE NEDEN OLAN UC BUYUKLUKLERINE ILISKIN KATSAYILAR
     1.00
    -1.00
DURUM DEGISIMINE NEDEN OLAN REFERANS DEGERLERI
     5.25000
   -10.5000
KONTROL DENKLEMLERI ARASINDAKI BAGLACLAR
     1.00  0.00
 ZAMANLA KAC KERE ILGILI
     0.000000E+00
 LINEER OLMAYAN 1.ELEMANIN, 4.DURUMUNDA
**************************************************
DURUM DEGISIMINE NEDEN OLAN UC BUYUKLUKLERINE ILISKIN KATSAYILAR
     1.00
DURUM DEGISIMINE NEDEN OLAN REFERANS DEGERLERI
    10.5000
KONTROL DENKLEMLERI ARASINDAKI BAGLACLAR
     0.00  0.00
 ZAMANLA KAC KERE ILGILI
     0.000000E+00
ELEMANLARLA ILGILI ZAMAN DEGERLERINI GOSTEREN VEKTOR
**********************************************************
 ZAMANLA ILGILI ELEMAN YOKTUR
```

EK - 4.2 Örnek 2' ye İlişkin Bilgisayar Çıktısı

```
ANAHTARLARIN, 1.SISTEM DURUMUNDAKI POZISYONLARI
   0   0   0   0
ANAHTARLARIN, 2.SISTEM DURUMUNDAKI POZISYONLARI
   1   0   0   0
ANAHTARLARIN, 3.SISTEM DURUMUNDAKI POZISYONLARI
   0   1   0   0
ANAHTARLARIN, 4.SISTEM DURUMUNDAKI POZISYONLARI
   0   0   1   0
ANAHTARLARIN, 5.SISTEM DURUMUNDAKI POZISYONLARI
   1   0   1   0
ANAHTARLARIN, 6.SISTEM DURUMUNDAKI POZISYONLARI
   0   1   1   0
ANAHTARLARIN, 7.SISTEM DURUMUNDAKI POZISYONLARI
   0   0   1   1
ANAHTARLARIN, 8.SISTEM DURUMUNDAKI POZISYONLARI
   1   0   1   1
ANAHTARLARIN, 9.SISTEM DURUMUNDAKI POZISYONLARI
   0   1   1   1
DURUM D.DE, 1.SISTEM DURUMU ICIN DURUM DEGISKENLERININ KATSAYI MATRISI
  -0.46957E-06 0.46422E+00
```

-0.56522E+00-0.26261E+06
DURUM D.DE, 2.SISTEM DURUMU ICIN DURUM DEGISKENLERININ KATSAYI MATRISI
-0.15858E-05 0.10000E+01
-0.10000E+01-0.25000E+06
DURUM D.DE, 3.SISTEM DURUMU ICIN DURUM DEGISKENLERININ KATSAYI MATRISI
-0.20000E-05 0.19002E-06
-0.22990E-06-0.95012E-01
DURUM D.DE, 4.SISTEM DURUMU ICIN DURUM DEGISKENLERININ KATSAYI MATRISI
-0.14993E+01 0.56522E+00
-0.56522E+00-0.26261E+06
DURUM D.DE, 5.SISTEM DURUMU ICIN DURUM DEGISKENLERININ KATSAYI MATRISI
-0.14993E+01 0.10000E+01
-0.10000E+01-0.25000E+06
DURUM D.DE, 6.SISTEM DURUMU ICIN DURUM DEGISKENLERININ KATSAYI MATRISI
-0.14993E+01 0.19002E-06
-0.22990E-06-0.95012E-01
DURUM D.DE, 7.SISTEM DURUMU ICIN DURUM DEGISKENLERININ KATSAYI MATRISI
-0.19993E+01 0.56522E+00
-0.56522E+00-0.26261E+06
DURUM D.DE, 8.SISTEM DURUMU ICIN DURUM DEGISKENLERININ KATSAYI MATRISI
-0.19993E+01 0.10000E+01
-0.10000E+01-0.25000E+06
DURUM D.DE, 9.SISTEM DURUMU ICIN DURUM DEGISKENLERININ KATSAYI MATRISI
-0.19993E+01 0.19002E-06
-0.22990E-06-0.95012E-01
DURUM D.DE, 1.SISTEM DURUMU ICIN GIRIS KAYNAK.VE TUREVLERININ KAT.MAT.
KAYNAK TUREVININ 0.DERECEDEN KATSAYI MATRISI
0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
0.10000E+01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
DURUM D.DE, 2.SISTEM DURUMU ICIN GIRIS KAYNAK.VE TUREVLERININ KAT.MAT.
KAYNAK TUREVININ 0.DERECEDEN KATSAYI MATRISI
0.00000E+00-0.14493E-05 0.00000E+00 0.00000E+00
0.10000E+01-0.10000E+01 0.00000E+00 0.00000E+00
DURUM D.DE, 3.SISTEM DURUMU ICIN GIRIS KAYNAK.VE TUREVLERININ KAT.MAT.
KAYNAK TUREVININ 0.DERECEDEN KATSAYI MATRISI
0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00-0.20000E-06
0.10000E+01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.10000E+00
DURUM D.DE, 4.SISTEM DURUMU ICIN GIRIS KAYNAK.VE TUREVLERININ KAT.MAT.
KAYNAK TUREVININ 0.DERECEDEN KATSAYI MATRISI
0.00000E+00 0.00000E+00 0.14993E+01 0.00000E+00
0.10000E+01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
DURUM D.DE, 5.SISTEM DURUMU ICIN GIRIS KAYNAK.VE TUREVLERININ KAT.MAT.
KAYNAK TUREVININ 0.DERECEDEN KATSAYI MATRISI
0.00000E+00-0.14493E-05 0.14993E+01 0.00000E+00
0.10000E+01-0.10000E+01 0.00000E+00 0.00000E+00
DURUM D.DE, 6.SISTEM DURUMU ICIN GIRIS KAYNAK.VE TUREVLERININ KAT.MAT.
KAYNAK TUREVININ 0.DERECEDEN KATSAYI MATRISI
0.00000E+00 0.00000E+00 0.14993E+01-0.20000E-06
0.10000E+01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.10000E+00
DURUM D.DE, 7.SISTEM DURUMU ICIN GIRIS KAYNAK.VE TUREVLERININ KAT.MAT.
KAYNAK TUREVININ 0.DERECEDEN KATSAYI MATRISI
0.00000E+00 0.00000E+00 0.14993E+01 0.00000E+00
0.10000E+01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
DURUM D.DE, 8.SISTEM DURUMU ICIN GIRIS KAYNAK.VE TUREVLERININ KAT.MAT.
KAYNAK TUREVININ 0.DERECEDEN KATSAYI MATRISI
0.00000E+00-0.14493E-05 0.14993E+01 0.00000E+00
0.10000E+01-0.10000E+01 0.00000E+00 0.00000E+00
DURUM D.DE, 9.SISTEM DURUMU ICIN GIRIS KAYNAK.VE TUREVLERININ KAT.MAT.
KAYNAK TUREVININ 0.DERECEDEN KATSAYI MATRISI
0.00000E+00 0.00000E+00 0.14993E+01-0.20000E-06
0.10000E+01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.10000E+00
CIKIS D.DE, 1.SISTEM DURUMU ICIN DURUM DEGISKENLERININ KAT.MAT.
-0.43478E+00 0.26261E+06
0.66957E-06 0.43478E+00
0.10000E+01 0.00000E+00
0.00000E+00 0.10000E+01
0.10000E+01 0.00000E+00
CIKIS D.DE, 2.SISTEM DURUMU ICIN DURUM DEGISKENLERININ KAT.MAT.
0.00000E+00 0.25000E+00
0.15858E-05 0.39407E-06
0.10000E+01 0.00000E+00
0.00000E+00 0.10000E+01
0.10000E+01 0.00000E+00
CIKIS D.DE, 3.SISTEM DURUMU ICIN DURUM DEGISKENLERININ KAT.MAT.
-0.10000E+01 0.95012E-01
0.20000E-05 0.10000E+01
0.10000E+01 0.00000E+00
0.00000E+00 0.10000E+01
0.10000E+01 0.00000E+00
CIKIS D.DE, 4.SISTEM DURUMU ICIN DURUM DEGISKENLERININ KAT.MAT.
-0.43478E+00 0.26261E+06
0.66957E-06 0.43478E+00
0.10000E+01 0.00000E+00
0.00000E+00 0.10000E+01
0.10000E+01 0.00000E+00
CIKIS D.DE, 5.SISTEM DURUMU ICIN DURUM DEGISKENLERININ KAT.MAT.
0.00000E+00 0.25000E+00
0.15858E-05 0.39407E-06
0.10000E+01 0.00000E+00
0.00000E+00 0.10000E+01
0.10000E+01 0.00000E+00
CIKIS D.DE, 6.SISTEM DURUMU ICIN DURUM DEGISKENLERININ KAT.MAT.
-0.10000E+01 0.95012E-01

```
   0.20000E-05 0.10000E+01
   0.10000E+01 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.10000E+01
   0.10000E+01 0.00000E+00
 CIKIS D.DE, 7.SISTEM DURUMU ICIN DURUM DEGISKENLERININ KAT.MAT.
  -0.43478E+00 0.26261E+06
   0.66957E-06 0.43478E+00
   0.10000E+01 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.10000E+01
   0.10000E+01 0.00000E+00
 CIKIS D.DE, 8.SISTEM DURUMU ICIN DURUM DEGISKENLERININ KAT.MAT.
   0.00000E+00 0.25000E+00
   0.15856E-05 0.39407E-06
   0.10000E+01 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.10000E+01
   0.10000E+01 0.00000E+00
 CIKIS D.DE, 9.SISTEM DURUMU ICIN DURUM DEGISKENLERININ KAT.MAT.
  -0.10000E+01 0.95012E-01
   0.20000E-05 0.10000E+01
   0.10000E+01 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.10000E+01
   0.10000E+01 0.00000E+00
 CIKIS D.DE, 1.SISTEM DURUMU ICIN GIRIS KAYNAK.VE TUREVLERININ KAT.MAT.
 KAYNAK TUREVININ  0.DERECEDEN KATSAYI MATRISI
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 CIKIS D.DE, 2.SISTEM DURUMU ICIN GIRIS KAYNAK.VE TUREVLERININ KAT.MAT.
 KAYNAK TUREVININ  0.DERECEDEN KATSAYI MATRISI
   0.00000E+00 0.10000E+01 0.00000E+00 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.14442E-05 0.00000E+00 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 CIKIS D.DE, 3.SISTEM DURUMU ICIN GIRIS KAYNAK.VE TUREVLERININ KAT.MAT.
 KAYNAK TUREVININ  0.DERECEDEN KATSAYI MATRISI
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00-0.10000E+00
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.20000E-06
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 CIKIS D.DE, 4.SISTEM DURUMU ICIN GIRIS KAYNAK.VE TUREVLERININ KAT.MAT.
 KAYNAK TUREVININ  0.DERECEDEN KATSAYI MATRISI
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 CIKIS D.DE, 5.SISTEM DURUMU ICIN GIRIS KAYNAK.VE TUREVLERININ KAT.MAT.
 KAYNAK TUREVININ  0.DERECEDEN KATSAYI MATRISI
   0.00000E+00 0.10000E+01 0.00000E+00 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.14442E-05 0.00000E+00 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 CIKIS D.DE, 6.SISTEM DURUMU ICIN GIRIS KAYNAK.VE TUREVLERININ KAT.MAT.
 KAYNAK TUREVININ  0.DERECEDEN KATSAYI MATRISI
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00-0.10000E+00
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.20000E-06
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 CIKIS D.DE, 7.SISTEM DURUMU ICIN GIRIS KAYNAK.VE TUREVLERININ KAT.MAT.
 KAYNAK TUREVININ  0.DERECEDEN KATSAYI MATRISI
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 CIKIS D.DE, 8.SISTEM DURUMU ICIN GIRIS KAYNAK.VE TUREVLERININ KAT.MAT.
 KAYNAK TUREVININ  0.DERECEDEN KATSAYI MATRISI
   0.00000E+00 0.10000E+01 0.00000E+00 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.14442E-05 0.00000E+00 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 CIKIS D.DE, 9.SISTEM DURUMU ICIN GIRIS KAYNAK.VE TUREVLERININ KAT.MAT.
 KAYNAK TUREVININ  0.DERECEDEN KATSAYI MATRISI
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00-0.10000E+00
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.20000E-06
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
**********************************************************
**BU ORNEKTE, F K,J 'LER BIRIM MATRIS OLDUGU ICIN, G K,J,I**
*****LERDE TUM ELEMANLARI SIFIR OLDUGU ICIN SILINMISTIR*****
**********************************************************
 DURUM DEGISIMINE NEDEN OLAN UC BUYUKLUKLERI
     VD
     !T
     VRN
```

```
 LINEER OLMAYAN 1.ELEMANIN, 1.DURUMUNDA
**************************************************
DURUM DEGISIMINE NEDEN OLAN UC BUYUKLUKLERINE ILISKIN KATSAYILAR
    -1.00  0.00  0.00
DURUM DEGISIMINE NEDEN OLAN REFERANS DEGERLERI
    -0.500000
KONTROL DENKLEMLERI ARASINDAKI BAGLACLAR
     0.00  0.00
 ZAMANLA KAC KERE ILGILI
     0.000000E+00
 LINEER OLMAYAN 1.ELEMANIN, 2.DURUMUNDA
**************************************************
DURUM DEGISIMINE NEDEN OLAN UC BUYUKLUKLERINE ILISKIN KATSAYILAR
     1.00  0.00  0.00
DURUM DEGISIMINE NEDEN OLAN REFERANS DEGERLERI
     0.500000
KONTROL DENKLEMLERI ARASINDAKI BAGLACLAR
     0.00  0.00
 ZAMANLA KAC KERE ILGILI
     0.000000E+00
 LINEER OLMAYAN 2.ELEMANIN, 1.DURUMUNDA
**************************************************
DURUM DEGISIMINE NEDEN OLAN UC BUYUKLUKLERINE ILISKIN KATSAYILAR
     0.00 -1.00  0.00
DURUM DEGISIMINE NEDEN OLAN REFERANS DEGERLERI
    -2.000000E-02
KONTROL DENKLEMLERI ARASINDAKI BAGLACLAR
     0.00  0.00
 ZAMANLA KAC KERE ILGILI
     0.000000E+00
 LINEER OLMAYAN 2.ELEMANIN, 2.DURUMUNDA
**************************************************
DURUM DEGISIMINE NEDEN OLAN UC BUYUKLUKLERINE ILISKIN KATSAYILAR
     0.00  1.00  0.00
DURUM DEGISIMINE NEDEN OLAN REFERANS DEGERLERI
     2.000000E-02
KONTROL DENKLEMLERI ARASINDAKI BAGLACLAR
     0.00  0.00
 ZAMANLA KAC KERE ILGILI
     1.00000
 LINEER OLMAYAN 3.ELEMANIN, 1.DURUMUNDA
**************************************************
DURUM DEGISIMINE NEDEN OLAN UC BUYUKLUKLERINE ILISKIN KATSAYILAR
     0.00  0.00 -1.00
DURUM DEGISIMINE NEDEN OLAN REFERANS DEGERLERI
     0.000000E+00
KONTROL DENKLEMLERI ARASINDAKI BAGLACLAR
     0.00  0.00
 ZAMANLA KAC KERE ILGILI
     0.000000E+00
 LINEER OLMAYAN 3.ELEMANIN, 2.DURUMUNDA
**************************************************
DURUM DEGISIMINE NEDEN OLAN UC BUYUKLUKLERINE ILISKIN KATSAYILAR
     0.00  0.00  1.00
     0.00  0.00 -1.00
DURUM DEGISIMINE NEDEN OLAN REFERANS DEGERLERI
     0.000000E+00
    -1.50000
KONTROL DENKLEMLERI ARASINDAKI BAGLACLAR
     1.00  0.00
 ZAMANLA KAC KERE ILGILI
     0.000000E+00
 LINEER OLMAYAN 3.ELEMANIN, 3.DURUMUNDA
**************************************************
DURUM DEGISIMINE NEDEN OLAN UC BUYUKLUKLERINE ILISKIN KATSAYILAR
     0.00  0.00  1.00
DURUM DEGISIMINE NEDEN OLAN REFERANS DEGERLERI
     1.50000
KONTROL DENKLEMLERI ARASINDAKI BAGLACLAR
     0.00  0.00
 ZAMANLA KAC KERE ILGILI
     0.000000E+00
 ELEMANLARLA ILGILI ZAMAN DEGERLERINI GOSTEREN VEKTOR
**********************************************************
     1.880000E-03
```

EK - 4.3 Örnek 3' e İlişkin Bilgisayar Çıktısı

```
ANAHTARLARIN, 1.SISTEM DURUMUNDAKI POZISYONLARI
   0    0    0    0
ANAHTARLARIN, 2.SISTEM DURUMUNDAKI POZISYONLARI
   1    0    0    0
ANAHTARLARIN, 3.SISTEM DURUMUNDAKI POZISYONLARI
   0    1    0    0
ANAHTARLARIN, 4.SISTEM DURUMUNDAKI POZISYONLARI
   0    0    1    0
ANAHTARLARIN, 5.SISTEM DURUMUNDAKI POZISYONLARI
   0    0    0    1
DURUM D.DE, 1.SISTEM DURUMU ICIN DURUM DEGISKENLERININ KATSAYI MATRISI
  -0.10357E+01
DURUM D.DE, 2.SISTEM DURUMU ICIN DURUM DEGISKENLERININ KATSAYI MATRISI
  -0.10357E+01 0.47857E+03
  -0.18457E+02-0.72590E+02
DURUM D.DE, 3.SISTEM DURUMU ICIN DURUM DEGISKENLERININ KATSAYI MATRISI
  -0.10357E+01 0.47857E+03
  -0.18457E+02-0.72590E+02
DURUM D.DE, 4.SISTEM DURUMU ICIN DURUM DEGISKENLERININ KATSAYI MATRISI
  -0.10357E+01 0.47857E+03
  -0.18457E+02-0.72590E+02
DURUM D.DE, 5.SISTEM DURUMU ICIN DURUM DEGISKENLERININ KATSAYI MATRISI
  -0.10357E+01 0.47857E+03
  -0.18457E+02-0.72590E+02
DURUM D.DE, 1.SISTEM DURUMU ICIN GIRIS KAYNAK.VE TUREVLERININ KAT.MAT.
KAYNAK TUREVININ  0.DERECEDEN KATSAYI MATRISI
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00-0.35714E+03
DURUM D.DE, 2.SISTEM DURUMU ICIN GIRIS KAYNAK.VE TUREVLERININ KAT.MAT.
KAYNAK TUREVININ  0.DERECEDEN KATSAYI MATRISI
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00-0.35714E+03
   0.13774E+02 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
DURUM D.DE, 3.SISTEM DURUMU ICIN GIRIS KAYNAK.VE TUREVLERININ KAT.MAT.
KAYNAK TUREVININ  0.DERECEDEN KATSAYI MATRISI
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00-0.35714E+03
   0.00000E+00 0.13774E+02 0.00000E+00 0.00000E+00
DURUM D.DE, 4.SISTEM DURUMU ICIN GIRIS KAYNAK.VE TUREVLERININ KAT.MAT.
KAYNAK TUREVININ  0.DERECEDEN KATSAYI MATRISI
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00-0.35714E+03
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.13774E+02 0.00000E+00
DURUM D.DE, 5.SISTEM DURUMU ICIN GIRIS KAYNAK.VE TUREVLERININ KAT.MAT.
KAYNAK TUREVININ  0.DERECEDEN KATSAYI MATRISI
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00-0.35714E+03
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
CIKIS D.DE, 1.SISTEM DURUMU ICIN DURUM DEGISKENLERININ KAT.MAT.
   0.00000E+00
   0.00000E+00
   0.00000E+00
  -0.13400E+01
   0.13400E+01
CIKIS D.DE, 2.SISTEM DURUMU ICIN DURUM DEGISKENLERININ KAT.MAT.
   0.00000E+00 0.10000E+01
   0.00000E+00 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.00000E+00
   0.13400E+01 0.00000E+00
CIKIS D.DE, 3.SISTEM DURUMU ICIN DURUM DEGISKENLERININ KAT.MAT.
   0.00000E+00 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.10000E+01
   0.00000E+00 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.00000E+00
   0.13400E+01 0.00000E+00
CIKIS D.DE, 4.SISTEM DURUMU ICIN DURUM DEGISKENLERININ KAT.MAT.
   0.00000E+00 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.10000E+01
   0.00000E+00 0.00000E+00
   0.13400E+01 0.00000E+00
CIKIS D.DE, 5.SISTEM DURUMU ICIN DURUM DEGISKENLERININ KAT.MAT.
   0.00000E+00 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.00000E+00
   0.13400E+01 0.00000E+00
CIKIS D.DE, 1.SISTEM DURUMU ICIN GIRIS KAYNAK.VE TUREVLERININ KAT.MAT.
KAYNAK TUREVININ  0.DERECEDEN KATSAYI MATRISI
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
CIKIS D.DE, 2.SISTEM DURUMU ICIN GIRIS KAYNAK.VE TUREVLERININ KAT.MAT.
KAYNAK TUREVININ  0.DERECEDEN KATSAYI MATRISI
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
  -0.10000E+01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
```

```
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
CIKIS D.DE, 3.SISTEM DURUMU ICIN GIRIS KAYNAK.VE TUREVLERININ KAT.MAT.
KAYNAK TUREVININ  0.DERECEDEN KATSAYI MATRISI
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
   0.00000E+00-0.10000E+01 0.00000E+00 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
CIKIS D.DE, 4.SISTEM DURUMU ICIN GIRIS KAYNAK.VE TUREVLERININ KAT.MAT.
KAYNAK TUREVININ  0.DERECEDEN KATSAYI MATRISI
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.00000E+00-0.10000E+01 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
CIKIS D.DE, 5.SISTEM DURUMU ICIN GIRIS KAYNAK.VE TUREVLERININ KAT.MAT.
KAYNAK TUREVININ  0.DERECEDEN KATSAYI MATRISI
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
ANAHTARLAMA MATRISI F  1- 2
   0.10000E+01
   0.00000E+00
ANAHTARLAMA MATRISI F  2- 1
   0.10000E+01 0.00000E+00
ANAHTARLAMA MATRISI G  1- 2 SISTEM DURUMLARI
ANAHTARLAMA MATRISI G 1, 2, 0
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
ANAHTARLAMA MATRISI G  2- 1 SISTEM DURUMLARI
ANAHTARLAMA MATRISI G 2, 1, 0
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
ANAHTARLAMA MATRISI F  1- 3
   0.10000E+01
   0.00000E+00
ANAHTARLAMA MATRISI F  3- 1
   0.10000E+01 0.00000E+00
ANAHTARLAMA MATRISI G  1- 3 SISTEM DURUMLARI
ANAHTARLAMA MATRISI G 1, 3, 0
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
ANAHTARLAMA MATRISI G  3- 1 SISTEM DURUMLARI
ANAHTARLAMA MATRISI G 3, 1, 0
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
ANAHTARLAMA MATRISI F  1- 4
   0.10000E+01
   0.00000E+00
ANAHTARLAMA MATRISI F  4- 1
   0.10000E+01 0.00000E+00
ANAHTARLAMA MATRISI G  1- 4 SISTEM DURUMLARI
ANAHTARLAMA MATRISI G 1, 4, 0
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
ANAHTARLAMA MATRISI G  4- 1 SISTEM DURUMLARI
ANAHTARLAMA MATRISI G 4, 1, 0
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
ANAHTARLAMA MATRISI F  1- 5
   0.10000E+01
   0.00000E+00
ANAHTARLAMA MATRISI F  5- 1
   0.10000E+01 0.00000E+00
ANAHTARLAMA MATRISI G  1- 5 SISTEM DURUMLARI
ANAHTARLAMA MATRISI G 1, 5, 0
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
ANAHTARLAMA MATRISI G  5- 1 SISTEM DURUMLARI
ANAHTARLAMA MATRISI G 5, 1, 0
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
ANAHTARLAMA MATRISI F  2- 3
   0.10000E+01 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.10000E+01
ANAHTARLAMA MATRISI F  3- 2
   0.10000E+01 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.10000E+01
ANAHTARLAMA MATRISI G  2- 3 SISTEM DURUMLARI
ANAHTARLAMA MATRISI G 2, 3, 0
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
ANAHTARLAMA MATRISI G  3- 2 SISTEM DURUMLARI
ANAHTARLAMA MATRISI G 3, 2, 0
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
ANAHTARLAMA MATRISI F  2- 4
   0.10000E+01 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.10000E+01
ANAHTARLAMA MATRISI F  4- 2
   0.10000E+01 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.10000E+01
ANAHTARLAMA MATRISI G  2- 4 SISTEM DURUMLARI
ANAHTARLAMA MATRISI G 2, 4, 0
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
```

```
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
ANAHTARLAMA MATRISI G  4- 2 SISTEM DURUMLARI
ANAHTARLAMA MATRISI G 4, 2, 0
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
ANAHTARLAMA MATRISI F  2- 5
   0.10000E+01 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.10000E+01
ANAHTARLAMA MATRISI F  5- 2
   0.10000E+01 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.10000E+01
ANAHTARLAMA MATRISI G  2- 5 SISTEM DURUMLARI
ANAHTARLAMA MATRISI G 2, 5, 0
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
ANAHTARLAMA MATRISI G  5- 2 SISTEM DURUMLARI
ANAHTARLAMA MATRISI G 5, 2, 0
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
ANAHTARLAMA MATRISI F  3- 4
   0.10000E+01 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.10000E+01
ANAHTARLAMA MATRISI F  4- 3
   0.10000E+01 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.10000E+01
ANAHTARLAMA MATRISI G  3- 4 SISTEM DURUMLARI
ANAHTARLAMA MATRISI G 3, 4, 0
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
ANAHTARLAMA MATRISI G  4- 3 SISTEM DURUMLARI
ANAHTARLAMA MATRISI G 4, 3, 0
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
ANAHTARLAMA MATRISI F  3- 5
   0.10000E+01 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.10000E+01
ANAHTARLAMA MATRISI F  5- 3
   0.10000E+01 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.10000E+01
ANAHTARLAMA MATRISI G  3- 5 SISTEM DURUMLARI
ANAHTARLAMA MATRISI G 3, 5, 0
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
ANAHTARLAMA MATRISI G  5- 3 SISTEM DURUMLARI
ANAHTARLAMA MATRISI G 5, 3, 0
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
ANAHTARLAMA MATRISI F  4- 5
   0.10000E+01 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.10000E+01
ANAHTARLAMA MATRISI F  5- 4
   0.10000E+01 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.10000E+01
ANAHTARLAMA MATRISI G  4- 5 SISTEM DURUMLARI
ANAHTARLAMA MATRISI G 4, 5, 0
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
ANAHTARLAMA MATRISI G  5- 4 SISTEM DURUMLARI
ANAHTARLAMA MATRISI G 5, 4, 0
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
DURUM DEGISIMINE NEDEN OLAN UC BUYUKLUKLERI
   IT1
   IT2
   IT3
   VDB
 LINEER OLMAYAN 1.ELEMANIN, 1.DURUMUNDA
**************************************************
DURUM DEGISIMINE NEDEN OLAN UC BUYUKLUKLERINE ILISKIN KATSAYILAR
   -1.00  0.00  0.00  0.00
DURUM DEGISIMINE NEDEN OLAN REFERANS DEGERLERI
   -2.000000E-02
KONTROL DENKLEMLERI ARASINDAKI BAGLACLAR
    0.00
 ZAMANLA KAC KERE ILGILI
    0.000000E+00
 LINEER OLMAYAN 1.ELEMANIN, 2.DURUMUNDA
**************************************************
DURUM DEGISIMINE NEDEN OLAN UC BUYUKLUKLERINE ILISKIN KATSAYILAR
    1.00  0.00  0.00  0.00
DURUM DEGISIMINE NEDEN OLAN REFERANS DEGERLERI
    2.000000E-02
KONTROL DENKLEMLERI ARASINDAKI BAGLACLAR
    0.00
 ZAMANLA KAC KERE ILGILI
    1.00000
 LINEER OLMAYAN 2.ELEMANIN, 1.DURUMUNDA
**************************************************
DURUM DEGISIMINE NEDEN OLAN UC BUYUKLUKLERINE ILISKIN KATSAYILAR
    0.00 -1.00  0.00  0.00
DURUM DEGISIMINE NEDEN OLAN REFERANS DEGERLERI
   -2.000000E-02
KONTROL DENKLEMLERI ARASINDAKI BAGLACLAR
```

```
   0.00
 ZAMANLA KAC KERE ILGILI
   0.000000E+00
 LINEER OLMAYAN 2.ELEMANIN, 2.DURUMUNDA
**************************************************
DURUM DEGISIMINE NEDEN OLAN UC BUYUKLUKLERINE ILISKIN KATSAYILAR
   0.00  1.00  0.00  0.00
DURUM DEGISIMINE NEDEN OLAN REFERANS DEGERLERI
   2.000000E-02
KONTROL DENKLEMLERI ARASINDAKI BAGLACLAR
   0.00
 ZAMANLA KAC KERE ILGILI
   1.00000
 LINEER OLMAYAN 3.ELEMANIN, 1.DURUMUNDA
**************************************************
DURUM DEGISIMINE NEDEN OLAN UC BUYUKLUKLERINE ILISKIN KATSAYILAR
   0.00  0.00 -1.00  0.00
DURUM DEGISIMINE NEDEN OLAN REFERANS DEGERLERI
  -2.000000E-02
KONTROL DENKLEMLERI ARASINDAKI BAGLACLAR
   0.00
 ZAMANLA KAC KERE ILGILI
   0.000000E+00
 LINEER OLMAYAN 3.ELEMANIN, 2.DURUMUNDA
**************************************************
DURUM DEGISIMINE NEDEN OLAN UC BUYUKLUKLERINE ILISKIN KATSAYILAR
   0.00  0.00  1.00  0.00
DURUM DEGISIMINE NEDEN OLAN REFERANS DEGERLERI
   2.000000E-02
KONTROL DENKLEMLERI ARASINDAKI BAGLACLAR
   0.00
 ZAMANLA KAC KERE ILGILI
   1.00000
 LINEER OLMAYAN 4.ELEMANIN, 1.DURUMUNDA
**************************************************
DURUM DEGISIMINE NEDEN OLAN UC BUYUKLUKLERINE ILISKIN KATSAYILAR
   0.00  0.00  0.00 -1.00
DURUM DEGISIMINE NEDEN OLAN REFERANS DEGERLERI
  -0.700000
KONTROL DENKLEMLERI ARASINDAKI BAGLACLAR
   0.00
 ZAMANLA KAC KERE ILGILI
   0.000000E+00
 LINEER OLMAYAN 4.ELEMANIN, 2.DURUMUNDA
**************************************************
DURUM DEGISIMINE NEDEN OLAN UC BUYUKLUKLERINE ILISKIN KATSAYILAR
   0.00  0.00  0.00  1.00
DURUM DEGISIMINE NEDEN OLAN REFERANS DEGERLERI
   0.700000
KONTROL DENKLEMLERI ARASINDAKI BAGLACLAR
   0.00
 ZAMANLA KAC KERE ILGILI
   0.000000E+00
 ELEMANLARLA ILGILI ZAMAN DEGERLERINI GOSTEREN VEKTOR
**************************************************
   1.660000E-03
   6.300000E-03
   1.294000E-02
```

EK - 4.4 Örnek 4' e İlişkin Bilgisayar Çıktısı

```
 ANAHTARLARIN, 1.SISTEM DURUMUNDAKI POZISYONLARI
   0   0
 ANAHTARLARIN, 2.SISTEM DURUMUNDAKI POZISYONLARI
   1   0
 ANAHTARLARIN, 3.SISTEM DURUMUNDAKI POZISYONLARI
   0   1
 DURUM D.DE, 1.SISTEM DURUMU ICIN DURUM DEGISKENLERININ KATSAYI MATRISI
  -0.50000E+00 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.00000E+00
 DURUM D.DE, 2.SISTEM DURUMU ICIN DURUM DEGISKENLERININ KATSAYI MATRISI
   0.00000E+00
 DURUM D.DE, 3.SISTEM DURUMU ICIN DURUM DEGISKENLERININ KATSAYI MATRISI
   0.00000E+00
 DURUM D.DE, 1.SISTEM DURUMU ICIN GIRIS KAYNAK.VE TUREVLERININ KAT.MAT.
 KAYNAK TUREVININ  0.DERECEDEN KATSAYI MATRISI
   0.00000E+00 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.00000E+00
 DURUM D.DE, 2.SISTEM DURUMU ICIN GIRIS KAYNAK.VE TUREVLERININ KAT.MAT.
 KAYNAK TUREVININ  0.DERECEDEN KATSAYI MATRISI
```

```
   0.00000E+00 0.00000E+00
DURUM D.DE, 3.SISTEM DURUMU ICIN GIRIS KAYNAK.VE TUREVLERININ KAT.MAT.
KAYNAK TUREVININ  0.DERECEDEN KATSAYI MATRISI
   0.00000E+00 0.00000E+00
CIKIS D.DE, 1.SISTEM DURUMU ICIN DURUM DEGISKENLERININ KAT.MAT.
  -0.10000E+01 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.00000E+00
   0.10000E+01 0.00000E+00
   0.50000E+00 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.00000E+00
CIKIS D.DE, 2.SISTEM DURUMU ICIN DURUM DEGISKENLERININ KAT.MAT.
   0.00000E+00
   0.00000E+00
   0.00000E+00
   0.00000E+00
   0.00000E+00
CIKIS D.DE, 3.SISTEM DURUMU ICIN DURUM DEGISKENLERININ KAT.MAT.
   0.00000E+00
   0.00000E+00
   0.00000E+00
   0.00000E+00
   0.00000E+00
CIKIS D.DE, 1.SISTEM DURUMU ICIN GIRIS KAYNAK.VE TUREVLERININ KAT.MAT.
KAYNAK TUREVININ  0.DERECEDEN KATSAYI MATRISI
   0.10000E+01 0.10000E+01
   0.00000E+00 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.00000E+00
   0.10000E+01 0.10000E+01
CIKIS D.DE, 2.SISTEM DURUMU ICIN GIRIS KAYNAK.VE TUREVLERININ KAT.MAT.
KAYNAK TUREVININ  0.DERECEDEN KATSAYI MATRISI
   0.00000E+00 0.00000E+00
   0.50000E+00 0.50000E+00
   0.10000E+01 0.10000E+01
   0.50000E+00 0.50000E+00
   0.10000E+01 0.10000E+01
KAYNAK TUREVININ  1.DERECEDEN KATSAYI MATRISI
   0.00000E+00 0.00000E+00
   0.10000E+01 0.10000E+01
   0.00000E+00 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.00000E+00
CIKIS D.DE, 3.SISTEM DURUMU ICIN GIRIS KAYNAK.VE TUREVLERININ KAT.MAT.
KAYNAK TUREVININ  0.DERECEDEN KATSAYI MATRISI
   0.10000E+01 0.10000E+01
   0.00000E+00 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.00000E+00
   0.10000E+01 0.10000E+01
ANAHTARLAMA MATRISI F  1- 2
   0.00000E+00 0.10000E+01
ANAHTARLAMA MATRISI F  2- 1
   0.00000E+00
   0.10000E+01
ANAHTARLAMA MATRISI G  1- 2 SISTEM DURUMLARI
ANAHTARLAMA MATRISI G 1, 2, 0
   0.00000E+00 0.00000E+00
ANAHTARLAMA MATRISI G  2- 1 SISTEM DURUMLARI
ANAHTARLAMA MATRISI G 2, 1, 0
   0.10000E+01 0.10000E+01
   0.00000E+00 0.00000E+00
ANAHTARLAMA MATRISI F  1- 3
   0.00000E+00 0.10000E+01
ANAHTARLAMA MATRISI F  3- 1
   0.00000E+00
   0.10000E+01
ANAHTARLAMA MATRISI G  1- 3 SISTEM DURUMLARI
ANAHTARLAMA MATRISI G 1, 3, 0
   0.00000E+00 0.00000E+00
ANAHTARLAMA MATRISI G  3- 1 SISTEM DURUMLARI
ANAHTARLAMA MATRISI G 3, 1, 0
   0.00000E+00 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.00000E+00
ANAHTARLAMA MATRISI F  2- 3
   0.10000E+01
ANAHTARLAMA MATRISI F  3- 2
   0.10000E+01
ANAHTARLAMA MATRISI G  2- 3 SISTEM DURUMLARI
ANAHTARLAMA MATRISI G 2, 3, 0
   0.00000E+00 0.00000E+00
ANAHTARLAMA MATRISI G  3- 2 SISTEM DURUMLARI
ANAHTARLAMA MATRISI G 3, 2, 0
   0.00000E+00 0.00000E+00
DURUM DEGISIMINE NEDEN OLAN UC BUYUKLUKLERI
   VD
   ID
   VRN
   IRN
LINEER OLMAYAN 1.ELEMANIN, 1.DURUMUNDA
**************************************************
DURUM DEGISIMINE NEDEN OLAN UC BUYUKLUKLERINE ILISKIN KATSAYILAR
  -1.00  0.00  0.00  0.00
DURUM DEGISIMINE NEDEN OLAN REFERANS DEGERLERI
```

DOKÜMANTASYON MERKEZİ

```
    0.000000E+00
KONTROL DENKLEMLERI ARASINDAKI BAGLACLAR
    0.00
 ZAMANLA KAC KERE ILGILI
    0.000000E+00
 LINEER OLMAYAN 1.ELEMANIN, 2.DURUMUNDA
**************************************************
DURUM DEGISIMINE NEDEN OLAN UC BUYUKLUKLERINE ILISKIN KATSAYILAR
    0.00  1.00  0.00  0.00
DURUM DEGISIMINE NEDEN OLAN REFERANS DEGERLERI
    0.000000E+00
KONTROL DENKLEMLERI ARASINDAKI BAGLACLAR
    0.00
 ZAMANLA KAC KERE ILGILI
    0.000000E+00
 LINEER OLMAYAN 2.ELEMANIN, 1.DURUMUNDA
**************************************************
DURUM DEGISIMINE NEDEN OLAN UC BUYUKLUKLERINE ILISKIN KATSAYILAR
    0.00  0.00 -1.00  0.00
DURUM DEGISIMINE NEDEN OLAN REFERANS DEGERLERI
    0.000000E+00
KONTROL DENKLEMLERI ARASINDAKI BAGLACLAR
    0.00
 ZAMANLA KAC KERE ILGILI
    0.000000E+00
 LINEER OLMAYAN 2.ELEMANIN, 2.DURUMUNDA
**************************************************
DURUM DEGISIMINE NEDEN OLAN UC BUYUKLUKLERINE ILISKIN KATSAYILAR
    0.00  0.00  0.00  1.00
DURUM DEGISIMINE NEDEN OLAN REFERANS DEGERLERI
    0.000000E+00
KONTROL DENKLEMLERI ARASINDAKI BAGLACLAR
    0.00
 ZAMANLA KAC KERE ILGILI
    0.000000E+00
 ELEMANLARLA ILGILI ZAMAN DEGERLERINI GOSTEREN VEKTOR
**********************************************************
   ZAMANLA ILGILI ELEMAN YOKTUR
```

EK - 4.5 Örnek 5' e İlişkin Bilgisayar Çıktısı

```
 ANAHTARLARIN, 1.SISTEM DURUMUNDAKI POZISYONLARI
    1    0    1    0    0    1    0    0
 ANAHTARLARIN, 2.SISTEM DURUMUNDAKI POZISYONLARI
    0    1    0    0    1    0    1    0
 ANAHTARLARIN, 3.SISTEM DURUMUNDAKI POZISYONLARI
    0    0    1    1    0    1    0    0
 ANAHTARLARIN, 4.SISTEM DURUMUNDAKI POZISYONLARI
    0    1    0    0    0    0    1    1
 DURUM D.DE, 1.SISTEM DURUMU ICIN DURUM DEGISKENLERININ KATSAYI MATRISI
   -0.20000E+04
 DURUM D.DE, 2.SISTEM DURUMU ICIN DURUM DEGISKENLERININ KATSAYI MATRISI
   -0.40000E+03
 DURUM D.DE, 3.SISTEM DURUMU ICIN DURUM DEGISKENLERININ KATSAYI MATRISI
   -0.20000E+04
 DURUM D.DE, 4.SISTEM DURUMU ICIN DURUM DEGISKENLERININ KATSAYI MATRISI
   -0.40000E+03
 DURUM D.DE, 1.SISTEM DURUMU ICIN GIRIS KAYNAK.VE TUREVLERININ KAT.MAT.
 KAYNAK TUREVININ  0.DERECEDEN KATSAYI MATRISI
    0.10000E+04 0.00000E+00 0.00000E+00
 DURUM D.DE, 2.SISTEM DURUMU ICIN GIRIS KAYNAK.VE TUREVLERININ KAT.MAT.
 KAYNAK TUREVININ  0.DERECEDEN KATSAYI MATRISI
    0.20000E+03 0.00000E+00 0.00000E+00
 DURUM D.DE, 3.SISTEM DURUMU ICIN GIRIS KAYNAK.VE TUREVLERININ KAT.MAT.
 KAYNAK TUREVININ  0.DERECEDEN KATSAYI MATRISI
    0.10000E+04 0.00000E+00 0.00000E+00
 DURUM D.DE, 4.SISTEM DURUMU ICIN GIRIS KAYNAK.VE TUREVLERININ KAT.MAT.
 KAYNAK TUREVININ  0.DERECEDEN KATSAYI MATRISI
    0.20000E+03 0.00000E+00 0.00000E+00
 CIKIS D.DE, 1.SISTEM DURUMU ICIN DURUM DEGISKENLERININ KAT.MAT.
    0.10000E+01
   -0.20000E+01
 CIKIS D.DE, 2.SISTEM DURUMU ICIN DURUM DEGISKENLERININ KAT.MAT.
    0.10000E+01
   -0.20000E+01
 CIKIS D.DE, 3.SISTEM DURUMU ICIN DURUM DEGISKENLERININ KAT.MAT.
    0.10000E+01
   -0.20000E+01
 CIKIS D.DE, 4.SISTEM DURUMU ICIN DURUM DEGISKENLERININ KAT.MAT.
    0.10000E+01
```

```
  -0.200000E+01
CIKIS D.DE, 1.SISTEM DURUMU ICIN GIRIS KAYNAK.VE TUREVLERININ KAT.MAT.
KAYNAK TUREVININ  0.DERECEDEN KATSAYI MATRISI
   0.000000E+00 0.000000E+00 0.000000E+00
   0.100000E+01 0.000000E+00 0.000000E+00
CIKIS D.DE, 2.SISTEM DURUMU ICIN GIRIS KAYNAK.VE TUREVLERININ KAT.MAT.
KAYNAK TUREVININ  0.DERECEDEN KATSAYI MATRISI
   0.000000E+00 0.000000E+00 0.000000E+00
   0.100000E+01 0.000000E+00 0.000000E+00
CIKIS D.DE, 3.SISTEM DURUMU ICIN GIRIS KAYNAK.VE TUREVLERININ KAT.MAT.
KAYNAK TUREVININ  0.DERECEDEN KATSAYI MATRISI
   0.000000E+00 0.000000E+00 0.000000E+00
   0.100000E+01 0.000000E+00 0.000000E+00
CIKIS D.DE, 4.SISTEM DURUMU ICIN GIRIS KAYNAK.VE TUREVLERININ KAT.MAT.
KAYNAK TUREVININ  0.DERECEDEN KATSAYI MATRISI
   0.000000E+00 0.000000E+00 0.000000E+00
   0.100000E+01 0.000000E+00 0.000000E+00
ANAHTARLAMA MATRISI F  1- 2
   0.000000E+00
ANAHTARLAMA MATRISI F  2- 1
   0.000000E+00
ANAHTARLAMA MATRISI G  1- 2 SISTEM DURUMLARI
ANAHTARLAMA MATRISI G 1, 2, 0
   0.000000E+00 0.000000E+00-0.100000E+01
ANAHTARLAMA MATRISI G  2- 1 SISTEM DURUMLARI
ANAHTARLAMA MATRISI G 2, 1, 0
   0.000000E+00-0.100000E+01 0.000000E+00
ANAHTARLAMA MATRISI F  1- 3
   0.000000E+00
ANAHTARLAMA MATRISI F  3- 1
   0.000000E+00
ANAHTARLAMA MATRISI G  1- 3 SISTEM DURUMLARI
ANAHTARLAMA MATRISI G 1, 3, 0
   0.000000E+00 0.000000E+00 0.000000E+00
ANAHTARLAMA MATRISI G  3- 1 SISTEM DURUMLARI
ANAHTARLAMA MATRISI G 3, 1, 0
   0.000000E+00 0.000000E+00 0.000000E+00
ANAHTARLAMA MATRISI F  1- 4
   0.100000E+01
ANAHTARLAMA MATRISI F  4- 1
   0.100000E+01
ANAHTARLAMA MATRISI G  1- 4 SISTEM DURUMLARI
ANAHTARLAMA MATRISI G 1, 4, 0
   0.000000E+00 0.000000E+00 0.000000E+00
ANAHTARLAMA MATRISI G  4- 1 SISTEM DURUMLARI
ANAHTARLAMA MATRISI G 4, 1, 0
   0.000000E+00 0.000000E+00 0.000000E+00
ANAHTARLAMA MATRISI F  2- 3
   0.000000E+00
ANAHTARLAMA MATRISI F  3- 2
   0.000000E+00
ANAHTARLAMA MATRISI G  2- 3 SISTEM DURUMLARI
ANAHTARLAMA MATRISI G 2, 3, 0
   0.000000E+00 0.100000E+01 0.000000E+00
ANAHTARLAMA MATRISI G  3- 2 SISTEM DURUMLARI
ANAHTARLAMA MATRISI G 3, 2, 0
   0.000000E+00 0.000000E+00-0.100000E+01
ANAHTARLAMA MATRISI F  2- 4
   0.000000E+00
ANAHTARLAMA MATRISI F  4- 2
   0.000000E+00
ANAHTARLAMA MATRISI G  2- 4 SISTEM DURUMLARI
ANAHTARLAMA MATRISI G 2, 4, 0
   0.000000E+00-0.100000E+01 0.000000E+00
ANAHTARLAMA MATRISI G  4- 2 SISTEM DURUMLARI
ANAHTARLAMA MATRISI G 4, 2, 0
   0.000000E+00-0.100000E+01 0.000000E+00
ANAHTARLAMA MATRISI F  3- 4
   0.000000E+00
ANAHTARLAMA MATRISI F  4- 3
   0.000000E+00
ANAHTARLAMA MATRISI G  3- 4 SISTEM DURUMLARI
ANAHTARLAMA MATRISI G 3, 4, 0
   0.000000E+00 0.000000E+00 0.000000E+00
ANAHTARLAMA MATRISI G  4- 3 SISTEM DURUMLARI
ANAHTARLAMA MATRISI G 4, 3, 0
   0.000000E+00 0.000000E+00 0.000000E+00
DURUM DEGISIMINE NEDEN OLAN UC BUYUKLUKLERI
   ILN
LINEER OLMAYAN 1.ELEMANIN, 1.DURUMUNDA
**************************************************
DURUM DEGISIMINE NEDEN OLAN UC BUYUKLUKLERINE ILISKIN KATSAYILAR
  -1.00
DURUM DEGISIMINE NEDEN OLAN REFERANS DEGERLERI
   0.500000
KONTROL DENKLEMLERI ARASINDAKI BAGLACLAR
   0.00  0.00
ZAMANLA KAC KERE ILGILI
   0.000000E+00
LINEER OLMAYAN 1.ELEMANIN, 2.DURUMUNDA
**************************************************
DURUM DEGISIMINE NEDEN OLAN UC BUYUKLUKLERINE ILISKIN KATSAYILAR
   1.00
```

```
   -1.00
DURUM DEGISIMINE NEDEN OLAN REFERANS DEGERLERI
   -0.500000
   -4.00000
KONTROL DENKLEMLERI ARASINDAKI BAGLACLAR
    1.00  0.00
 ZAMANLA KAC KERE ILGILI
    0.000000E+00
 LINEER OLMAYAN 1.ELEMANIN, 3.DURUMUNDA
**************************************************
DURUM DEGISIMINE NEDEN OLAN UC BUYUKLUKLERINE ILISKIN KATSAYILAR
    1.00
DURUM DEGISIMINE NEDEN OLAN REFERANS DEGERLERI
    0.500000
KONTROL DENKLEMLERI ARASINDAKI BAGLACLAR
    0.00  0.00
 ZAMANLA KAC KERE ILGILI
    0.000000E+00
 LINEER OLMAYAN 1.ELEMANIN, 4.DURUMUNDA
**************************************************
DURUM DEGISIMINE NEDEN OLAN UC BUYUKLUKLERINE ILISKIN KATSAYILAR
   -1.00
    1.00
DURUM DEGISIMINE NEDEN OLAN REFERANS DEGERLERI
   -0.500000
   -4.00000
KONTROL DENKLEMLERI ARASINDAKI BAGLACLAR
    1.00  0.00
 ZAMANLA KAC KERE ILGILI
    0.000000E+00
 ELEMANLARLA ILGILI ZAMAN DEGERLERINI GOSTEREN VEKTOR
**************************************************
    ZAMANLA ILGILI ELEMAN YOKTUR
```

EK - 4.6 Örnek 6' ya İlişkin Bilgisayar Çıktısı

```
 ANAHTARLARIN, 1.SISTEM DURUMUNDAKI POZISYONLARI
    1    0
 ANAHTARLARIN, 2.SISTEM DURUMUNDAKI POZISYONLARI
    0    1
 DURUM D.DE, 1.SISTEM DURUMU ICIN DURUM DEGISKENLERININ KATSAYI MATRISI
    0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
    0.00000E+00 0.00000E+00-0.50000E+00 0.00000E+00
    0.00000E+00 0.40000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
    0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
 DURUM D.DE, 2.SISTEM DURUMU ICIN DURUM DEGISKENLERININ KATSAYI MATRISI
    0.00000E+00-0.10000E+00
    0.33333E+00 0.00000E+00
 DURUM D.DE, 1.SISTEM DURUMU ICIN GIRIS KAYNAK.VE TUREVLERININ KAT.MAT.
 KAYNAK TUREVININ  0.DERECEDEN KATSAYI MATRISI
    0.00000E+00
    0.50000E+00
    0.00000E+00
    0.00000E+00
 KAYNAK TUREVININ  1.DERECEDEN KATSAYI MATRISI
    0.00000E+00
    0.00000E+00
    0.00000E+00
    0.00000E+00
 KAYNAK TUREVININ  2.DERECEDEN KATSAYI MATRISI
    0.00000E+00
    0.00000E+00
    0.00000E+00
    0.00000E+00
 DURUM D.DE, 2.SISTEM DURUMU ICIN GIRIS KAYNAK.VE TUREVLERININ KAT.MAT.
 KAYNAK TUREVININ  0.DERECEDEN KATSAYI MATRISI
    0.30000E+00
    0.00000E+00
 KAYNAK TUREVININ  1.DERECEDEN KATSAYI MATRISI
    0.00000E+00
    0.33333E+00
 KAYNAK TUREVININ  2.DERECEDEN KATSAYI MATRISI
    0.20000E+00
    0.00000E+00
 CIKIS D.DE, 1.SISTEM DURUMU ICIN DURUM DEGISKENLERININ KAT.MAT.
    0.00000E+00 0.00000E+00 0.10000E+01 0.00000E+00
    0.00000E+00 0.40000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
    0.00000E+00 0.10000E+01 0.00000E+00 0.00000E+00
 CIKIS D.DE, 2.SISTEM DURUMU ICIN DURUM DEGISKENLERININ KAT.MAT.
    0.00000E+00 0.10000E+01
```

```
   0.10000E+01 0.00000E+00
   0.11667E+01 0.00000E+00
CIKIS D.DE, 1.SISTEM DURUMU ICIN GIRIS KAYNAK.VE TUREVLERININ KAT.MAT.
KAYNAK TUREVININ  0.DERECEDEN KATSAYI MATRISI
   0.00000E+00
   0.00000E+00
   0.00000E+00
KAYNAK TUREVININ  1.DERECEDEN KATSAYI MATRISI
   0.00000E+00
   0.20000E+00
   0.00000E+00
KAYNAK TUREVININ  2.DERECEDEN KATSAYI MATRISI
   0.00000E+00
   0.00000E+00
   0.00000E+00
CIKIS D.DE, 2.SISTEM DURUMU ICIN GIRIS KAYNAK.VE TUREVLERININ KAT.MAT.
KAYNAK TUREVININ  0.DERECEDEN KATSAYI MATRISI
   0.00000E+00
   0.00000E+00
   0.00000E+00
KAYNAK TUREVININ  1.DERECEDEN KATSAYI MATRISI
   0.00000E+00
   0.00000E+00
  -0.33333E+00
KAYNAK TUREVININ  2.DERECEDEN KATSAYI MATRISI
   0.00000E+00
   0.00000E+00
   0.00000E+00
ANAHTARLAMA MATRISI F  1- 2
   0.30000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.00000E+00 0.70000E+00 0.30000E+00
ANAHTARLAMA MATRISI F  2- 1
   0.10000E+01 0.00000E+00
   0.11667E+01 0.00000E+00
   0.00000E+00 0.10000E+01
   0.00000E+00 0.10000E+01
ANAHTARLAMA MATRISI G  1- 2 SISTEM DURUMLARI
ANAHTARLAMA MATRISI G 1, 2, 0
   0.00000E+00
   0.00000E+00
ANAHTARLAMA MATRISI G 1, 2, 1
   0.20000E+00
   0.00000E+00
ANAHTARLAMA MATRISI G 1, 2, 2
   0.25000E+00
   0.00000E+00
ANAHTARLAMA MATRISI G  2- 1 SISTEM DURUMLARI
ANAHTARLAMA MATRISI G 2, 1, 0
   0.00000E+00
   0.00000E+00
   0.00000E+00
   0.00000E+00
ANAHTARLAMA MATRISI G 2, 1, 1
   0.00000E+00
  -0.33333E+00
   0.00000E+00
   0.00000E+00
ANAHTARLAMA MATRISI G 2, 1, 2
   0.00000E+00
   0.00000E+00
   0.00000E+00
   0.00000E+00
ANAHTARLAMA MATRIS G-UST 1- 2 SISTEM DURUMLARI
ANAHTARLAMA MATRISI G-UST 1, 2, 0
   0.00000E+00
   0.40000E+00
ANAHTARLAMA MATRISI G-UST 1, 2, 1
   0.20000E+00
   0.00000E+00
ANAHTARLAMA MATRIS G-UST 2- 1 SISTEM DURUMLARI
ANAHTARLAMA MATRISI G-UST 2, 1, 0
   0.00000E+00
   0.00000E+00
   0.60000E+00
   0.00000E+00
DURUM DEGISIMINE NEDEN OLAN UC BUYUKLUKLERI
   ILN
   VCN
 LINEER OLMAYAN 1.ELEMANIN, 1.DURUMUNDA
**************************************************
DURUM DEGISIMINE NEDEN OLAN UC BUYUKLUKLERINE ILISKIN KATSAYILAR
  -1.00  0.00
DURUM DEGISIMINE NEDEN OLAN REFERANS DEGERLERI
   1.50000
KONTROL DENKLEMLERI ARASINDAKI BAGLACLAR
   0.00  0.00
 ZAMANLA KAC KERE ILGILI
   0.000000E+00
 LINEER OLMAYAN 1.ELEMANIN, 2.DURUMUNDA
**************************************************
DURUM DEGISIMINE NEDEN OLAN UC BUYUKLUKLERINE ILISKIN KATSAYILAR
   1.00  0.00
DURUM DEGISIMINE NEDEN OLAN REFERANS DEGERLERI
```

```
    1.50000
KONTROL DENKLEMLERI ARASINDAKI BAGLACLAR
    0.00  0.00
 ZAMANLA KAC KERE ILGILI
    0.000000E+00
 LINEER OLMAYAN 2.ELEMANIN, 1.DURUMUNDA
**************************************************
DURUM DEGISIMINE NEDEN OLAN UC BUYUKLUKLERINE ILISKIN KATSAYILAR
    0.00  1.00
    0.00 -1.00
DURUM DEGISIMINE NEDEN OLAN REFERANS DEGERLERI
    4.00000
    4.00000
KONTROL DENKLEMLERI ARASINDAKI BAGLACLAR
    2.00  0.00
 ZAMANLA KAC KERE ILGILI
    0.000000E+00
 LINEER OLMAYAN 2.ELEMANIN, 2.DURUMUNDA
**************************************************
DURUM DEGISIMINE NEDEN OLAN UC BUYUKLUKLERINE ILISKIN KATSAYILAR
    0.00 -1.00
    0.00  1.00
DURUM DEGISIMINE NEDEN OLAN REFERANS DEGERLERI
   -4.00000
   -4.00000
KONTROL DENKLEMLERI ARASINDAKI BAGLACLAR
    1.00  0.00
 ZAMANLA KAC KERE ILGILI
    0.000000E+00
 ELEMANLARLA ILGILI ZAMAN DEGERLERINI GOSTEREN VEKTOR
**********************************************************
    ZAMANLA ILGILI ELEMAN YOKTUR
```

YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ