



YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

34699

AKIM TAŞIYICILI
DEVRE SENTEZİ

Elektronik Müh. A. Cumhur KÖCALAR

F.B.E Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Anabilim Dalında
hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Metin YÜCEL

İSTANBUL, 1994

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR LİSTESİ.....	ii
BAĞINTILAR LİSTESİ.....	iii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	vi
TÜRKÇE ÖZET.....	vii
İNGİLİZCE ÖZET.....	viii
Bölüm I. :GİRİŞ.....	1
1.1. :Devre Sentezi Yaklaşımları.....	1
1.2. :Konuyla İlgili Çalışmalar.....	2
1.3. :Bu Tezde Tutulan Yol.....	4
Bölüm II. :AKIM TAŞIYICILARIN (AT) TANITILMASI.....	6
2.1. :AT 'ların Tanım Bağlıntıları, Eşdeğerleri.....	6
2.2. :İkinci Kuşak AT'nın (CCII) Fiziksel Yapısı.....	10
2.3. :AT 'ların Getirdiği Avantajlar ve Kullanım Alanları.....	14
Bölüm III. :AKIM TRANSFER FONKSİYONLARININ (ATF) AT'LARLA SENTEZİ.....	16
3.1. :Temel Devreler.....	16
3.2. :Düşük Derecelerden (1D, 2D, 3D, 4D) ATF 'larının Sentezi.....	22
3.3. :Yüksek Derecelerden (ND) ATF'larının Sentezi	41
Bölüm IV. :ÖRNEKLER.....	45
4.1. :İkinci Dereceden (2D) Band Geçiren (BG) CCII'lı filtrenin PSPICE Analizi.....	45
4.2. :Üçüncü Dereceden (3D)Alçak geçiren (AG)CCII'lı filtrenin PSPICE Analizi.....	46
Bölüm V. :SONUÇLAR.....	47
Bölüm VI. :KAYNAKLAR.....	48
Bölüm VII. :EKLER.....	51
Bölüm VIII. :ÖZGEÇMİŞ.....	58

KISALTMALAR LİSTESİ

AT	:	Akım Taşıyıcı.
ATF	:	Akım Transfer Fonksiyonu.
İAD	:	İşaret Akış Diagramı.
OPAMP*	:	Operational Amplifier (İşlemsel Kuvvetlendirici)
OTA *	:	Operational Transductance Amplifier (İşlemsel Güç Kuvvetlendirici)
CCI *	:	Current Conveyor 'First-Generation' (1. Kuşak Akım Taşıyıcı)
CCI+ *	:	Current Conveyor 'First-Generation' (Pozitif 1. Kuşak Akım Taşıyıcı)
CCI- *	:	Current Conveyor 'First-Generation' (Negatif 1. Kuşak Akım Taşıyıcı)
CCII *	:	Current Conveyor 'Second-Generation' (2. Kuşak Akım Taşıyıcı)
CCII+ *	:	Current Conveyor 'Second-Generation' (Pozitif 2. Kuşak Akım Taşıyıcı)
CCII- *	:	Current Conveyor 'Second-Generation' (Negatif 2. Kuşak Akım Taşıyıcı)
AK	:	Akım kuvvetlendirici.
TA	:	Türev Alıcı.
İA	:	İntegral Alıcı.
KTA	:	Kayıplı türev alıcı.
KİA	:	Kayıplı integral alıcı.
AAK	:	Ağırlıklı Akım Kuvvetlendirici.
AD	:	Akım Dağıtıcı.
AAT	:	Ağırlıklı Akım Toplayıcı.
AGD	:	Akım - Gerilim Dönüştürücü.
GAD	:	Gerilim - Akım Dönüştürücü.
1D	:	Birinci Derece.
2D	:	İkinci Derece.
3D	:	Üçüncü Derece.
4D	:	Dördüncü Derece.
ND	:	N. Derece.
ND_T	:	N. Derece. (tek)
ND_Ç	:	N. Derece. (çift)
AGF	:	Alçak Geçiren Filtre.
YGF	:	Yüksek Geçiren Filtre.
BGF	:	Band Geçiren Filtre.
BSF	:	Band Söndüren Filtre.
ÜF	:	Üniversal Filtre

*Not : Özel olarak kullanılan aktif elemanların kısaltmaları, orijinal isimlerinin baş harfleri ile yapılırken, diğer tüm kısaltmalar uzun yazılışlarının baş harfleri ile yapılmıştır.

BAĞINTILAR LİSTESİ :

- 2.1. : CCI'ların tanım bağıntısı.
- 2.2. : CCII'ların tanım bağıntısı.
- 2.3. : Kayıplı CCII+ modeline ait iki kutuplu transfer fonksiyonları.
- 2.4. : Kayıplı CCII+ modelinde gözükmeyen, geribeslemesiz çıkış direnci.
- 2.5. : Geribesleme Çevrim Kazancı.
- 2.6. : Akım kuvvetlendirici (AK) akım kazancı
- 3.1. : Tek girişli AK - Transfer Fonksiyonu (TF).
- 3.2. : 1 - AK - TF.
- 3.3. : 2 - Türev Alıcı (TA) - TF.
- 3.4. : 3 - İntegral Alıcı (İA) - TF.
- 3.5. : 4 - Kayıplı Türev Alıcı (KTA) - TF.
- 3.6. : 5 - Kayıplı İntegral Alıcı (KİA) - TF.
- 3.7. : 6 - Ağırlıklı Akım Kuvvetlendirici (AAK) - TF.
- 3.8. : 7 - Akım Dağıtıcı (AD) - TF.
- 3.9. : 8 - Akım Toplayıcı (AT) - TF.
- 3.10. : 9 - Akım - Gerilim Dönüştürücü (AGD) - TF.
- 3.11. : 10- Gerilim - Akım Dönüştürücü - (GAD) - TF.
- 3.12. : Birinci Dereceden (1D) - ATF.
- 3.13. : İkinci Dereceden (2D) - ATF.
- 3.14. : 2D- Alçak Geçiren Filtre (AGF) - ATF.
- 3.15. : 2D- Yüksek Geçiren Filtre (YGF) - ATF.
- 3.16. : 2D- Band Geçiren Filtre (BGF) - ATF.
- 3.17. : 2D- Band Söndüren Filtre (BSF) - ATF.
- 3.18. : Üçüncü Dereceden (3D) - ATF.
- 3.19. : Normalizasyon Parametreleri.
- 3.20. : 3D - AGF- ATF.
- 3.21. : 3D - YGF- ATF.
- 3.22. : Dördüncü Dereceden (4D) - ATF.
- 3.23. : 4D - AGF - ATF.
- 3.24. : 4D - YGF - ATF
- 3.25. : 4D - BGF - ATF.
- 3.26. : 4D - BSF - ATF.
- 3.27. : N. Dereceden (ND) - ATF.
- 4.1. : 2D - BGF - De-Normalize ATF ve devre eleman değerleri
- 4.2. : 3D - AGF - Normalize ve De-Normalize ATF ve eleman değerleri

ŞEKİL LİSTESİ :

- Şekil 2.1. : CCI'ların sembolik gösterilimi.
- Şekil 2.2. : CCI'ların Nullator-Norator devre modeli.
- Şekil 2.3. : CCI+'nın negatif empedans çevirici olarak kullanılması
- Şekil 2.4. : CCII'ların sembolik gösterilimi.
- Şekil 2.5. : CCII+'nın Nullator-Norator devre modeli.
- Şekil 2.6. : CCII'nin bağımlı kaynaklardan oluşan devre modelleri.
- Şekil 2.7. : İki kapılıların CCII'lı gerçeklemeleri.
- Şekil 2.8. : CCII+ 'nın kayıplı eşdeğer modeli.
- Şekil 2.9. : OPAMP ve Akım aynalı CCII'lar.
- Şekil 2.10.: Wilson'ın önerdiği CCII+'nın küçük işaret eşdeğeri.
- Şekil 2.11.: CMOS transistörlü gerçeğemesi.
- Şekil 2.12.: Bir akım kuvvetlendiricinin (AK) - CMOS transistörlü gerçeğemesi.
- Şekil 2.13.: Bir AK'nin küçük işaret eşdeğeri.
- Şekil 3.1. : Tek girişli en genel AK devre ve İAD.
a - Tek girişli en genel Temel Devre yapısı ve b - İAD 'ı.
- Şekil 3.2. : (AK). Akım kuvvetlendirici.
- Şekil 3.3. : (TA). Türev Alıcı.
- Şekil 3.4. : (İA). İntegral Alıcı.
- Şekil 3.5. : (KTA).Kayıplı türev alıcı.
- Şekil 3.6. : (KİA). Kayıplı integral alıcı.
- Şekil 3.7. : (AAK).Ağırlıklı Akım Kuvvetlendirici.
- Şekil 3.8. : (AD). Akım Dağıtıcı.
- Şekil 3.9. : (AT). Ağırlıklı Akım Toplayıcı.
- Şekil 3.10.: (AGD).Akım - Gerilim Dönüştürücü.
- Şekil 3.11.: (GAD).Gerilim - Akım Dönüştürücü.
- Şekil 3.12.: Birinci Dereceden (1D) - ATF - İAD ve CCII'lı Gerçeğemesi.
- Şekil 3.13.: İkinci Dereceden (2D) - ATF - İAD ve Karşılaştırmalı gerçeğemesi.
a- Şekil 3.12.'den geçişi sağlayan İAD'ı,
b- -a'nın eklenmesi ile elde edilen İAD'ı,
c- Öz çevreleri yok edilmiş İAD'ı,
d- İkinci dereceden en genel ATF'nunu sağlayan son İAD'ı,
e- -d'deki son İAD'ının, CCII 'lı gerçeğemesi.
f- b₂ terimi olmayan, bir 2D - ATF - İAD. (Tüm Geçiren (TG) İAD)
g- -f'deki İAD'nin Üniversal Filtre (UF) yapısında, bir gerçeğemesi.
- Şekil 3.14.: 2D - Alçak Geçiren Filtre (AGF) - İAD ve CCII'lı Gerçeğemesi.

- Şekil 3.15.: 2D - Yüksek Geçiren Filtre (YGF) - İAD ve CCII'lı Gerçekleşmesi
- Şekil 3.16.: 2D - Band Geçiren Filtre (BGF) - İAD ve CCII'lı Gerçekleşmesi
- Şekil 3.17.: 2D - Band Söndüren Filtre (BSF) - İAD ve CCII'lı Gerçekleşmesi
- Şekil 3.18.: 3D - ATF - İAD ve CCII'lı Gerçekleşmesi.
a- Şekil 3.12.'den esinlenen İAD'ı,
b- -a'nın öz çevreleri yok edilmiş İAD'ı,
c- İkinci ve Üçüncü yaklaşımlarla yeniden düzenlenen İAD'ı,
d- 3D - ATF 'nunu sağlayan son İAD'ı,
- Şekil 3.19.: 3D - AGF - ATF - İAD ve CCII'lı Gerçekleşmesi.
- Şekil 3.20.: 3D - YGF- ATF - İAD ve CCII'lı Gerçekleşmesi.
- Şekil 3.21.: 4D - ATF'nun İAD ve CCII'lı Gerçekleşmesi.
a- Şekil 3.18. 'den esinlenen İAD'ı,
b- -a'nın öz çevreleri yok edilmiş İAD'ı,
c- İkinci ve Üçüncü yaklaşımlarla yeniden düzenlenen İAD'ı,
d- Dördüncü yaklaşımla elde edilen 4D'den en genel ATF'nunu sağlayan son İAD'ı,
e- Bulunan son İAD'ının, CCII 'lı gerçekleşmesi.
- Şekil 3.22.: 4D - AGF - ATF - İAD ve CCII'lı Gerçekleşmesi.
- Şekil 3.23.: 4D - YGF - ATF - İAD ve CCII'lı Gerçekleşmesi.
- Şekil 3.24.: 4D - BGF - ATF - İAD ve CCII'lı Gerçekleşmesi.
- Şekil 3.25.: 4D - BSF - ATF - İAD ve CCII'lı Gerçekleşmesi.
- Şekil 3.26.: Dördüncü yaklaşımın genelleştirilmiş hali.
a.-b.-c. Giriş Dügümüne bağılı yollara uygulanan sadeleştırmeler.
d.-e.-f. Ara Dügümlere bağılı yollara uygulanan sadeleştırmeler.
- Şekil 3.27.: N. (tek) Dereceden (ND_T) ATF'nun İAD ve CCII'lı Gerçekleşmesi.
- Şekil 3.28.: N. (çift) Dereceden (ND_Ç) ATF'nun İAD ve CCII'lı Gerçekleşmesi.
- Şekil 3.29.: N. Dereceden (ND) - ATF- İAD ve CCII'lı Gerçekleşmesi..

TEŐEKKÜR

Lisans üstü öğrenimimdeki katkılarından dolayı sayın hocam Prof.Metin YÜCEL 'e, yaptığım bu çalışmada ve yetişmemde çok büyük emeği geçen sayın hocam Prof. Dr. Cevdet ACAR'a, ayrıca, Y.Doç.Dr.Herman SEDEF'e yardımlarından dolayı en derin saygılarımla teşekkürü bir borç bilirim.

Haziran, 1994
A. Cumhur KOCALAR

ÖZET

Bu tezde, Aktif Devre Sentezi yöntemlerinden biri olan, İşaret Akış Diyagramları (İAD) yöntemi ile, İkinci Kuşak Akım Taşıyıcılar (CCII) kullanarak, Akım Transfer Fonksiyonu (ATF) sentezi yapılmıştır.

İAD yönteminde, devre veya devre modeli önceden belirlenmediği için, uygun bir topolojinin seçilmesi zorunluluğu, baştan ortadan kaldırılmış olur. Halbuki, ayrıştırma veya katsayıları eşleştirme yönteminde, önceden bir topolojinin seçilmesi gerekir. Buna karşılık, İAD yöntemine nazaran daha az eleman kullanımı söz konusudur.

Fakat, İAD yöntemi sayesinde, bu tezde geliştirilen bir metodun, CCII 'yla ATF sentezinin geliştirilmesini mümkün kıldığı görülmüştür. O yüzden, İAD yöntemi üzerinde durularak, bu metodun geliştirilmesine çalışılmış ve neticede, en genel ATF'lerini, en az devre elemanı ile gerçekleyen İAD 'ları bulunmuş, böylece bikuadratik yapıda tümleştirmeye uygun devreler elde edilmiştir.

İAD yöntemine ait uygulamalarda kullanılabilen bu metodun özelliği, CCII ile ATF sentezine en uygun yaklaşımı getirmesidir. Öyleki, İAD üzerinde, yeni düzenlemelerle düşük dereceden fonksiyonlar için, geliştirilen devrelerden, yüksek dereceden ATF'lerini sağlayan devrelere geçişi kolaylıkla mümkün kılmıştır. Aynı zamanda, Alçak Geçiren (AG), Yüksek Geçiren (YG), Band Geçiren (BG), Band Söndüren (BS) filtrelerin elde edilebilmesi sağlanarak, bir de ikinci dereceden (2D)-Üniversal filtre (ÜF) verilmiş ve bu devrelerin CCII'ın yapısına ve geliştirilmeye uygun olduğu gösterilmiştir.

Önerilen İAD 'ından devreye geçildikten sonra, frekans ve genlik normalizasyonları ile istenilen çalışma bölgesinde, eleman değerleri pratiğe uygun olan filtre devreleri gerçekleştirilmiştir. 2D ve üçüncü dereceden (3D) ATF 'larını sağlayan iki ayrı filtre devresine ait sayısal örnekler, PC türü bir bilgisayar ortamında devre analizi testinden geçirilerek, tasarlanan yapıların doğruluğu gösterilmiştir.

Ayrıca, CCI 'ya nazaran daha esnek tasarımlara olanak tanıyan, CCII 'ya ait ideal tanım bağıntısı ile yapılan sentez gerçeklemelerinde, ideal olmayan CCII modelinin kullanılması halinde oluşacak güçlükler ve çözüm önerileri, onun fiziksel yapısı üzerinde tartışılmış ve sonuç olarak, sentez yaklaşımlarında ana parametre olarak akımın seçilip, gerilimin ara büyüklük gibi değerlendirildiği, akım modlu uygulamalarda OPAMP ve OTA gibi aktif elemanlar yerine, CCII kullanmanın, band genişliği, lineerlik ve dinamiklik açısından daha avantajlı olduğu anlaşılmıştır.

ABSTRACT

The use of current the active parameter can result in circuits operating with higher signal bandwidths, greater linearity and larger dynamic range than voltage-mode circuits. The current conveyor, a powerful analogue building block with current-mode capability, is therefore a strong potential candidate for implementing current-mode circuits, and recently a number of realizations have been presented using first- and second- order filters sections, i.e. highpass, lowpass, bandpass, band-reject, all-pass, sinusoidal oscillators.

The proposed method is based on drawing the signal-flow graph directly from the above given transfer function and then obtaining the active circuit from the graph. This work has been done in the synthesis of general 1th, 2nd, 3th and 4th and n-order current transfer functions for generating current conveyor active filters is presented, and novel networks which realise similiar function characteristics are given.

Using by normalised lowpass Butterworth filters, 2nd, 3th and 4th-order lowpass, highpass, 2nd, 4th-order bandpass and band-reject passive circuits pre-designed with frequency and element transformations.

Lastly, the frequency characteristics of some these circuits are obtained by applying AC analysis using PSPICE programme. Both of designed and simulated with current conveyors networks have been given very similiar characteristics with transfer functions.

In all the analysis mentioned above, ideal current conveyors are used. So that, influences of being not to be ideal, caused by the current conveyors, on the frequency characteristics of the simulated circuits, are not investigated.

1.0. GİRİŞ

Bu bölümde, Aktif Devre Sentezinde yapılan çalışmalardan bahsedilerek, Akım Taşıyıcıların (AT) tarihçesine yer verilmiştir. Ayrıca, bu tez içerisinde yapılan sentez çalışmalarında, izlenen yola değinilmiştir.

1.1. Devre Sentezi Yaklaşımları

Devre sentezinde, direnç ve kapasite kullanılarak gerçekleştirilen, Aktif - RC devrelerine ilişkin giriş fonksiyonlarının kutupları, negatif reel eksen üzerinde olduğundan, belli bir amaca göre, kompleks kutuplu giriş fonksiyonlarına sahip devrelerin elde edilebilmesine çalışılmıştır. Fakat, RC elemanlarının yanısıra, gerek duyulan, endüktans elemanının, yüksek frekanslarda lineer olmaması, histerisiz etkisi, çekirdek kayıpları, istenmeyen kuplajları, alçak frekanslarda büyük boyutu, üretim güçlüğü, tümleştirmeye uygun olmayışı nedeniyle, tasarımcılar aktif devre elemanlarıyla sentez yapma yolunu denemişlerdir.

Pasif devre sentezinde ise, oldukça önemli bir yer tutan basamaklı türden LC devreleri ile girişi ve çıkışı dirençlerle sonlandırılmış basamaklı LC devrelerinin duyarlılık analizleri yapılmış ve bunların oldukça iyi bir duyarlılığa sahip olduğu kanıtlanmıştır. [8] Fakat, gerçeklemelerinin, tümdevre teknolojisine uygun hale getirilmesi için, simülasyona ihtiyaçları vardır.

Aktif devre elemanları, filtre tasarımlarında köklü değişikliklere neden olmuş, pasif filtrelerle elde edilen bütün filtre tiplerinin gerçekleştirilmesini sağlamıştır. Ayrıca, endüktans elemansız, istenen filtre karakteristiklerini gerçekleyecek biçimde tasarlanabilmeleri, 1'den büyük gerilim ve güç kazancı sağlayabilmeleri, giriş-çıkış kapılarında empedans uydurulması işlemlerinde kolaylıklar, tümleştirme teknolojisine uygun oluşu ile getirdiği avantajların yanısıra, Aktif devrenin doğru akım şartlarında çalışmasını sağlayan bir besleme kaynağına gereksinim duyması, çalışma frekanslarının, aktif devre elemanının çalışma frekansına bağlı olarak kısıtlanması gibi dezavantajları da vardır. Ayrıca, aktif devrelerin duyarlılık, kararlılık, dinamiklik, eleman sayısı ve dağılım gibi çeşitli özelliklerinin incelenmesi gerekir. Aksi halde, gerçekleştirilen devrelerde çeşitli sorunlarla karşılaşılır. Çünkü, aktif elemanlarla gerçekleştirilen devrelerde devre parametrelerindeki değişimler, bu devrelere ilişkin kutupları sağ yarı düzleme taşıyabilir. Bu da, devrelerin kararsız veya istenen özellikleri gerçekleştiremeyecek bir duruma gelmesine neden olur. Aktif bir devrenin kendisinden beklenen fonksiyonları tam olarak yerine getirebilmesi için, devrede kullanılan tüm aktif devre

elemanlarının lineer olarak çalışması gerekir. Ayrıca, tasarlanan devrelerin fiziksel olarak gerçekleştirilmelerinde, kolaylık sağlaması açısından, eleman dağılımlarının, yani R_{\max} / R_{\min} ve C_{\max} / C_{\min} oranlarının 100'den küçük olması istenir. Bu oran, tümleşik olarak gerçekleştirilen devrenin kapladığı yüzey açısından büyük önem taşır. İdeal şartlarda ise, 1'e eşittir. Bu tezde ki tasarımlarda, eşit eleman değerleri bulmak mümkündür. Hatta, verilen örneklerde, bu oranın 1 veya 1'e çok yakın olduğu görülmektedir.

1.2. Konuyla İlgili Çalışmalar

1968 yılında Smith ve Sedra tarafından ilk kez CCI olarak simgelenen AT'lar tanıtılmıştır. [1] İki yıl sonra, Smith ve Sedra, yine akım taşıyıcı kavramını temsil eden, ancak uç karakteristikleri bakımından CCI'ya göre daha farklı ve daha esnek bir yapıya sahip olan CCII'yı tanıtmışlardır. [2] Öyleki, bu elemanla birlikte, direnç ve kapasiteler kullanılarak, aktif devre sentezinde ve analog hesaplamalarda, çeşitli uygulamalar yapabilmişlerdir. Smith ve Sedra, aynı yıl başka bir çalışmaları ile, Mutator, Scaler, Rotator ve Reflector gibi yeni devre elemanlarını da, AT'lar, direnç ve kapasitelerden oluşan devrelerle gerçekleştirmişlerdir[3]. Böylece, Gerilim Kontrollü Gerilim Kaynakları ve Akım Kaynakları, Akım Kontrollü Gerilim Kaynakları ve Akım Kaynakları, Jiratorlar, Akım Kuvvetlendiriciler, Akım İntegratörleri, Akım Toplayıcılar ve Akım Dağıtıcılar AT eşdeğerleri ile literatürde yer almaya başlamıştır. Aynı yıl, bunlara lineer olmayan diyot, direnç, genelleştirilmiş fonksiyon generatörleride eklenmiştir.

Tek ve Anday, 1989 yılında, İAD'nı kullanarak, 2D'den en genel GTF sentezi ile ilgili bir çalışma sunmuşlardır. Bu çalışmada, 5 CCII elemanı, üç kapasite ve beş dirençten oluşan duyarlılığı düşük, bağımsız olarak kontrol edilebilir, giriş empedansı yüksek bir yapı elde etmişlerdir.[4]

Roberts ve Sedra, 1989 yılında, lineer devrelerde inter-reciprocal özelliğine dayalı analog sinyallerin filtrelenmesini sağlayan yeni bir yöntem sunmuşlardır. Bu yöntemde; gerilim kuvvetlendiricili filtre devreleri, akım kuvvetlendiricili filtre devrelerine dönüştürülmektedir. Bu devrelerin, dönüştürülen devrelerle aynı duyarlığa sahip olduğunu ifade eden Roberts ve Sedra, akım modundaki bu filtre devrelerinde, daha yüksek band genişliği, daha büyük lineerlik ve daha geniş dinamiklik özellikleri elde edilebileceğini ifade etmişlerdir. Yaptıkları bir uygulamada, K kazançlı, Op-Amp'lı ve beş pasif elemanlı Sallen-Key filtre devresini, K kazançlı, akım taşıyıcılı ve beş pasif

elemanlı bir devre olarak yeniden elde etmişler ve bu devrenin ATF'nun OpAmp'lı bir devrenin GTF'na eşit olduğunu göstermişlerdir.[5]

Özellikle, ATF ile ilgili filtre çalışmaları, 1990 sonrasına rastlamıştır. Bunlardan biri; 1991 yılında, Chang ve Chen'in, universal yapıda bir akım filtresi tasarlayarak, daha öncekilerinden çok daha yüksek bir band genişliği ile, yüksek bir çıkış empedansı ve bağımsız kontrol edilebilirlik sağlayan çalışmadır. [6]

Aynı yıl, Chang sadece CCII- kullanan iki adet universal akım filtresi daha tasarlamıştır. Pasif duyarlılığı az olan bu devrelerde, direnç ve kapasite değerleri ile oynanarak, alçak - geçiren (AG), band - geçiren (BG), yüksek - geçiren (YG), çentik ve tüm - geçiren (TG) karakteristikler elde edilmiştir.[7] 1991 yılında, Chang yaptığı bir çalışmada, [22]'de akım modlu tüm-geçiren, çentik ve band-geçiren bir filtreyi, sadece tek bir CCII-, iki topraklı kapasite ve dört adet direnç kullanarak gerçekleştirmiştir. Üstelik bu devrenin çıkışının yüksek empedanslı oluşu sayesinde, rahatlıkla kaskat olarak bağlanabileceği görülmüştür. Ayrıca Chang, bu devrenin rezonans halindeki açısız frekansı ve kalite faktörünün, ideal olmayan CCII'ın akım izleme hatasına karşı duyarsız olduğunu göstermiştir.

AT'larla ilgili çalışmaların önemli bir kısmı da, bu elemanın fiziksel gerçeklemeleri ile ilgilidir. Çeşitli aktif elemanlar kullanarak, farklı yapılarda CCII gerçeklemeleri yapılmıştır.

1990 yılında, Sedra ve Roberts, akım taşıyıcılarla ilgili yaptıkları genel bir çalışmada, CCI'ların ve CCII'ların CMOS'larla yapılan uygulamalarını sunmuşlardır.

1991 yılında, Surakampontorn, Riewruja ve Cheevasuvit [13]'te pozitif ve negatif CCII'ları MOS'larla gerçekleyen iki devre sunmuş ve bunların tümleştirmeye uygun olduklarını kanıtlamak için, CD4007 tümdevresi içersindeki CMOS'larla deneysel olarak bu yapıları inceleyip, dinamik bölgedeki performanslarının oldukça iyi olduğunu göstermişlerdir.

CMOS'lu gerçeklemeler başlamadan önce yapılan çalışmaları şu şekilde özetleyebiliriz. Daha fazla örnek istenirse, [10]'da verilen araştırmaların taranması önerilebilir.

- 1- OPAMP ve dirençler kullanılarak gerçekleştirilen CCII'lar [15,16],
- 2- OPAMP, OTA ve dirençlerle gerçekleştirilen CCII'lar [17],
- 3- OPAMP ve BJT dizileri kullanılarak gerçekleştirilen CCII'lar [18,9,20,21],

1991 yılında, [28]'de çıkan bir yazıda, tek bir CCII kullanan universal aktif akım filtreleri ile ilgili çalışmalara değinilmiş ve bunlara iki tane de örnek verilmiştir.

1993 yılında, Abuelma'attı M.T., tek CCI elemanı ile AG, YG, BG, BS, TG filtreler gerçekleştirmiştir[29].

Yine 1993'te, C.-M. Chang akım modlu çift CCII'lı AG, BG ve YG filtreler tasarlamıştır[30]. Bunlar, duyarlılıkları düşük, iki topraklı kapasite ile yapılan ideal entegrasyonlar yapabilen, W_0 ve Q değerleri kolay kontrol edilebilen filtrelerdir.

Böylece, bu güne kadar yapılan çalışmaları yüzeysel olarak incelemiş olduk. Artık, sentezde kullanılacak yöntemi ve izlenen yolu verebiliriz. Daha sonra da, teorik incelemelerden ve Aktif - RC devrelerinin gerçeklemelerinden bahsedeceğiz.

1.3. Bu Tezde Tutulan Yol

Bu tezde, CCII elemanın, aktif devre sentezindeki yeri araştırılarak, İAD yöntemi ile akım modunda, geliştirilen bir metod sayesinde, bikuadratik yapıdaki gerçeklemelerinin, en az sayıda eleman kullanımı ile nasıl yapılacağı gösterilmiştir.

Bu amaçla, ikinci bölümde, CCII'nın eşdeğerlerinden, fiziksel yapısından ve kullanım alanları ile getirdiği avantajlardan bahsedilmiştir.

Üçüncü bölümde ise, İAD yöntemi gereğince, devre sentezinde çok sık kullanılan, temel devrelerin CCII+ elemanları ile oluşturulması gerekmiş ve bir çoğu literatürdeki benzerlerine uygun tarzda ele alındığı halde, İAD'ları özel olarak verilmiştir[2]. Bu arada, Ağırlıklı Akım Kuvvetlendiriciden (AAK), Akım Dağıtıcı (AD) olarak yararlanmanın, İAD'ları yönteminde, daha az elemanla gerçeklemeye olanak tanıdığı görülmüştür. Akım ve gerilim modlu uygulamalar arasında karşılaştırmalar yapılarak, dönüştürücü TD'lere de örnekler verilmiştir.

İAD'ndaki yol kazançlarına birer CCII düşecek şekilde, gerçekleştirilebilmesine rağmen, Şekil.3.13.f.'deki gibi düğüm noktalarındaki akım dağılımlarının birden fazla olduğu yerlerde, eşit akım dağılımının söz konusu olabilmesi için, fazladan AD kullanımı gerekmektedir. İkinci ve üçüncü bölümlerde, önerilen yaklaşımlarla geliştirilen bir metodun, İAD'ları yönteminde en az elemanla gerçekleştirilmeye uygun olduğu gösterilmiştir. (Şekil.3.13.e.)

Daha sonra, bu metod sayesinde, önce düşük dereceli (Bölüm.3), sonra da yüksek dereceli (Bölüm.4) olmak üzere, birinci derece (1D)-ATF'larından, n. dereceye (ND) kadar en genel tüm ATF'lerinin İAD'ları bulunmuş ve ayrıca, akım modunda çalışan bikuadratik yapıdaki dört ayrı tip (AG, YG, BG, BS) filtre devresinin de benzer yoldan gerçekleştirilmesini yapmanın mümkün olduğu görülmüştür. Bu bikuadratik devrelerin birbirlerine dönüşümlerinde mümkün olması, tasarımın ne kadar esneklik sağladığının bir göstergesi olmuştur.

Ayrıca, karşılaştırma amacıyla önerilen, 2D'den üniversal bir filtre devresi ile, aynı anda, YG, BG ve AG filtre karakteristiklerinin sağlanabileceği ve bu devrede ki çıkış akımlarının toplamı, 2D'den TG filtreyi vereceği görülmüştür. Böylelikle, önerilen 2D-İAD'ı farklı bir İAD ile karşılaştırılarak, verilen yaklaşımların ve uygulanan metodun, birçok ATF gerçekleştirilmesinde kullanılabileceği anlaşılmış ve üniversal filtre İAD'ında da bu yaklaşımlar sayesinde, sadeleştirme yapmanın mümkün olduğu gösterilmiştir. (Şekil.3.13.g.)Ayrıca, üçüncü bölümde, yöntemin ve uygulanan metodun genelleştirilmesi yapılarak, kullanılan eleman sayısı açısından, üstünlüğü kanıtlanmıştır.

Dördüncü bölümde ise, üçüncü bölümden örnek alınan, 2D'den BG ve 3D'den Akım modlu filtrelerin, pratiğe uygun RC eleman değerleri ile, bilgisayarda testleri yapılmıştır. PSPICE programına tanıtılan devre dosyalarına ve bu devrelerin ideal elemanlarla çalışması durumunda, elde edilen transfer fonksiyonu karakteristiklerine ekler bölümünde yer verilmiştir. İstenirse, önerilen diğer filtrelerin ve en genel ATF'lerinin, benzer tarzda çalıştırılabilmesi mümkün olacaktır.

Beşinci bölümde de, sonuçlara ve yapılabilecek diğer çalışmalara değinilmiştir.

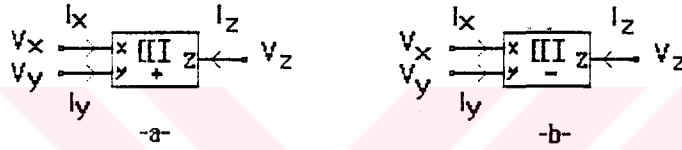
En son olarakta, incelenen kaynaklara ve program listeleri ile çıkışlarını içeren eklere yer verilmiştir.

2.0. AKIM TAŞIYICILARIN (AT) TANITILMASI

Burada öncelikle, AT'ların tanım bağıntılarından ve ideal modellerinden , sonra da CCI'nın fiziksel yapısı için, daha önce önerilen devrelerden ve en son olarakta, AT'ların getirdiği avantajlardan ve kullanım alanlarından bahsedilecektir.

2.1. AT 'ların Tanım Bağıntıları, Eşdeğerleri

Şekil 2.1.'de sembolik gösterilimi verilen, CCI'lar (2.1.)'deki eşitliklerle tanımlanır.



Şekil 2.1. : CCI'ların sembolik gösterilimi

a- CCI+ ve b- CCI-

$$I_x = I_y \quad (2.1.a.)$$

$$V_y = V_x \quad (2.1.b.)$$

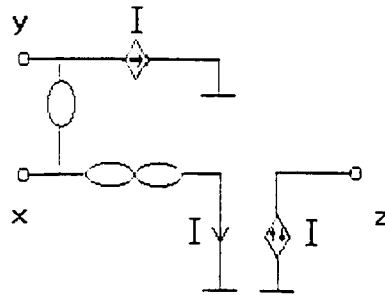
$$I_z = I_x \quad (2.1.c.)$$

$$I_x = I_y \quad (2.1.d.)$$

$$V_y = V_x \quad (2.1.e.)$$

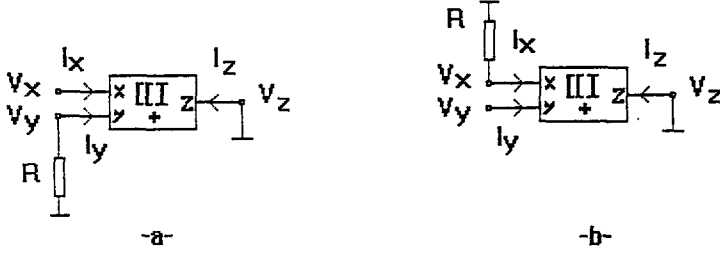
$$I_z = -I_x \quad (2.1.f.)$$

Her iki CCI'da, V_x gerilimi I_x akımından bağımsız olarak, V_y gerilimi tarafından, I_y akımı, V_y geriliminden bağımsız olarak I_x akımı tarafından belirlenir.



Şekil 2.2. : CCI+'nın Nullator-Norator ve Bağımlı Kaynaklardan oluşan modeli.

Dikey nullator elemanı. x ve y girişleri arasında, görünürde kısa devre özelliğini göstermek için, $V_{nu} = 0$. $I_{nu} = 0$ ilişkisini temsilen kullanılır. Yatay norator elemanı ise, $V_{no} = V_x = V_y$, $I_{no} = I_x$ akım - gerilim ilişkisine sahiptir. Ayrıca, eşdeğer devrede iki tanede bağımlı akım kaynağı vardır.

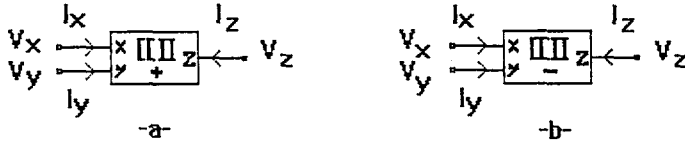


Şekil 2.3. : CCI+'nın negatif empedans çevirici olarak kullanımı

CCI ile yapılan ilk uygulamalar, negatif empedans çeviricilerin elde edilmesi şeklindedir. Bu uygulama da, z çıkışı topraklanmakta, x veya y girişine de topraklı bir R direnci bağlanmaktadır. Boşta olan giriş ucundan bakıldığında, $-R$ değerine eşit bir giriş empedansı gözükmemektedir. Soldaki (tünel diyot gibi), kısa devre olarak kararlı, sağdaki (silicon kontrol anahtarı gibi) ise açık devre olarak kararlıdır.

CCI'nin kuvvetli distorsiyonları , çıkış empedans kısıtlamaları ve temel akım hatalarına bağlı olarak doğruluk sınırlamaları olmasından dolayı, tasarımcılar, bunları kompanze edecek yollar aramışlardır.

1970 yılında, yine akım taşıyıcı kavramını temsil eden ancak uç karakteristikleri bakımından CCI'ya göre daha farklı ve daha esnek olan, CCII'yi tanıttıklarında, bu elemanla birlikte, direnç ve kapasiteler kullanarak, aktif devre sentezinde ve analog hesaplamalarda yeni uygulamalar çok kısa bir sürede yapılabilmektedir [2].



Şekil 2.4. : CCII'lerin sembolik gösterilmesi
a- CCII+ ve b- CCII-

$$I_y = 0 \quad (2.2.a.)$$

$$V_y = V_x \quad (2.2.b.)$$

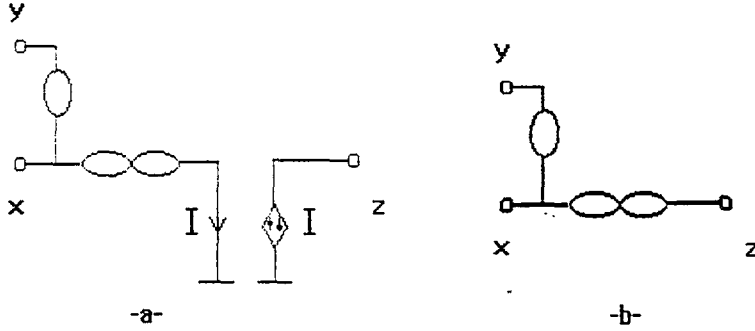
$$I_z = I_x \quad (2.2.c.)$$

$$I_y = 0 \quad (2.2.d.)$$

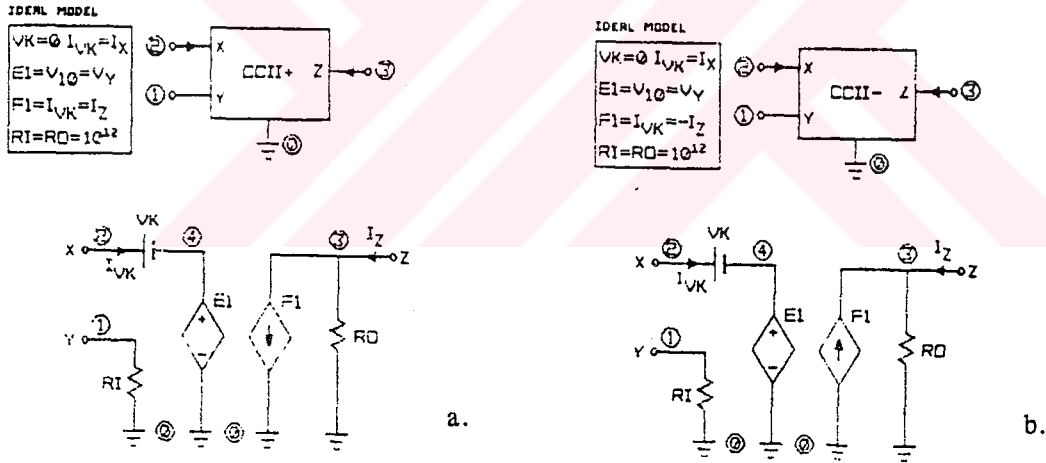
$$V_y = V_x \quad (2.2.e.)$$

$$I_z = -I_x \quad (2.2.f.)$$

I_y giriş akımı sıfır olduğundan, y terminali sonsuz giriş empedansı gösterir. Bu nedenle, CCII empedans uyumlaştırmaya gerek kalmadan, kaskad yapıda bağlanabilir. O yüzden bu tezde, CCII kullanılarak sentez yapılmıştır.



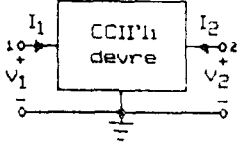
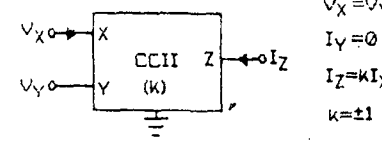
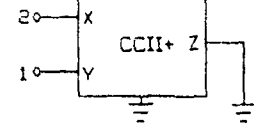
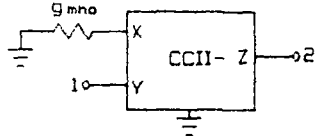
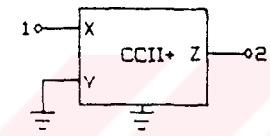
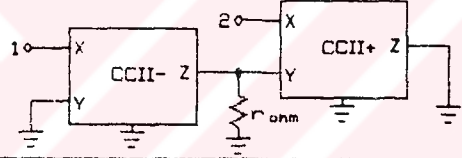
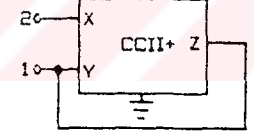
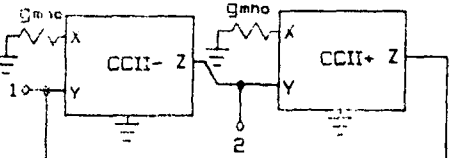
Şekil 2.5. : CCII'nin Nullator-Norator devre modeli ve indirgenmiş hali.



Şekil 2.6. : CCII'lerin bağımlı kaynaklardan oluşan modelleri .

a. CCII+ ve b. CCII-

CCII'nin ilk geniş uygulama alanı, Kontrollü kaynaklar, Jirator, Empedans çeviriciler ve eviriciler gibi aktif devre sentezinde kullanılan elemanların veya lineer olmayan elemanların gerçekleştirilmesi şeklinde idi. Böylece, AT'lardan aktif devre sentezinde, Aktif-RC filtrelerinin tasarımı konusunda çok faydalanmıştır. Bunlara hemen aşağıda Şekil.2.7.'de örnekler verilmiştir.

	TANIM BAĞINTILARI	TEMEL DEVRE ŞEMALARI
2-KAPILI		
GK GK (a)	$\begin{bmatrix} I_1 \\ V_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1 \\ I_2 \end{bmatrix}$ G-Parametreleri	
GK AK (b)	$\begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ g & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \end{bmatrix}$ Y-Parametreleri	
AK AK (c)	$\begin{bmatrix} V_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ V_2 \end{bmatrix}$ H-Parametreleri	
AK GK (d)	$\begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ r & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix}$ Z-Parametreleri	
NIC (e)	$\begin{bmatrix} I_1 \\ V_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1 \\ I_2 \end{bmatrix}$ G-Parametreleri	
JIRATÖR (f)	$\begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & -g \\ g & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \end{bmatrix}$ Y-Parametreleri	

Şekil 2.7. : İki kapılıların CCII'lı gerçeklemeleri.

Şimdi, CCII'nın pratikteki gerçeklemelerini incelemeye başlayalım. Çünkü, CCI'ya göre, daha esnek tanım bağıntısına sahip olması nedeniyle, sadece onunla sentez yapılacaktır.

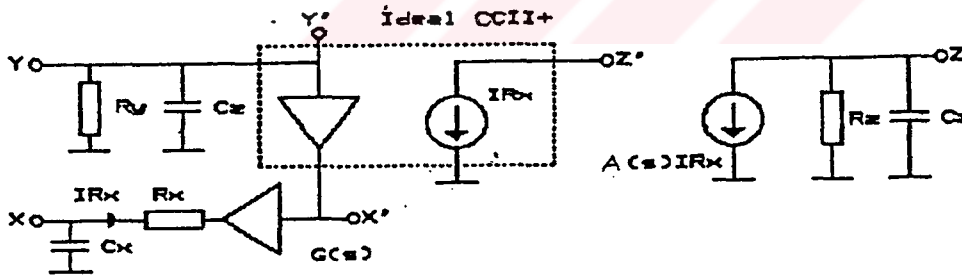
2.2. İkinci Kuşak Akım Taşıyıcının (CCII +) Fiziksel Yapısı

Daha önce bölüm 1.2.'de değinildiği gibi, akım taşıyıcıların fiziksel gerçeklemeleri ile ilgili bir çok devre önerilmiş ve bunlar gün geçtikçe daha da iyileştirilmiştir.

İlk gerçekleştirilen AT'ların düşük band genişliğine sahip olmaları ve çıkış sürme yeteneklerinin zayıflığı nedeniyle, zamanla OPAMP ve Akım Aynası çifti gibi ayrık elemanlarla gerçekleştirilen AT'lar geliştirilmiştir. Sonra, bunların da yerini, BJT'lerle tamamen tümleşik gerçekleştirilen AT'lara bırakmaya başlamıştır.[23]

Son yıllarda CMOS'lu Analog yapılar oluşturmaya yoğun ilgi duyan tasarımcılar, MOS/CMOS transistörler ile tamamen tümleştirilmeye uygun çeşitli AT'lar sunmuşlardır. Bunlar içinden en çok ilgi görenlerden bir tanesi, Wilson tarafından geliştirilen, birim geribeslemeli OPAMP'tan ve bir akım aynasından oluşandır[12]. Bu devrede, OPAMP birim gerilim kazancı için kullanılırken, akım aynaları ise, birim akım kazancını sağlamaktadırlar. Fakat, OPAMP'ın geribesleme yolu üzerinden ortaya çıkan bir mahsur vardır. O da, frekans bandının bu eleman tarafından sınırlandırılmasıdır.

Buna rağmen, Wilson'un önerdiği bu devre ve geliştirilmiş hali, CCII'nin fiziksel yapısından gelen etkileri incelemek için, bu teze konu edilmiştir. Şüphesiz, ileride daha başka devre önerilerinin de geliştirileceğini söyleyebiliriz. Öyle ise, şimdilik bu devreyi incelemeye başlamak için, Şekil 2.8.'deki CCII+'nın kayıplı bir modelini verelim.



Şekil 2.8. : CCII+'nın kayıplı eşdeğer modeli.

CCII'nin (2.1.)'de verilen tanım bağıntısından ve ideal eşdeğerinden görüldüğü gibi, aktif eleman idealde, y giriş kapısından akım çekmemektedir. Bu da, y girişinde yüksek empedans olduğunu gösterir. Kayıplı eşdeğerde, az da olsa, çekilen akımı göstermek için, bir direnç (R_y) konulmuştur. Ayrıca, bir de paralel kapasite (C_y) eklenerek, bu direncin frekansa olan bağımlılığı ifade edilmeye çalışılmıştır. x

girişi ise, y girişi ile aynı gerilim seviyesinde olduğundan, sıfıra yakın bir direnç göstereceğinden, bu da seri bir direnç (R_x) ile devreye katılmıştır. z çıkışına gelince, tıpkı y girişi gibi yüksek empedans göstererek, akım kaynağı gibi davranacağından, y girişi gibi R_z ve C_z ile modellenmiştir. z ve x uçları arasında, birim akım kazançlarından gelen idealsizlikler de, şekildeki tek kutuplu iki transfer fonksiyonu (2.3.a. ve 2.3.b.) ile gösterilmiştir.

$$G(s) = \frac{(1-E_v) \cdot p_1}{s + p_1} \quad (2.3.a.)$$

$$A(s) = \frac{(1-E_i) \cdot p_2}{s + p_2} \quad (2.3.b.)$$

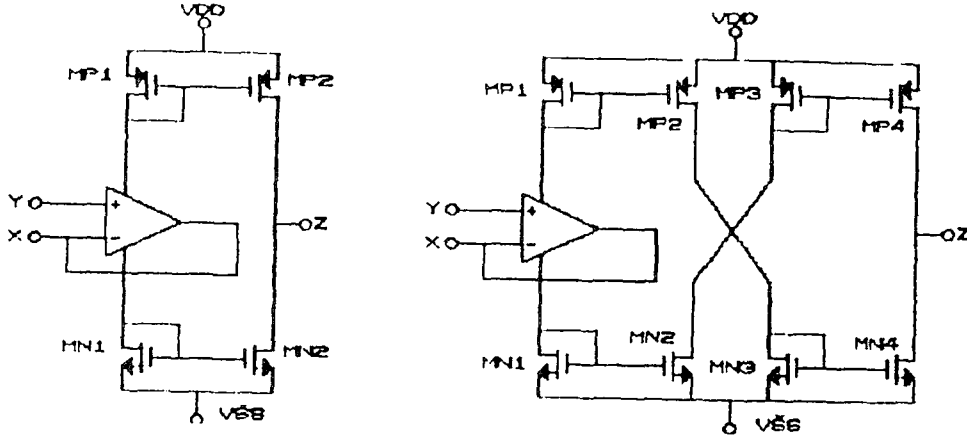
Fiziksel gerçeklemeden bağımsız olarak, verilen bu eşdeğerin iki eksikliği vardır. Bunlardan biri, geribeslemesiz görünüm, diğeri ise, frekansa bağımlı olacak R_x direncinin varlığıdır. Çünkü, x ucundan gözükten çıkış direnci (R_x)'in frekanstan bağımsız olması için, x ve y uçları arasındaki birim gerilim kazancının geribeslemesiz sağlanması gerekir. Bu da pratikte oldukça zordur. R_x bir geribesleme çevriminde bırakılınca da, geribesleme kazancı frekansa bağımlı olacağından, R_x direncide frekansa bağımlı olacaktır. Öyle ise, bu elemanın pek çok çalışmada olduğu gibi, Z_x empedans sembolü ile gösterilmesi daha uygun olup, bağlı olduğu parametreler (2.4.)'te gösterilmiştir[23].

$$Z_x = \frac{R_o}{(1 - A_{\text{cev}})} \quad (2.4)$$

R_o , A_{cev} ile birim kazanç sağlayan geribeslemeli yapının, geribeslemesiz çıkış direncidir. Şimdi, Wilson tarafından geliştirilen, birim geribeslemeli OPAMP'tan ve bir akım aynasından oluşan gerçek fiziksel modele geçilecektir [12].

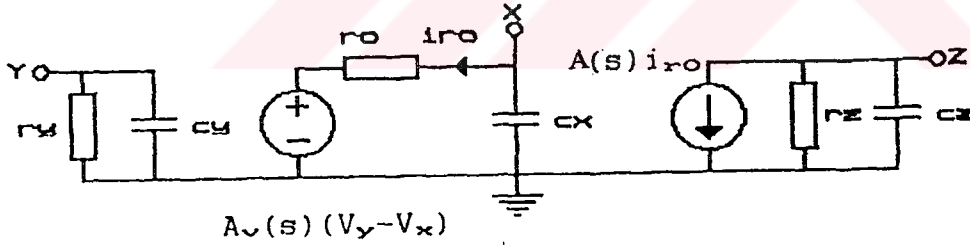
Wilson'un önerdiği Şekil 2.9.'daki devrede, akım aynaları daha yüksek çıkış dirençli veya daha doğru akım kazançlı akım aynaları ile oluşturulabilir[14]. Bu yapıda, OPAMP'a birim geribesleme uygulanmış ve x kapısından çekilen akım besleme yolu üzerinden akım aynaları ile farkedilerek, çıkışın etkilenmesi

sağlanmıştır. Aynı zamanda, bu geribesleme ile her iki giriş kapısının gerilimleri eşitlenmiş olmaktadır.



Şekil 2.9. : Wilson'ın önerdiği OPAMP ve Akım aynalı CCII'lar

Bu yapıyı, lineer çalışma bölgesindeki idealsizliklerini göstermek üzere, Şekil 2.10.'daki gibi modelleyebiliriz. Bunun için, OPAMP'ın ve akım aynalarının eşdeğerini çizmek yeterli olacaktır.



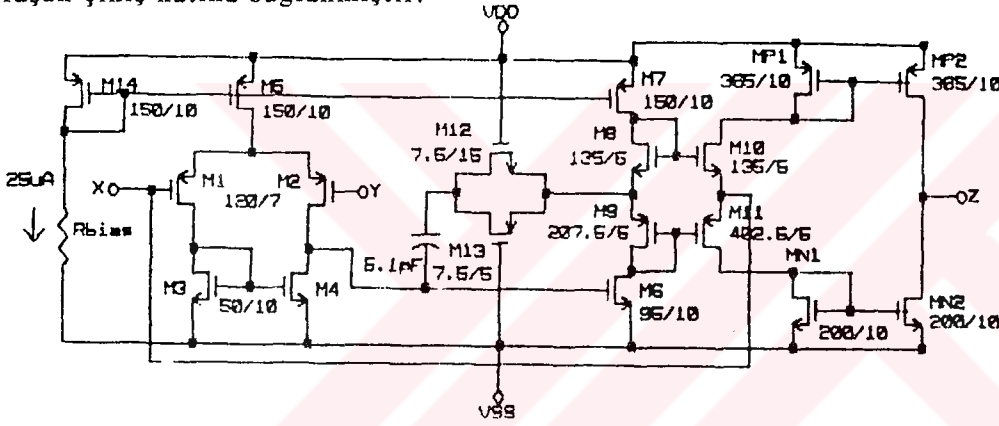
Şekil 2.10. : Wilson'ın önerdiği CCII+'nın küçük işaret eşdeğeri.

2. tt .G.B

$$A_v(s) = \frac{2 \cdot \text{tt} \cdot \text{G.B}}{s + p} \quad (2.5.)$$

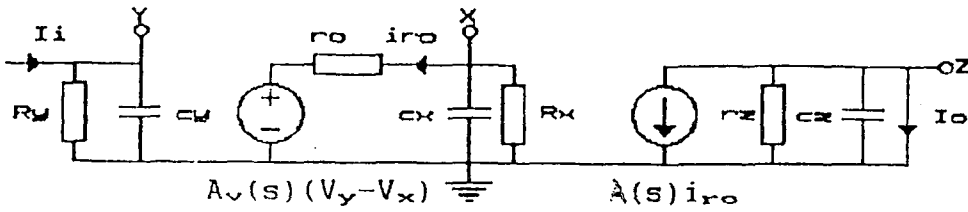
(2.5.)'deki GB büyüklüğü, OPAMP'ın birim kazanç band genişliğidir. (Yaklaşık, bir kaç Mhz.) p değeri ise, OPAMP'ın baskın olan kutbudur. (Yaklaşık, bir kaç yüz rad/sn.) y girişinden görünen direnç ise, 10 Mohm 'dan büyük, kapasite

ise, 1 pF mertebelerindedir. OPAMP'ın çıkış direnci ise, 50 ohm 'luk tipik bir değerdedir. x girişinden görünen kapasite ise, 1.5 pF mertebesindedir. z çıkışından görünen direnç ise, akım aynalarına göre farklı değerler alacaktır. Biz, bu direncin bura da, rahatlıkla 1 Mohm 'dan büyük olacağını düşünebiliriz. Buna paralel gelen kapasite ise, yine 1 pF mertebesindedir. A(s) ise, akım aynasının tek kutuplu transfer fonksiyonunu göstermektedir. Fakat, bu kutupta genellikle, OPAMP'inkine nazaran çok daha yüksek değerde karşımıza çıkacaktır. [14] Şekil 2.10.'daki eşdeğeri temel alan, daha iyi bir gerçekleştirme Şekil 2.11.'de verilmiştir. Bu devre de, M1-M4 transistörleri ile gerçekleştirilen kat, iki kazanç katlı bir CMOS OPAMP'a, AB sınıfı çalışan bir çıkış katı eklenmesiyle bulunan akım sürme özellikleri iyileştirilmiş, başka bir OPAMP'tır. MP1,2 ve MN1,2 ise, çıkış akım aynalarının vazifesini görür. Şekil 2.9.'dekinden farklı olarak, bu akım aynaları M10,11'den oluşan çıkış katına bağlanmıştır.



Şekil 2.11. : CMOS transistörlü gerçekleştirme.

Şekil 3.2.'de verilecek olan akım kuvvetlendiricinin bir küçük işaret eşdeğeri Şekil 2.12.'de verilerek, CCII'in iç yapısından gelen sınırlayıcı etkenin OPAMP olduğuna değinilmiştir.



Şekil 2.12. : Bir akım kuvvetlendiricinin küçük işaret eşdeğeri.

$$A_v(s) = \frac{2 \cdot t_t \cdot G \cdot B}{s + p} \quad (2.6.a.)$$

$$T_i(s) = \frac{R_Y}{R_X} \cdot \frac{(1 + s \cdot C_X \cdot R_X)}{(1 + s \cdot C_Y \cdot R_Y)} \cdot G_{\text{cev}}(s) \cdot A(s) \quad (2.6.b.)$$

$$C_Y = 0.25 \text{ pF. ; } C_X = 0.4 \text{ pF. ; } C_Z = 0.4 \text{ pF. ; } R_Z = 900 \text{ kohm.} \quad (2.6.c.)$$

Şekil 2.12.'deki eşdeğer devrenin eleman değerleri, Şekil 2.11.'deki devrenin belli şartlar altında analizi sonunda, (2.6.c.)'de gibi verilebilir.(2.6.b.)'de verilen bağıntı, A(s) akım aynasının transfer fonksiyonu iken, $G_{\text{cev}}(s)$ ise, R_o çıkış dirençli, R_x yük dirençli, birim geribesleme uygulanmış OPAMP'ın gerilim kazancıdır. Girişlerdeki parazitik kapasitelerden gelen bir sıfır ve bir kutubun yanısıra, ayrıca akım aynalarından ve OPAMP'tan gelen iki kutup daha vardır. Aynı zamanda, OPAMP'tan gelen kutup, R_x direnci ile orantılıdır. Küçük R_x dirençleri söz konusu olunca, bu kutupta daha düşük frekanslarda etkisini gösterecektir. Çalışma bandını büyük tutmak için, R_x büyük seçilince de, $R_x \cdot C_x$ zaman sabitinin büyümesinden dolayı transfer fonksiyonuna bir sıfır gelir ve $R_Y \cdot C_Y$ zaman sabitinin de çok büyük tutulmamasına dikkat edilmelidir. Akım aynaları ve C_Y parazitik kapasitesinden gelen kutubun ve C_x kapasitesinin neden olduğu sıfırın, OPAMP'tan gelen kutuba nazaran çok büyük olması, frekans bandının OPAMP yüzünden sınırlandırıldığını göstermektedir. R_x , R_o 'dan çok büyük olursa, sınırlayıcı etkisi olan kutubun, OPAMP'ın birim kazanç band genişliğine eşit olduğu, yani kazançtan bağımsız olduğu ve bu durumda, kazanç - band genişliği çarpımının sabit olmadığı görülür. Bütün bunlardan anlaşılacağı gibi, CCII'ın akım kazancının band genişliği, gerilim kazancının band genişliğinden daha fazladır.

2.3. AT 'lanın Getirdiği Avantajlar ve Kullanım Alanları

AT'larla GTF'ları ve ATF'ları gerçekleyen filtreler yapıldığı gibi, İmitans devreleri, Kuvvetlendiriciler ve Osilatörlerde gerçekleştirilebilmektedir. 2-kapılı temel devrelerin AT'larla gerçekleştirilebilmesi, AGD ve GAD'leri olarak kullanılabilmeleri ve aktif devre tasarımlarında sağladığı diğer esneklikler nedeniyle, çok yaygın kullanım alanları bulmuşlardır.

İlk monolitik işlemsel kuvvetlendiricilerin tasarım çalışmaları döneminde, ortaya atılan AT fikri, pek çok analog devre tasarımcısının zihninde yer eden işlemsel kuvvetlendirici eyilimini engellememiştir. Buna rağmen tasarımcıların son beş yılda ortaya koyduğu yüksek performanslı uygulamalar, artık AT'nin iyi bir alternatif olarak görüldüğünü kanıtlamıştır.

AT'lı bir devre, işlemsel kuvvetlendiricili eşdeğer bir devreye göre, daha geniş band-genişliğine sahiptir ve daha yüksek gerilim kazancı sağlamaktadır. Bu da, daha yüksek kazanç band genişliği çarpımı demektir. Ayrıca, Geliştirilmiş çıkış sürme yetenekleri, direnç kullanmadığı için, tümleştirmeye çok uygun olan OTA-C filtrelerinde, OTA'ların kısıtlı performanslarını aşabilecek güçte elemanlardır.

Günümüzde, AT'ların tümdevre olarak gerçekleştirilmesi sayesinde, daha bir çok alanda uygulama sahası bulmaları söz konusu olabilmekte ve bunun yanısıra, akım modlu devrelerin gelişmesine olan katkıları gittikçe artmaktadır. Ayrıca, AT'larla yapılan uygulamalarda, aktif devre sentezinde karşılaşılan bir çok sorunun etkisini azaltma olanakları mevcuttur.

3.0. AKIM TRANSFER FONKSİYONLARININ (ATF) AKIM TAŞIYICILARLA (AT) SENTEZİ

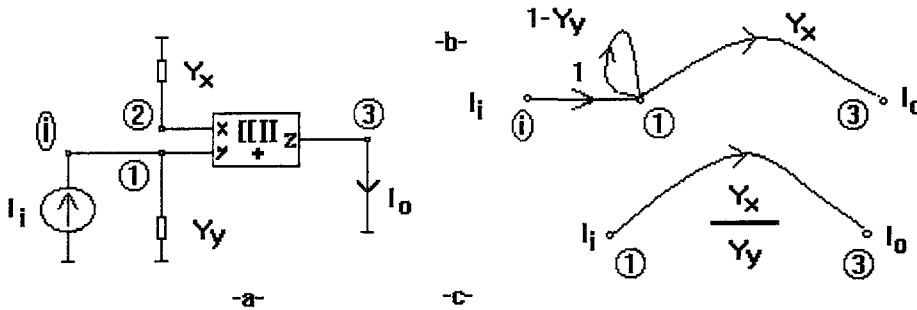
Bu bölümde, ATF'lerinin İAD'ları yöntemi ile sentezi yapılmıştır. Aktif devre elemanı olarak, CCII kullanılmıştır.

Bu amaçla, akım modlu temel devreler ve bunların İAD'ları ile işe başlanılmış, ardından uygulanan yöntem gereğince, düşük dereceden ATF'lerinin CCII'lı temel devrelerden oluşan alt İAD'ları oluşturularak gerçeklemeleri yapılmıştır. Geliştirilen bir metod sayesinde, en genel hali ile N. Dereceden (ND) ATF'lerini sağlayan İAD'ları rahatlıkla türetilmiş ve bunlara ait devre modellerinde, transfer fonksiyonu derecesinin tek veya çift olması durumu dikkate alınarak, daha az elemanla gerçekleştirilebileceği gösterilmiştir.

Bunun yanısıra, en genel ATF'lerini gerçekleyen CCII'lı devrelerle, istenilen frekans karakteristiklerini sağlayan ve pratiğe uygun eleman değerleri olan, Aktif-RC filtreleri (AG,TG,BG,BS) elde edilmiştir. Bu filtre devrelerinden, bazılarında ait sayısal örneklerle, PSPICE analizlerine ise, dördüncü bölümde yer verilmiştir.

3.1. Temel Devreler (TD)

İAD yönteminde ilk adım, sentez işlemlerini kolaylaştırıcı basit bazı matematiksel fonksiyonları gerçekleyen, temel devrelerin oluşturulmasıdır. Bu devrelerin transfer fonksiyonları aslında, en genel 1D - ATF 'nundan türetilmişlerdir. O yüzden, sentez işlemleri boyunca, çeşitli İAD 'larını oluşturan yolların, kazanç fonksiyonlarına eşdeğer, alt devreler şeklinde kullanılacaklardır. Bu nedenle senteze, aşağıda verilen genel amaçlı, bir TD ile başlayalım ve bu devreden diğer TD'leri türetilim.



Şekil 3.1. : 1 - Tek Girişli AKD ve İAD.:

a - Tek girişli en genel Temel Devre yapısı ve b - İAD 'ı.

Aktif elemanın y girişinde yüksek empedans olduğundan idealde akım çekmediği düşünülebilir. Bu yüzden, I_i giriş akımı Y_Y admitansı üzerinden toprağa doğru akar ve y giriş düğümünde bir gerilim düşümü oluşturur. Bu gerilim Y_Y admitansı ile orantılı olup, aynı zamanda aktif elemanın (2.2.)'de verilen tanım bağıntısı gereği, x giriş düğüm gerilimine eşittir. ($V_Y = V_X$) Böylece, x düğümüne bağlı Y_X admitansında da toprağa doğru bir akım akar. Bu akım ise, Y_X admitansı ile orantılı olup, yine tanım bağıntısının başka bir özelliği gereği, çıkış akımına eşittir. (3.1.)'de ardarda verilen eşitliklerle, CCII'nın tanım bağıntısı kullanılarak, Şekil 3.1.'deki devrenin analizi yapılmıştır.

$$I_i = Y_Y \cdot V_Y = Y_Y \cdot V_X = Y_Y \cdot (I_x / Y_X) = (Y_Y / Y_X) \cdot I_x = (Y_Y / Y_X) \cdot I_z = (Y_Y / Y_X) \cdot I_0 \quad (3.1.a.)$$

$$I_i / I_0 = Y_Y / Y_X \quad (3.1.b.)$$

Demek ki, akım taşıyıcının y girişinden içeriye doğru akım akmaması ve giriş kapılarında oluşan eşit gerilimler ile x giriş akımının, z çıkış kapısı akımına eşit olması sayesinde, girişten çıkışa doğru transfer edilen akım, çıkıştaki yüke, bu giriş kapılarına bir uçları topraklı olarak bağlanabilen, iki ayrı admitansın değerleri ile orantılı olarak aktarılacaktır.

Birinci Yaklaşım: Transfer fonksiyonunun pay ve payda polinomlarını, yukarıda belirtilen admitansların oranı şeklinde oluşturmak mümkündür. İlerideki bölümlerde, İAD yönteminde geliştirilen bir metod sayesinde, getirilecek yaklaşımların, ATF sentezini oldukça kolaylaştıracağı gösterilecektir. Şimdi, bu yaklaşımı biraz daha açalım.

Akımların, düğüm noktalarında direkt toplanabilir özelliğinin olması sayesinde, ilgili düğümüne gelen kolları birleştirerek, bu akımları toplamak mümkündür. Bu özellik, CCII'lı ATF sentezinde, (2.2.)'de verilen CCII'nın tanım bağıntısı sayesinde, rahatlıkla kullanım alanı bulmaktadır. Öyleki, ATF'nun pay ve payda polinomlarını oluşturan eklemeli terimlerin katsayıları, CCII'nın giriş kapılarında paralel bağlanabilir pasif elemanların admitanslarına denk düşürülebildiği gibi, bunlarında toplanabilir olması sayesinde, ATF gerçekleştirilmesi oldukça basitleşmektedir. Böylece, sentez sonucu elde edilen devredeki düğüm sayısı azalırken, fazladan aktif ve pasif eleman kullanımına da gerek kalmamaktadır. Sonuç olarak, akım modlu sentez uygulamalarını CCII ile gerçekleştirmek çok uygundur.

Kullanılan TD'ler: 1-Tek Girişli En Genel TD, 2-AK, 3-TA, 4-İA, 5-KTA, 6-KİA, 7-AAK,

Kullanılmayan TD'ler: 8-AD, 9-AAT, 10-AGD, 11-GAD.

Yedinci sırada verilen, AAK , içerdiği ortak admitansın değeri ile orantılı olarak kuvvetlendirme yapmaktadır. Bu da, İAD'ında ileri yol kazançlarını ve akım dağıtıcı fonksiyonlarını üstlenebilmesi açısından son derece önemlidir. Fakat, CCII katlarının bu ortak admitansları kullanarak, tüm İAD'nda Mason Kazanç Formülü ile sağlanması arzu edilen ATF'nu gerçekleştirememeleri gerekmektedir. Daha önce verilen birinci yaklaşımın, bir sonraki bölümde İAD yöntemi ile ATF sentezinin içerisinde yapılan ikinci bir yaklaşımla anlam kazanmasından sonra, bu konunun uygulamasına geçilebilecektir.

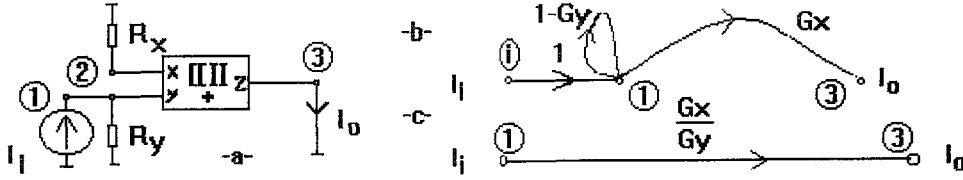
Sekizinci sırada verilen AD, bir koldan gelen akımı, çeşitli eşit kollara bölmeyi sağlayan bir yapıdır. Fakat, yüksek dereceden ATF'nın sentezinde, aşırı CCII kullanımını önlemek için, getirilen yaklaşımlar sayesinde, AD yerine, AAK kullanmak mümkün olabilecektir. (Şekil 3.13.)

Dokuzuncu sırada bulunan AAT'ya, pratikte gerek kalmayacağı anlaşılmıştır. Bu durum, CCII 'la gerilim modunda çalışan TD'lerdeki Gerilim Dağıtıcı ile aynı özellikleri taşımaktadır. Aksi hali düşünülecek olursa, Gerilim Toplayıcı ile ilgili zorlukların benzeri, AD'da karşımıza çıkmaktadır.

Onbirinci sırada verilen, Gerilim-Akım Dönüştürücü ise, CCII 'la gerilim modunda çalışılırken, bir dezavantajı göstermesi açısından önemlidir. Öyleki, CCII'nın yapısı gereği, akımı gerilime dönüştürme sorunu, bir ucu topraklı birbirine paralel bağlı pasif elemanlardan oluşan y giriş admitansı ile otomatikman çözülebilmektedir. Gerilim modlu CCII'lı devrede ise, gerilimi akıma dönüştürmek için, özel bir CCII'ya ve bunun x girişine bağlı bir de admitansa gerek vardır. Bu durumda, devreye iki tane de düğüm eklenmektedir. (3.11.) bağlantısını sağlayan bu dönüştürücü, tezdeki yaklaşımı pekiştirmek için, emsal teşkil etmesi nedeniyle, Şekil 3.11.'de fazladan verilmiştir.

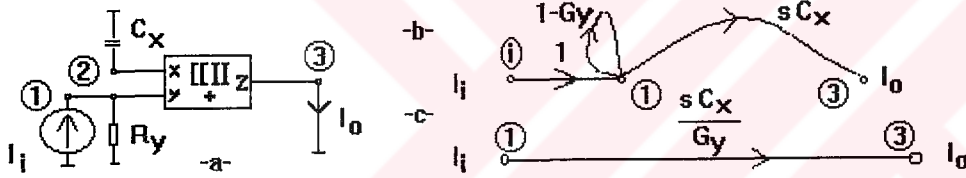
Bu hatırlatmalardaki amaç, aşağıda verilen akım modlu TD'lerin, gerilim modunda çalışan CCII'lı TD'lere nazaran, CCII 'nın yapısına daha uygunluğunu ve bunlarla yapılan sentezde, gerilim moduna geçişin, daha da basit olduğunu belirtmektir. Dolayısı ile, bu düşüncenin tersi daha karmaşık bir yaklaşım doğuracağından, bu tezde önerilen metodla basitleştirilmeye çalışılan ATF sentezine uygunluğu da, kullanılan eleman sayısı açısından daha az olmaktadır.

$$H_k [s] = \frac{G_x}{G_y} \quad (3.2.)$$



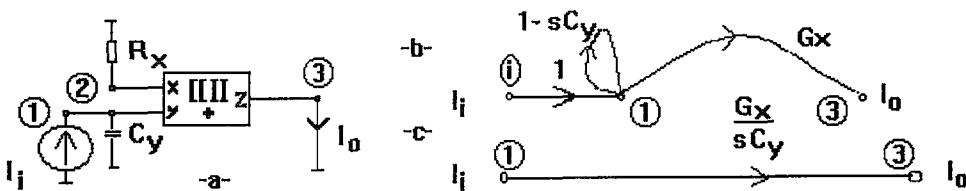
Şekil 3.2. : 2 - (AK). Akım kuvvetlendirici ve İAD.

$$H_{ta} [s] = \frac{s C_x}{G_y} \quad (3.3.)$$



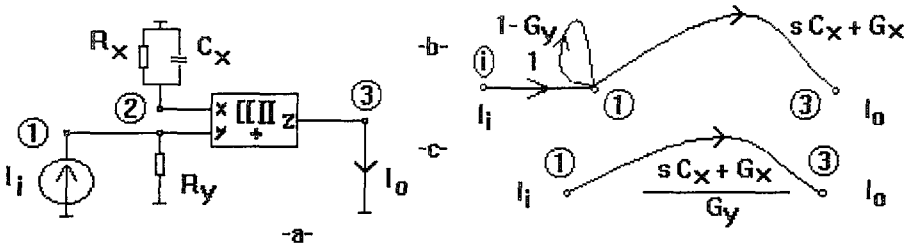
Şekil 3.3. : 3 - (TA). Türev Alıcı ve İAD.

$$H_{ia} [s] = \frac{G_x}{s C_y} \quad (3.4.)$$



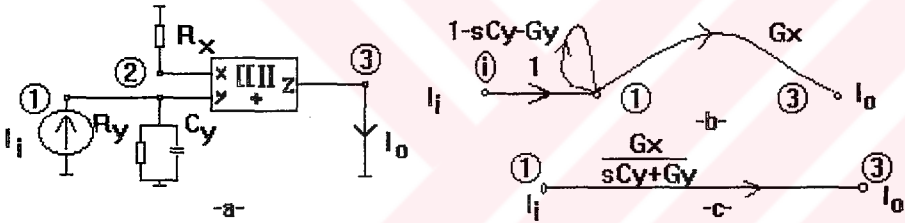
Şekil 3.4. : 4 - (IA). İntegral Alıcı ve İAD.

$$H_{kta}[s] = \frac{sC_x + G_x}{G_y} \tag{3.5.}$$



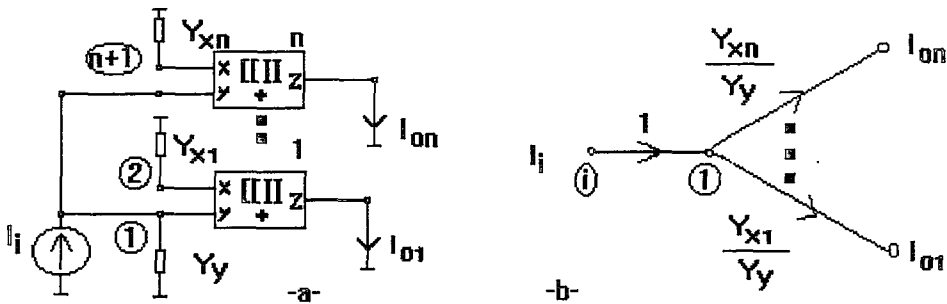
Şekil 3.5. : 5 - (KTA). Kayıplı türev alıcı ve İAD.

$$H_{kia}[s] = \frac{G_x}{sC_y + G_y} \tag{3.6.}$$



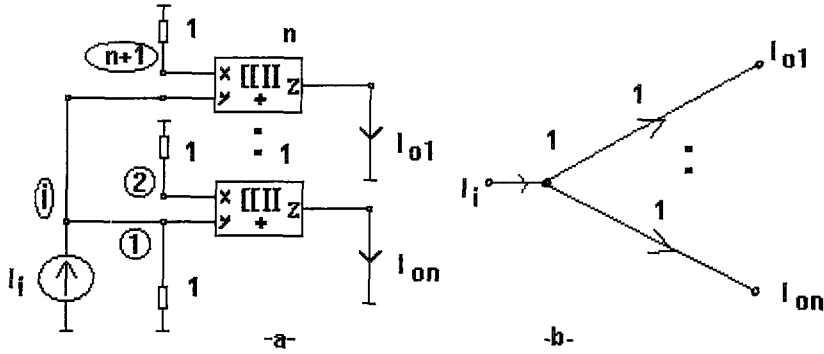
Şekil 3.6. : 6 - (KIA). Kayıplı integral alıcı ve İAD.

$$I_{o1} = \dots = I_{on} = \frac{Y_{xn}}{Y_y} * I_i \tag{3.7.}$$



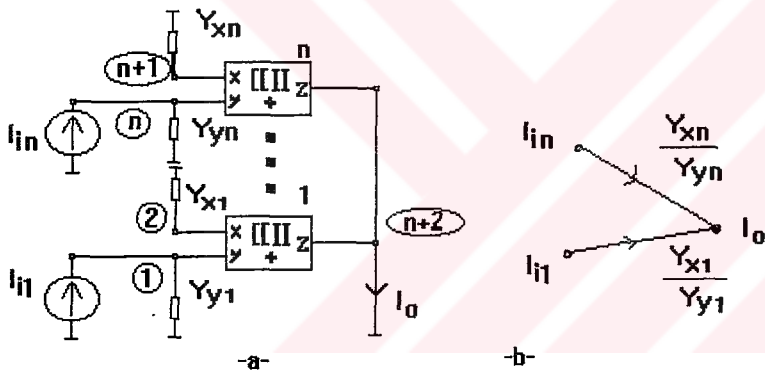
Şekil 3.7. : 7 - (AAK). Ağırlıklı Akım Kuvvetlendirici ve İAD.

$$I_{o1} = \dots = I_{on} = I_i \tag{3.8.}$$



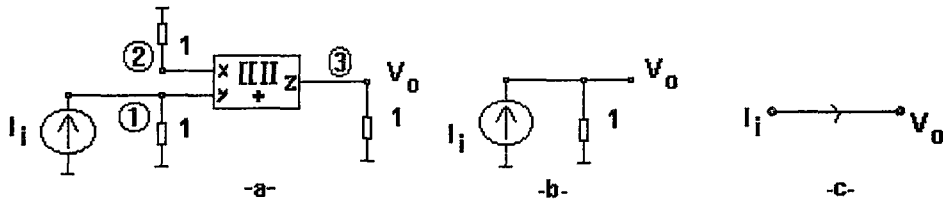
Şekil 3.8. : 8 - (AD). Akım Dağıtıcı ve İAD.

$$I_o = I_{i1} * \frac{Y_{x1}}{Y_{y1}} + \dots + I_{in} * \frac{Y_{xn}}{Y_{yn}} \tag{3.9.}$$



Şekil 3.9. : 9 - (AAT). Ağırlıklı Akım Toplayıcı ve İAD.

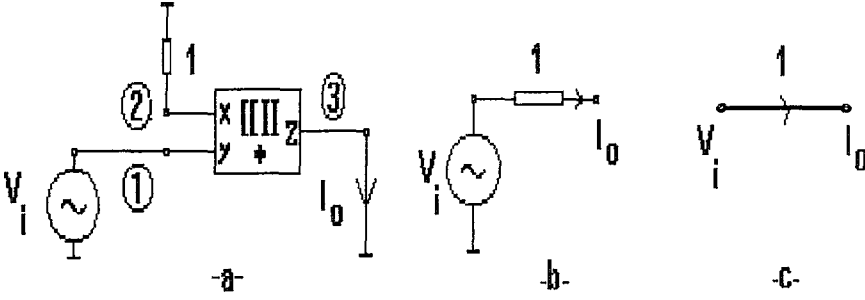
$$V_o = I_i \tag{3.10}$$



Şekil 3.10. : 10 -(AGD). Akım - Gerilim Dönüştürücü ve İAD.

$$I_o = V_i$$

(3.11)

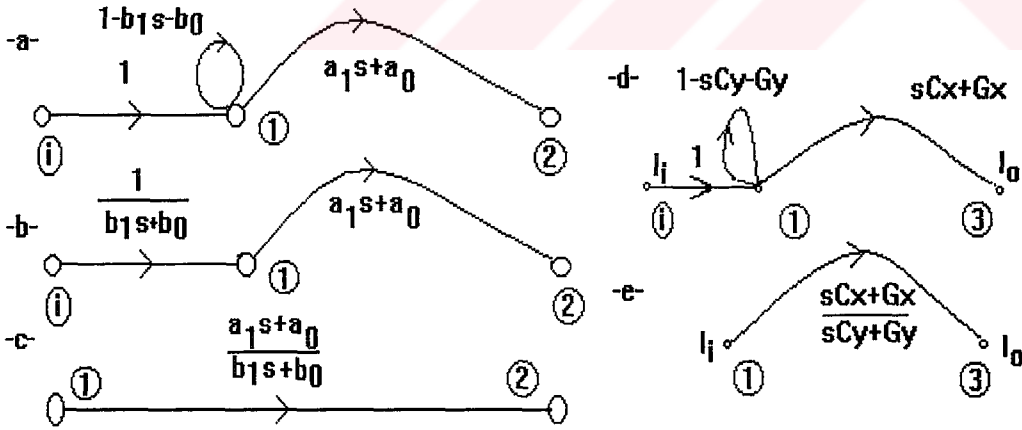


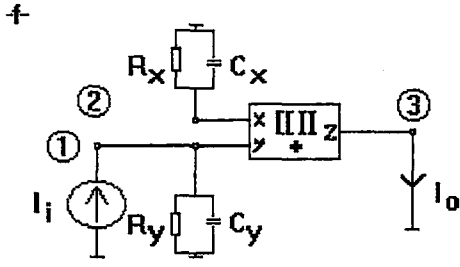
Şekil 3.11. : 11- (GAD). Gerilim - Akım Dönüştürücü ve İAD.

Böylece, akım modlu TD'lerin incelenmesi tamamlanmıştır. Şimdi, daha önce söylenildiği gibi ATF'nin sentezine geçebiliriz.

3.2. Düşük Derecelerden (1, 2, 3, 4) ATF'lerinin Sentezi

Bölüm 3.1 'de verilen açıklayıcı temel bilgiler doğrultusunda, Şekil 3.1 'deki İAD, en genel terimli gösterimleriyle yeniden düzenlenerek, Şekil 3.12. -a 'daki gibi 1D-ATF-İAD olarak, -b'deki gerçeğemesi ile birlikte verilebilir.





Şekil 3.12. : 1D - ATF - İAD'ları ve CCII'lı Gerçeklemesi.:
a-b-c-d-e- 1D'den en genel ATF İAD 'ının bulunuşu,
f- CCII 'lı gerçeklemesi.

Bu İAD ile yapılan gerçekteleme de, ATF'nun pay ve payda polinomlarındaki terimlerin önüne gelen katsayıların, pasif eleman değeri cinsinden eşdeğeri (3.12.) bağıntısı ile gösterilmiştir. Bu devre, n.dereceden en genel terimli ATF sentezinde, ilk basamağı oluşturan, birinci dereceden ATF'nun en az elemanla yapılan gerçektelemesidir. Böylece, ATF'lerinin, paralel elemanların admitansları toplamının oranı şeklinde CCII 'lı gerçektelemelerini yapmanın kolaylıkları anlaşılmiş olmaktadır.

$$H(s) = \frac{I_o(s)}{I_i(s)} = \frac{a_1s + a_0}{b_1s + b_0} = \frac{C_x s + G_x}{C_y s + G_y} = \frac{Y_x}{Y_y} \quad (3.12)$$

Artık, uygulanan bu metodun geliştirilmesi ile, ikinci, üçüncü ve dördüncü dereceden (2D, 3D, 4D) ATF'lerini gerçekteleyen devrelere geçmek mümkündür. Bunun için, istenilen ATF 'nunu, Mason Kazanç formülü ile sağlayan İAD 'nı, Şekil 3.12.'de verilen İAD 'ından, türetmek gerekecektir.

Ayrıca, Bölüm 3.1.'de verilen temel bilgilerin yanısıra, İAD'ında sadeleştirmeler yapmak için, temel dönüşüm kurallarını içeren yaklaşımlar kullanılacaktır. [11]

Bu işler yapılmadan önce, Şekil 3.12.a.'nın ve temel devreler için verilen İAD 'nın, gözden kaçırılmaması gereken özellikleri aşağıda özetlenerek, düşük dereceden diğer gerçektelemelere geçilmiştir. Özet :

1- Şekil 3.12.a.'daki en genel ATF 'nun paydasında bulunan yüksek dereceli terimlerin, İAD 'nda giriş düğümünün önünde yer alan, ilk düğümdeki öz çevre kazancı içersinde, gerçektelemeye alınması,

- 2- Şekil 3.12.a.'daki çıkış düğümünde öz çevreye gerek kalmaması ve dolayısıyla, devrede bu düğümün herhangi bir pasif eleman bağlanmadan gerçeklemeye uygun olarak kısa devre edilebilecek şekilde bırakılması,
- 3- Şekil 3.12.f.'deki ATF'ndeki eklemeli terimleri oluşturacak admitans elemanlarının, kullanıldıkları CCII katında hep giriş kapısına gelmeleri ve birbirlerine paralel biçimde, bir uçları topraklı olarak bağlanmaları,
- 4- AD'lar ve akım dağılan yollar üzerinde, tekrar AK'ler kullanmak yerine, dağıtım yapılması gereken düğümlerde, ortak admitans kullanımı sağlanarak, akım dağılan yolların kazançlarının, AAK ile gerçekleştirilebilmesi.

$$H(s) = \frac{I_0(s)}{I_1(s)} = \frac{a_2 s^2 + a_1 s + a_0}{b_2 s^2 + b_1 s + b_0} \quad (3.13.a.)$$

Şimdi, (3.13.a.)'daki bağıntı ile verilen, 2D'den en genel ATF 'nu sağlayan İAD'nı bulmaya çalışalım. Her derece arttırımında belli bir yol izleyerek, yöntemin genelleştirmesini sağlamak için, şimdilik Şekil 3.12. baz alınarak, bu diagrama eklenecek yolları ve yeni bir düzenleme ile tüm İAD'nda Mason Kazanç Formülü'nün sağlaması gereken yol kazançlarını içeren, ek bir İAD'nın çizilmesi düşünülmüştür. Önerilen bu metodun uygulanabilirliğini arttırmak için, çeşitli yaklaşımlara gerek duyulmuştur. Şimdi, bu metodu biraz daha açarak, gerek duyulan yaklaşımları sırayla vermeye başlayalım.

Uygulanan Metodun Tarifi :

İlk adım olarak seçilen, 2D'ye geçiş işlemleri, şu şekilde olmalıdır. Birinci ve ikinci derece İAD arasında geçişi sağlaması düşünülen ek İAD'ında, fonksiyonun derecesinin bir arttırılmasını sağlayan, birinci düğümden sonraya gelecek yeni bir düğüme ve buna bağlı (1-s) kazançlı bir öz çevreye, paydanın en düşük terimini oluşturmak üzere, öz çevrenin bulunduğu düğümden birinci düğüme doğru $-b_0$ bir geribeslemeye, payın en düşük terimini verecek olan, çıkış düğümüne doğru a_0 kazançlı ileri bir yola ve birinci düğümlerle bağlantının sağlanması için, i bir giriş yoluna gerek duyulmuş ve sonuçta, Şekil 3.13.a'daki İAD çizilip, yüksek dereceli terimler ilk düğümden başlanacağı düşünülerek, Şekil 3.12.a'dakine eklenmiş ve neticede, Şekil.3.13.b.'de elde edilen yeni İAD'nda, gerçekleştirme öncesi, çeşitli sadeleştirme yaklaşımlarına geçilmiştir.

Fakat öncelikle, öz çevreler yok edilerek, Şekil 3.13.c'deki diagram elde edilecek ve sonra, buraya kadar yapılan çalışmalara yön verecek, yaklaşımlar değerlendirilecektir. Bunlardan ilki, önceki bölümdeki özetle, 4. madde ile geçen,

AAK'nın, İAD yönteminde, AD yerine, yeni bir uygulama alanı bulmasıdır. Bir diğeri ise, bu durumu mümkün kılacak İAD'nın elde edilmesini sağlamaktır.

İkinci Yaklaşım:

AAK'nın, AD yerine geçebilme özelliği taşıması, eleman sayısını azaltması açısından çok faydalıdır. Öyleyse, bu özelliği, ATF derecesi arttıkça, geliştirilmesi gereken İAD üzerinde, çeşitli yaklaşımlarla yapılacak olan düzenlemeler neticesinde, eleman sayısının azaltılması için kullanabiliriz.

Üçüncü Yaklaşım:

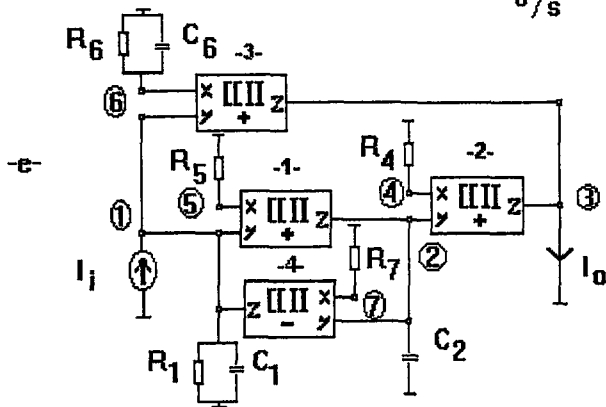
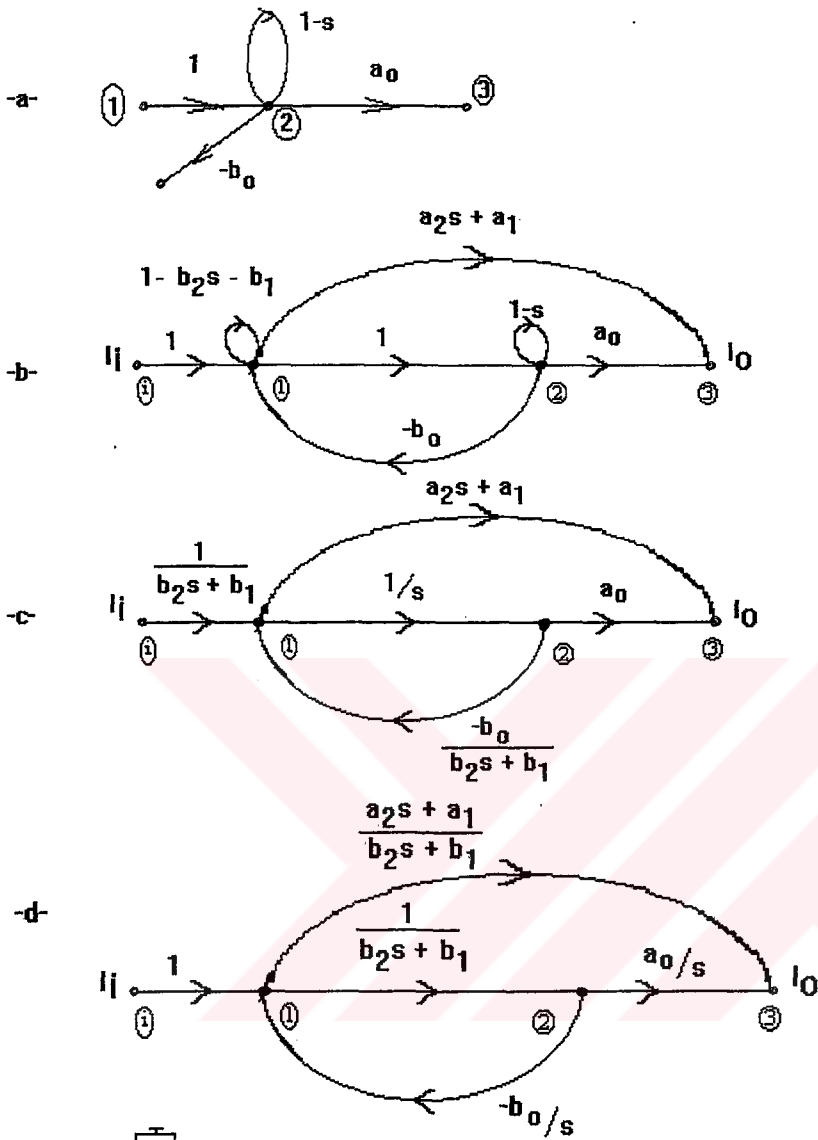
İAD yönteminde kullanılan temel dönüşüm kuralları gereği, Şekil 3.13.a'daki ek İAD'ından, birinci düğümle olan bağlantıyı sağlayan, 1 kazançlı giriş yolu ve yüksek dereceli pay terimlerini içeren ilk ileri yola, birinci özçevre kazancının kesirli olarak taşınması ile, ilk giriş yolunun ve geribeslemeli yolun karmaşık terimli kazançları ötelenmiş olacaktır. Üstelik böylece, ikinci yaklaşımda bahsedilen ortak admitanslı dağıtıma uygun bir düğüm elde edilerek, AAK istenilen uygulama alanına sokulmuş olmaktadır. Bu yaklaşımın ek İAD'ı ile gelen ikinci dağıtım düğümüne de, uygulanması neticesinde, tüm İAD'ında, Mason Kazanç Formülünün sağlanması mümkün olabilecektir. Böylece artık, Şekil 3.13.d'deki son diagram elde edilerek, gerçekleştirilmeside -e'deki gibi yapılabilecektir.

Elde edilen son diagramın işlevliliğinin karşılaştırılması için, 2D'den başka bir İAD'ıda, Şekil 3.13.f'de verilmiştir. Aralarındaki farktan da anlaşılacağı gibi, -d'de önerilen İAD'ında, daha genel terimli olmasına rağmen, daha az elemanla gerçekleştirilmesini, geliştirilen metod sayesinde baştan yakalanmıştır.

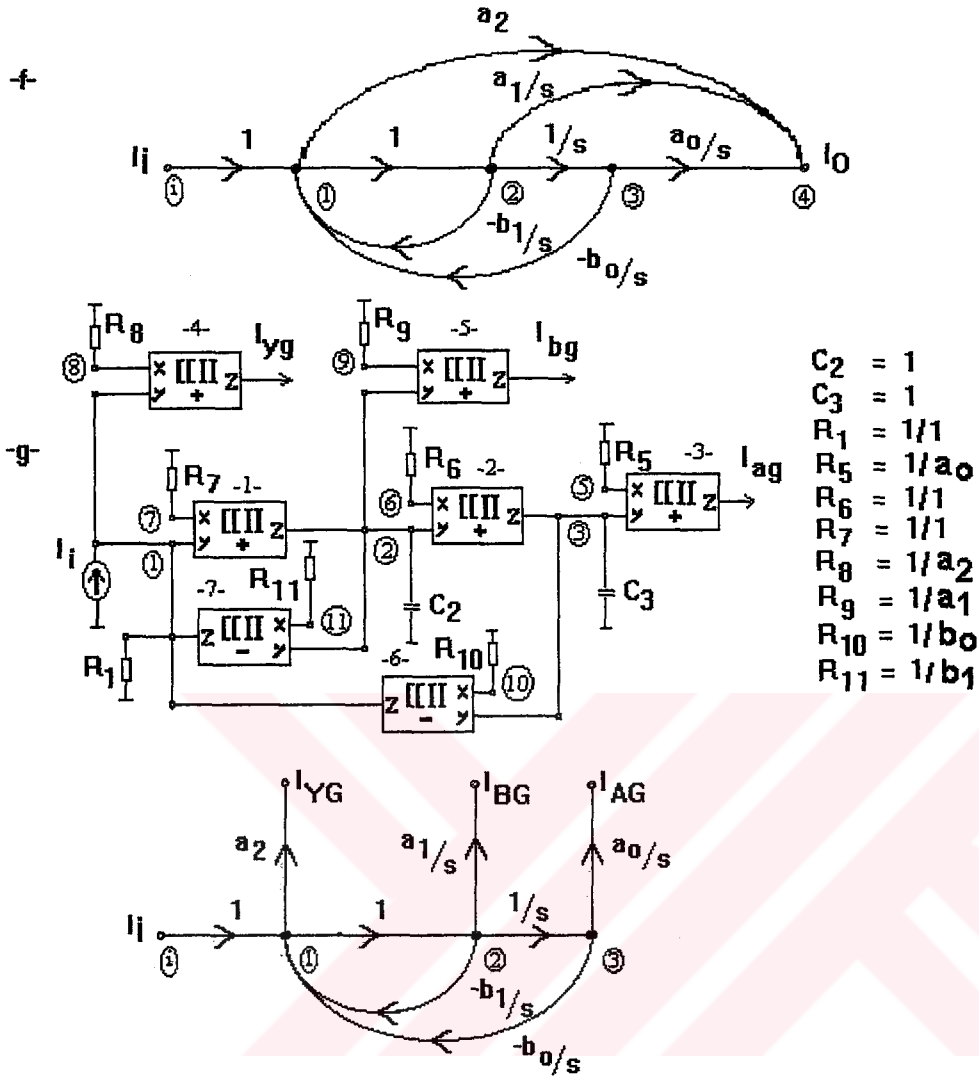
-f'deki İAD'ında ise, en genel 2D - ATF'nun paydasındaki yüksek dereceli katsayısının b_2 olmayışına karşın, beş yerine, sekiz yol kullanılmış, bu yüzden fazladan üç CCII elemanına gerek duyulmuştur. Haliyle, yol kazançlarındaki terim sayısında -d'dekine nazaran daha azalarak CCII kullanımı verimsizleşmiştir.

Fakat, böylece bir Tüm Geçiren Filtre elde edilmiştir. Hatta, bu İAD'ını gerçekleyen devre üzerinde, son düğüme giren yolları ayırmakla, YG, BG ve AG bir universal filtre devresi, Şekil 3.13.g'deki gibi elde edilebilir. Yine, buna ait İAD'da devresi ile birlikte verilmiştir. Bu diagramda da, dikkat edilirse, ikinci düğümde ortak admitans kullanımı sağlanmıştır. Bu yaklaşımın sağladığı özellik, iki dağıtıcı CCII ve üç pasif eleman yerine, sadece iki pasif elemanı uygun tarzda kullanarak, aynı işin yapılabileceğini göstermektedir.

Bu da gösteriyor ki, hem 1D - ATF'nun en az elemanla yapılan gerçekleştirilmesi ve böylece genelleştirmeye dönük bir İAD ile en kısa yoldan işe başlanılmış olması, hem de İAD'ları yönteminde öngörülen metod sayesinde, getirilen yaklaşımlar, en iyi neticeyi vermiştir.



- $R_1 = 1/b_1$
- $R_4 = 1/a_0$
- $R_5 = 1/1$
- $R_6 = 1/a_1$
- $R_7 = 1/b_0$
- $C_1 = b_2$
- $C_2 = 1$
- $C_6 = a_2$



Şekil. 3.13. : 2D - ATF - İAD, CCII'lı Gerçeklemesi ve Karşılaştırması.

- a- Şekil 3.12. 'den geçişi sağlayan İAD'ı,
- b- -a'nın eklenmesi ile elde edilen İAD'ı,
- c- Öz çevreleri yok edilmiş İAD'ı,
- d- 2D'den en genel ATF'nunu sağlayan son İAD'ı,
- e- d'deki son İAD'ının, CCII 'lı gerçeklemesi.
- f- b_2 terimi olmayan, bir 2D - ATF - İAD. (Tüm Geçiren İAD.)
- g- f'deki İAD'nın Ünsersal Filtre (UF) yapısında, bir gerçeklemesi

2D'den en genel ATF 'nu sağlayan İAD 'ı ve bunu gerçekleyen devre bulunduktan sonra, (3.12.) bağıntısının benzeri bir bağıntı ile İAD 'ından devreye geçişteki eleman değerleri, katsayılar cinsinden 3.13.b.'de tekrar verilmiştir.

$$H(s) = \frac{I_0(s)}{I_1(s)} = \frac{a_2 s^2 + a_1 s + a_0}{b_2 s^2 + b_1 s + b_0} = \frac{C_6 s + G_6 s + G_4}{C_1 s + G_1 s + G_7} \quad (3.13.b.)$$

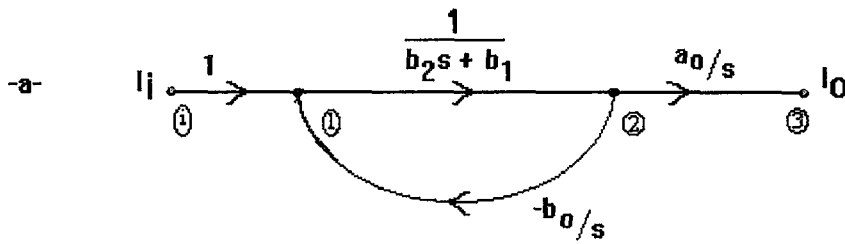
Sentez neticesinde elde edilen devrede, istenilen frekans karakteristiklerinin gerçekleştirilmesi için, devredeki pasif eleman değerlerine frekans normalizasyonu uygulanması gerekecektir. Frekans normalizasyonu ile çalışma bölgesine taşınan karakteristikler, genlik normalizasyonundan etkilenmeyeceğinden, pratiğe uygun eleman değerlerinin bulunması da, böylelikle mümkün olabilecektir. Bu tür sayısal işlemlere dördüncü bölümde, 2D - BGF ve 3D - AGF - ATF 'lerinin sentezine ait örnekler şeklinde yer verilecektir.

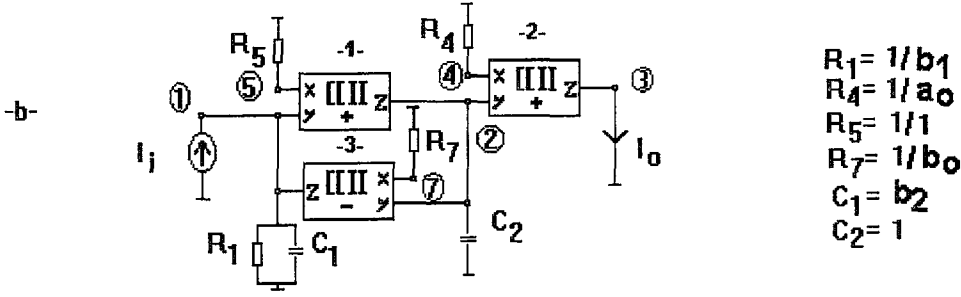
Şimdi, 2D'den ATF'nden türetilen dört ayrı tip (AG, BG, YG, BS) filtre devrelerine ait İAD'nı elde etmeye çalışalım. Bunun için, (3.14.)'te verilen alçak geçiren (AG) transfer fonksiyonu ile işe başlayabiliriz.

$$H_{ag}(s) = \frac{I_0(s)}{I_1(s)} = \frac{a_0}{b_2 s^2 + b_1 s + b_0} \quad (3.14.)$$

Bu transfer fonksiyonundan da görüldüğü gibi, en genel 2D - ATF'nda payda polinomu aynen bırakılıp, pay polinomunda bazı terimleri ekleyip, çıkarmakla, her dört filtreye ait ATF'lerini elde etmek mümkündür.

2D - AG - İAD'nı, Şekil 3.13.d.'deki İAD'ında payın yüksek dereceli iki terimini taşıyan, ileri yolun bu diagramdan çıkarılması ile, Şekil 3.14.a.'da gösterildiği gibi elde edip, bu diagramı da Şekil 3.14.b.'deki gibi pasif devre elemanlarını transfer fonksiyonundaki katsayılara eşdeğer kılarak gerçekleyebiliriz.



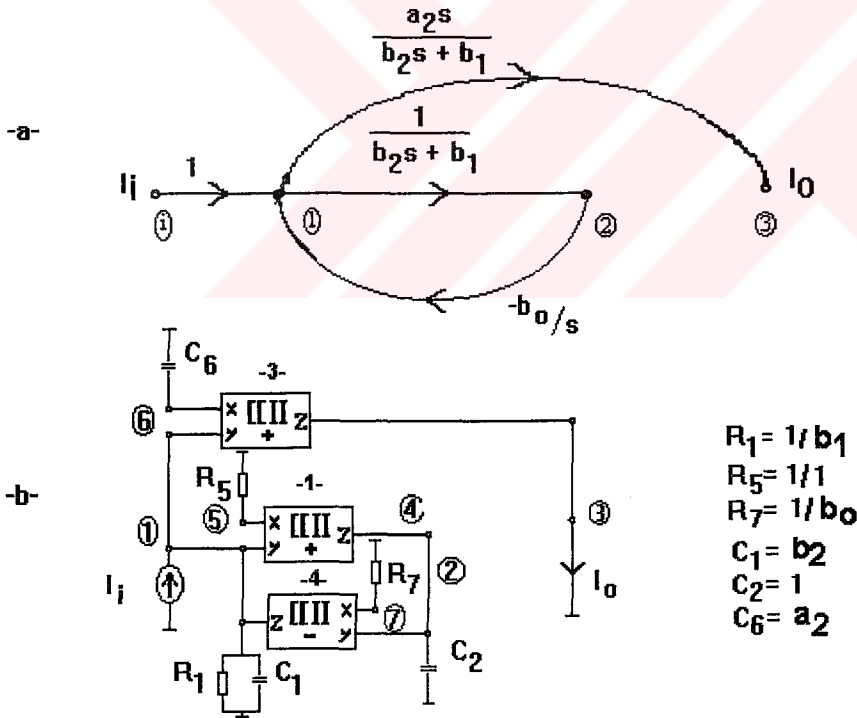


Şekil 3.14. : 2D - AGF - ATF - İAD'ı ve CCII'lı Gerçeklemesi.

a- 2D - AG - İAD ve b- Devresi

$$H_{yg}(s) = \frac{I_o(s)}{I_i(s)} = \frac{a_2 s^2}{b_2 s^2 + b_1 s + b_0} \quad (3.15.)$$

(3.15.)'daki 2D - YG - ATF'nu sağlayan İAD'nı, Şekil 3.13.d.'deki İAD'ından yukarıda verilen benzer yol izlenerek, Şekil 3.15.a.'da gösterildiği gibi elde edip, bu diagramı da Şekil 3.16.b.'deki gibi yine, pasif devre elemanlarını transfer fonksiyonundaki katsayılarla eşdeğer kılarak gerçekleyebiliriz.

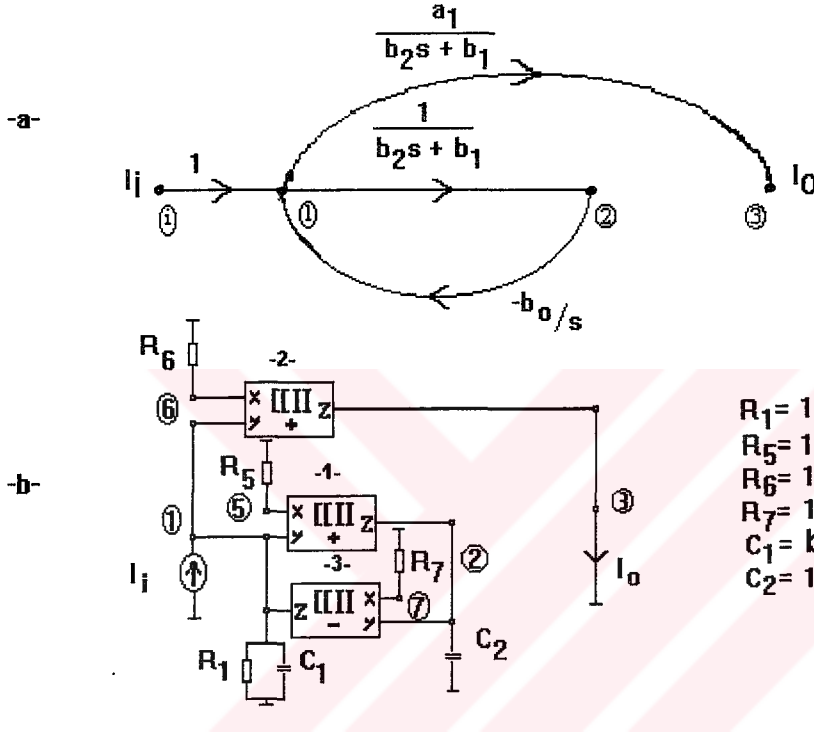


Şekil 3.15. : 2D - YGF - ATF - İAD'ı ve CCII'lı Gerçeklemesi

a- 2D - YG - İAD ve b- Devresi

$$H_{bg}(s) = \frac{I_0(s)}{I_i(s)} = \frac{a_1 s}{b_2 s^2 + b_1 s + b_0} \quad (3.16.)$$

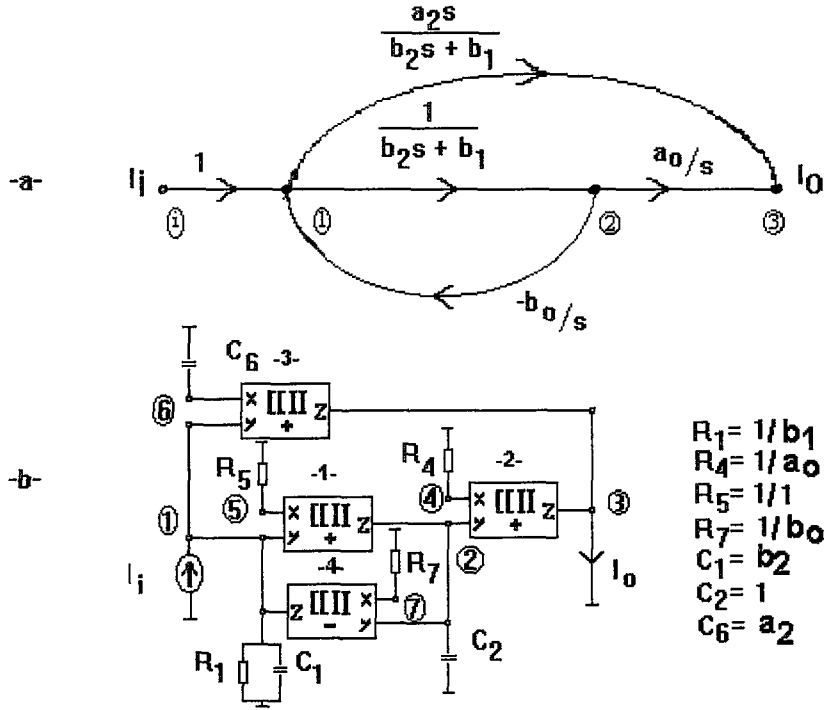
(3.16)'daki 2D-BG-ATF-İAD ve gerçekelesi, Şekil 3.16.'daki gibidir.



Şekil 3.16. : 2D - Band Geçiren Filtre (BGF) - İAD'ı ve CCII'lı Gerçekelesi

$$H_{bs}(s) = \frac{I_0(s)}{I_i(s)} = \frac{a_2 s^2 + a_0}{b_2 s^2 + b_1 s + b_0} \quad (3.17.)$$

(3.17.)'deki 2D - BS - ATF'nu sağlayan İAD'nı ve bunu gerçekeleyen devreyi de, Şekil 3.17.'de gösterildiği gibi vermek mümkündür.



Şekil 3.17. : 2D - Band Söndüren Filtre (BSF) - İAD'ı ve CCII'lı Gerçeklemesi
a- 2D - BS - İAD ve b- Devresi

$$H(s) = \frac{I_o(s)}{I_i(s)} = \frac{a_3 s^3 + a_2 s^2 + a_1 s + a_0}{b_3 s^3 + b_2 s^2 + b_1 s + b_0} \quad (3.18.)$$

(3.18a.) 'daki bağıntı ile verilen, 3D - ATF 'nu sağlayan İAD 'nı bulmak için, 1D ve 2D - İAD'larından (Şekil 3.12.a. ve Şekil 3.13.b.)'den esinlenerek hazırlanmış olan, Şekil 3.18.a.'daki İAD'ı üzerinden, -b. ve -c. 'de gösterildiği gibi (Şekil 3.13.b. , -c. ve -d'dekilere benzer tarzda) sadeleştirmeler yapılarak, sonuca gidilebilir. Ancak, Şekil 3.18.d.'deki son İAD'nın elde edilmesi için, son bir yaklaşıma daha gerek vardır.

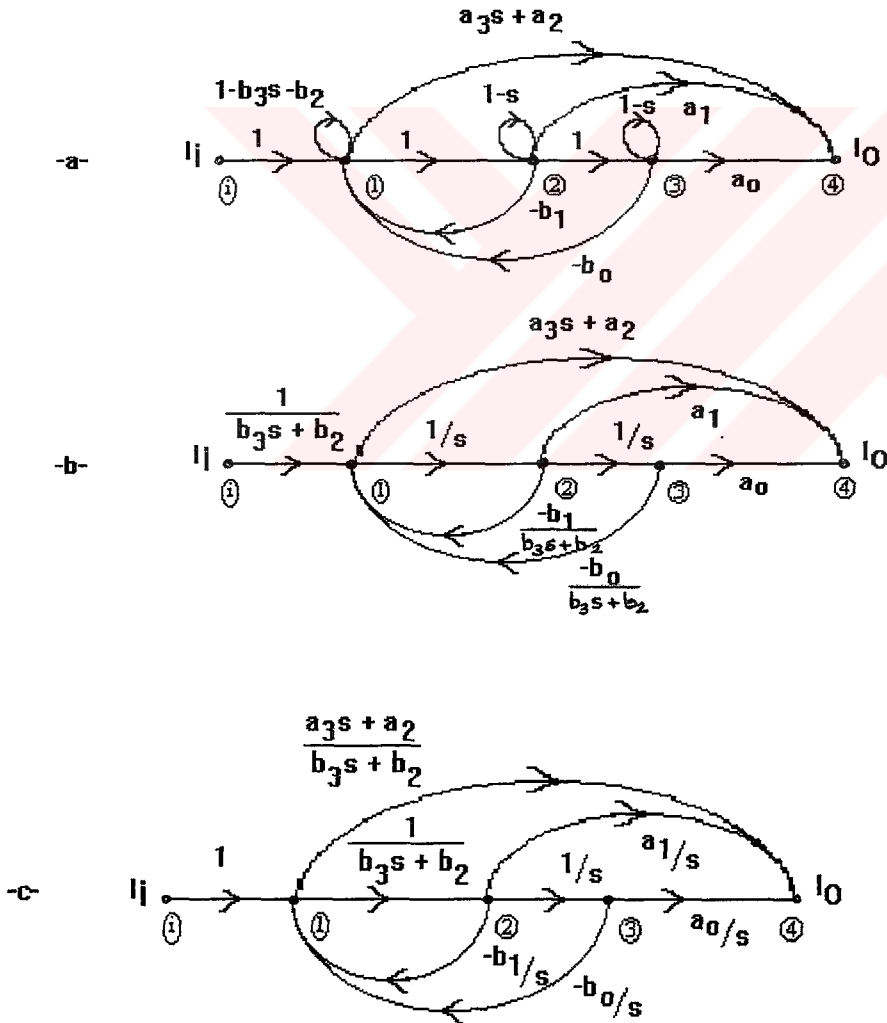
Dördüncü Yaklaşım :

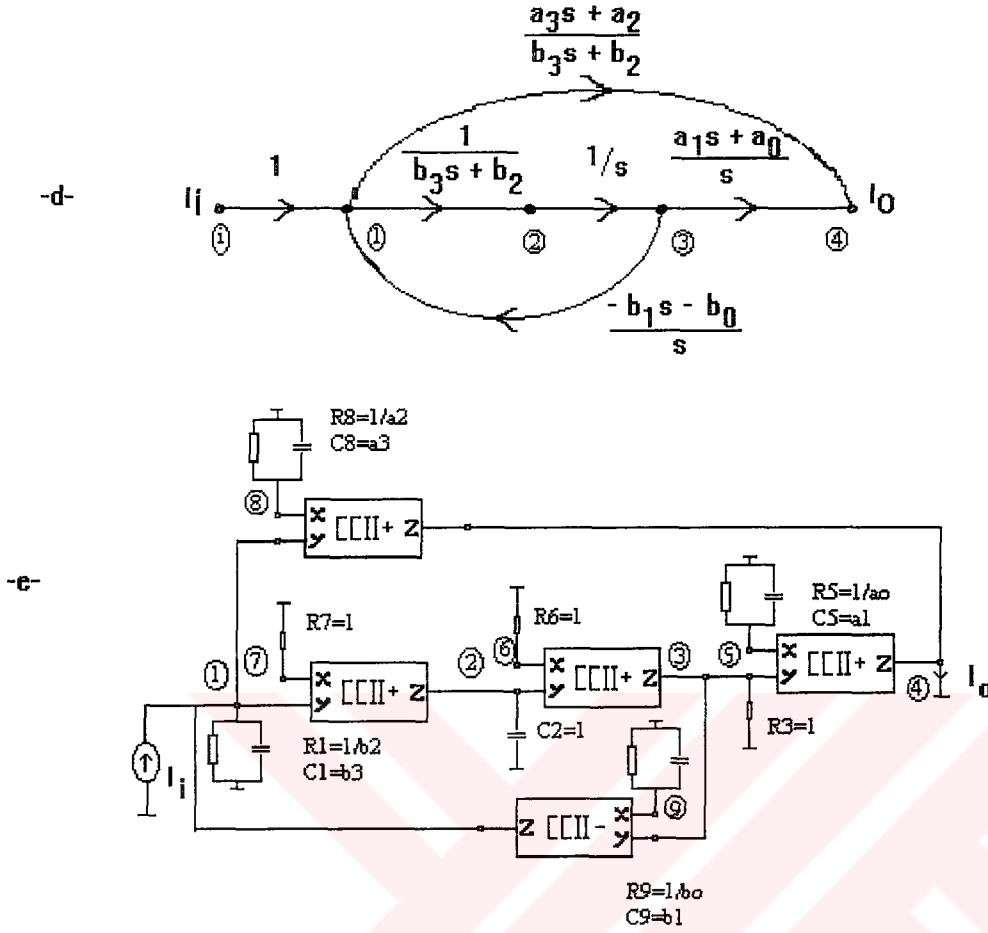
Bir transfer fonksiyonunu gerçekleyen devrede, daha az sayıda elemanla gerçekleştirilmesi için, fonksiyondan devreye geçişte kullanılan İAD'nda, Mason Kazanç formülü sağlanacak şekilde, paralel durumdaki yolların, birbirine eklenmesi gerekir. Artık böylece, Şekil 3.18.e.'de verilen 3D - ATF'nu sağlayan son İAD'ı elde edilmiş olur.

Aslında, Şekil 3.13.d.'de verilen 2D - İAD'nda pratik düzenlemeler yapılarak, aynı sonuca daha kısa yoldan ulaşmakta mümkündür. Şöyleki; İkinci ve üçüncü

düğümün arasına bir düğüm daha ekleyerek, bu düğüme girişten gelen yol kazancını, bir integratör alt devresi ile gerçeklemek ve eklenen bu düğümden alınacak geri besleme yolu kazancını da düşük dereceli payda terimlerine ayırmak gerekir. Böylece, Şekil 3.13.d.'de gözüken tek terimli geri besleme yolu kaldırılabilir. Ayrıca, pay polinomunun da derecesi arttırıldığı için, ileri yol kazançlarında ilk yola en yüksek dereceli iki terim, ikinci ileri yolun sonuna da, düşük dereceli terimler gelecektir. Bu düzenlemeleri yaparken, ikinci ve üçüncü yaklaşımlardan da faydalanılarak, akım dağıtımını yapılan düğümlerde ortak admitans kullanımı sağlanmış ve Şekil 3.18.d.'deki İAD elde edilmiş ve gerçekleştirilmesinde hemen altında yapılmıştır.

Bu diagramın 2D - İAD'ı ile aynı sayıda yola sahip olmasına karşın, son ileri yola ve geribesleme yoluna 2D - İAD'ındaki kullanılmayan türevli terimler eklenmiştir. Demekki, tek dereceli ATF - İAD'ları, geliştirilmesi kolay olan ve gerçekleştirilmede, CCII kullanımını daha elverişli kılan, dolayısıyla çift derecelilere göre tercih edilebilirliği fazla olan, İAD'dır.





Şekil 3.18. : 3D - ATF - İAD ve CCII'lı Gerçeklemesi.

- a- Şekil 3.12. 'den esinlenen İAD'ı,
- b- -a'nın öz çevreleri yok edilmiş İAD'ı,
- c- İkinci ve Üçüncü yaklaşımlarla yeniden düzenlenen İAD'ı,
- d- Dördüncü yaklaşımla elde edilen 3D - ATF 'nunu sağlayan İAD'ı,
- e- Bulunan son İAD'ının CCII'lı gerçekleştirilmesi

Dikkat edilirse, gerçekleştirme de kullanılan pasif eleman değerleri, artık şekil üzerinde gösterilmiştir. Artık, 3D - ATF'nden türetilen filtre devrelerine ait İAD'nı elde etmek için, daha önce verilen benzer yolları izleyebiliriz. Ancak burada, band geçiren ve band söndüren filtreler olamayacaktır. Çünkü, aslında bu filtreler için ATF'nı, yine üçüncü dereceden alçak geçiren ATF'nden S parametresi yerine, filtre türüne göre;

- 1- AG için : s / W_c
- 2- YG için : W_c / s

$$\begin{aligned}
 3- \text{ BG için} & : (s^2 + W_c^2) / B \cdot s & (3.19.) \\
 4- \text{ BS için} & : B \cdot s / (s^2 + W_c^2)
 \end{aligned}$$

parametrelerini koyarak elde etmekteyiz. Dolayısı ile, BG ve BS filtreler altıncı dereceden karşımıza çıkmaktadırlar. Bu tezde ise, böylesi bir benzer durumu, zaten birinci dereceden türetilen, 2D - BG ve BS - ATF'nda gerçekleştirmiş olduk.

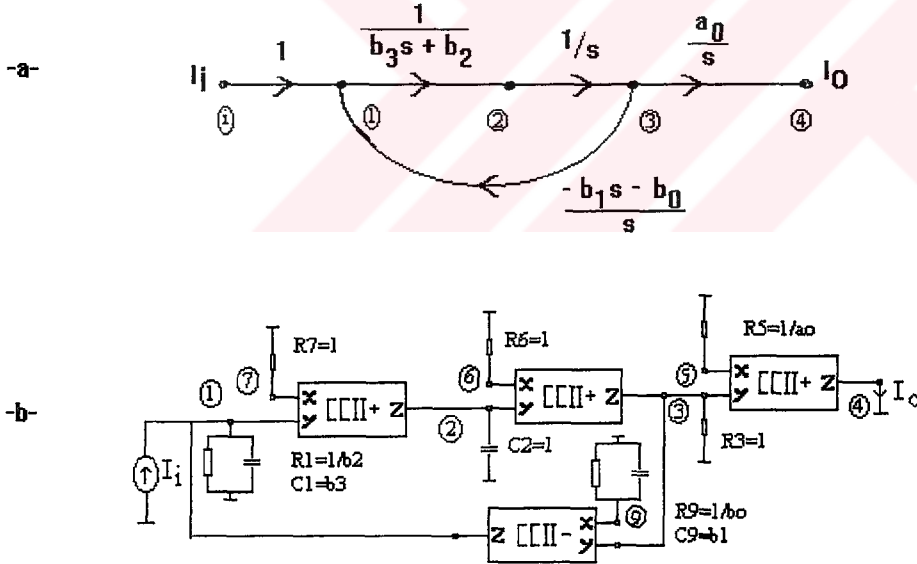
Genelleştirme açısından, bir de 2D - AG - ATF'ndan türettiğimiz, 4D BG ve BS - ATF'nda gerçekleştireceğimizden, burada altıncı dereceye çıkılmayacaktır.

Onun için, (3.20.)'de 3D - AG - ATF'nu verilerek gerçekleştirilmiştir.

$$H_{ag}(s) = \frac{I_o(s)}{I_i(s)} = \frac{a_0}{b_3 s^3 + b_2 s^2 + b_1 s + b_0} \quad (3.20.)$$

Bu transfer fonksiyonundan da görüldüğü gibi, en genel 3D - ATF'nda payda polinomu aynen bırakılıp, pay polinomundan sadece son terim yer alınmıştır.

Öyleyse, Şekil 3.18.d.'deki üçüncü derece İAD'ndan payın yüksek dereceli terimlerini taşıyan, ileri yolun bu diagramdan çıkarılması ile, Şekil 3.19.a.'da gösterilen AG-İAD elde edilebilir ve bu diagramda Şekil 3.19.b.'deki gibi pasif devre elemanlarını transfer fonksiyonundaki katsayılarla eşdeğer kılarak gerçekleştirilebilir.



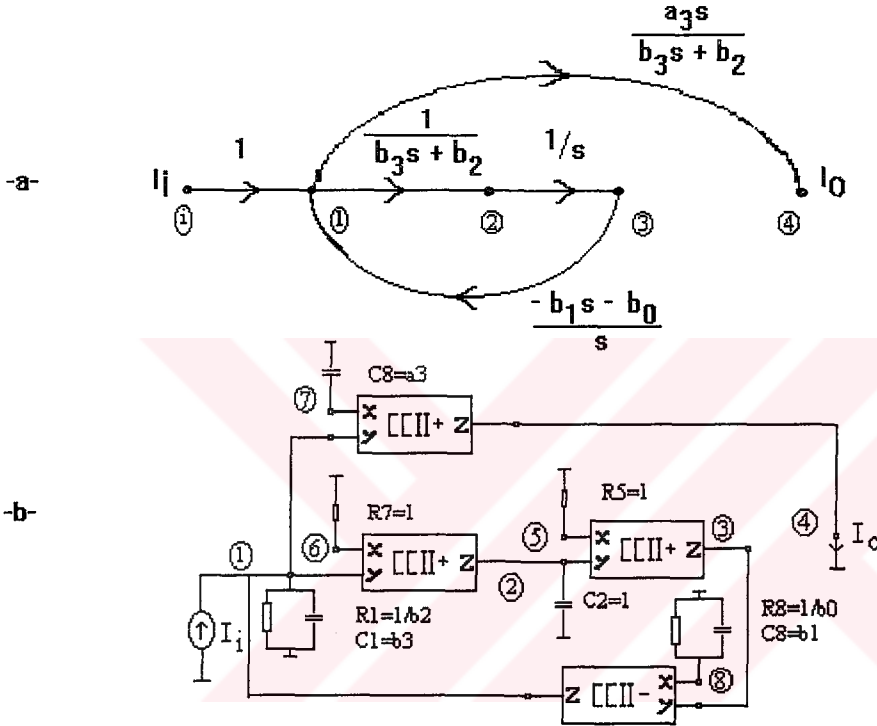
Şekil.3.19. : 3D - AGF - ATF - İAD'ı ve CCII'lı Gerçekleşmesi.

a- 3D - AG - İAD ve b- Devresi

(3.21.)'de yüksek geçiren YG transfer fonksiyonu verilmiştir.

$$H_{yg}(s) = \frac{I_0(s)}{I_1(s)} = \frac{a_3 s^3}{b_3 s^3 + b_2 s^2 + b_1 s + b_0} \quad (3.21.)$$

(3.21.)'daki ikinci derece yüksek geçiren YG-ATF'nu sağlayan İAD'nı, Şekil 3.18.d.'deki İAD'ından yukarıda verilen benzer yol izlenerek, Şekil 3.20.a.'da gösterildiği gibi elde edip, bu diagramı da Şekil 3.20.b.'deki gibi yine, pasif devre elemanlarını transfer fonksiyonundaki katsayılarla eşdeğer kılarak gerçekleyebiliriz.



Şekil 3.20. : 3D - YGF - ATF - İAD'ı ve CCII'lı Gerçeklemesi.
a- 3D - YG - İAD ve b- Devresi

$$H(s) = \frac{I_0(s)}{I_1(s)} = \frac{a_4 s^4 + a_3 s^3 + a_2 s^2 + a_1 s + a_0}{b_4 s^4 + b_3 s^3 + b_2 s^2 + b_1 s + b_0} \quad (3.22.)$$

(3.22.)'deki bağıntı ile verilen, 4D en genel ATF'nu sağlayan İAD'nı bulmak için, yine iki ayrı yol denenmiş ve böylelikle artık, genelleştirme yapmak mümkün hale gelmiştir. Fakat bu genelleştirme çalışması, bölüm 3.3'e bırakılmıştır. Şimdi, son olarak, 4D'den en genel ATF'nu sağlayan İAD'nı bulalım.

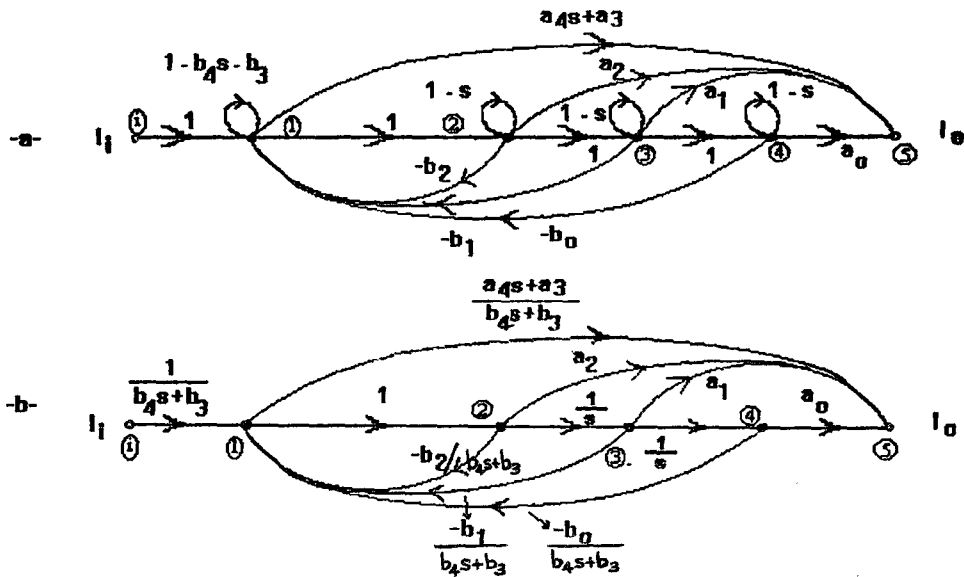
İlk yol izlenirse; Şekil 3.18.'dekilere benzer olarak, Şekil 3.21.a., -b., -c. 'de gösterilen tarzda sadeleştirmelerle sonuca gidilip, Şekil 3.21.d.'deki İAD elde edilebilir.

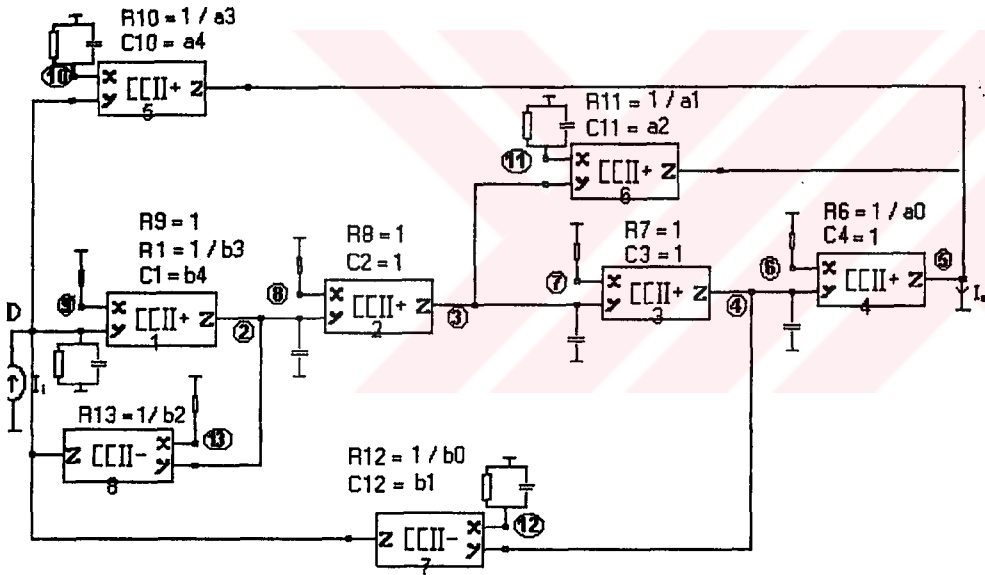
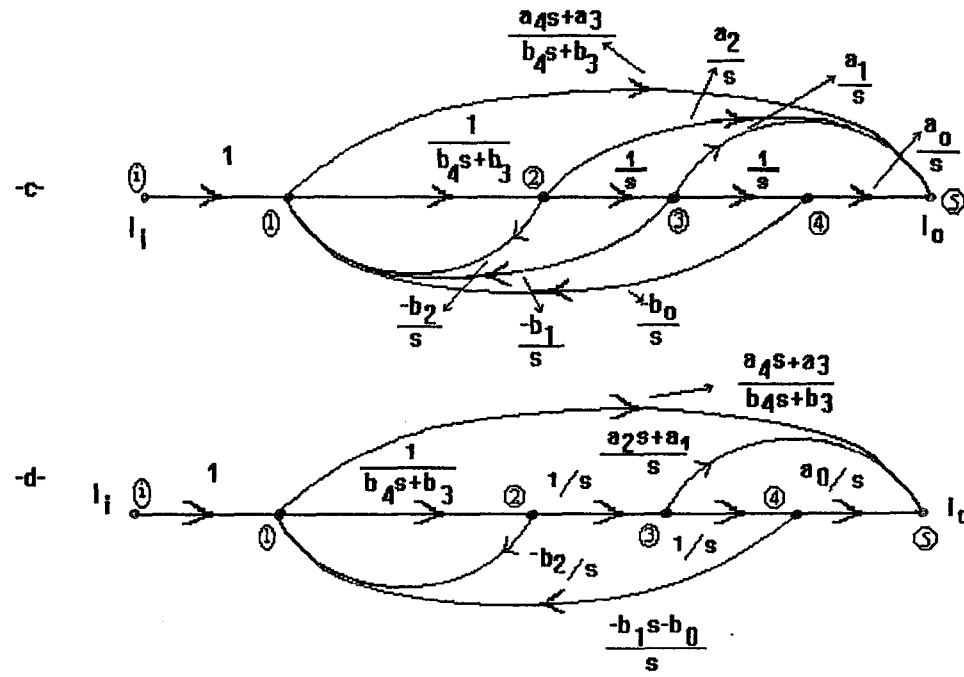
Diğer yol izlenirse; Şekil 3.18.d.'de verilen 3D ATF'nu sağlayan son İAD'nda, yine pratik düzenlemelere gerek vardır. Bunlara aşağıda son kez değinilmiştir, artık daha yüksek dereceli tasarımlarda, bahsedilen yaklaşımları kullanarak gerçeklemeye gitmek mümkündür.

Üçüncü ve dördüncü düğümlerin arasına bir düğüm daha ekleyerek, bu düğüme girişten gelen yol kazancını ikinci bir integratör alt devresi ile gerçeklemek ve eklenen bu düğümden alınacak geri besleme yolu kazancını da paydanın düşük dereceli terimlerine ayırmak gerekir. Fakat, paydanın yüksek dereceli terimlerinin ilk düğümdeki ileri yol üzerinde gerçekleşmesine rağmen, b2 terimi için, ikinci düğümden bir geri beslemeye daha gerek duyulmuştur.

Bu da gösteriyorki, çift dereceli gerçeklemelerde, tek olanlara nazaran paya ve paydaya gelen fazladan bir terim yüzünden, bir ileri, bir de geri yola, dolayısıyla, ek devre elemanlarına gerek vardır.

Bu yüzden, pay polinomunun da derecesi arttırıldığı için, ileri yol kazançlarında ilk yola en yüksek dereceli iki terim, ikinci ileri yolun sonuna da, düşük dereceli olan son terim, üçüncü düğümden alınan diğer bir ileri yola da arada kalan diğer iki terim gelecektir. Bu düzenlemeleri yaparken, ikinci ve üçüncü yaklaşımları da göz önüne alarak, akım dağıtımı yapılan düğümlerde ortak admitans kullanımı sağlanmış ve Şekil 3.21.d.'deki İAD elde edilmiş ve gerçeklemesinde hemen altında yapılmıştır.





ekil 3.21. : 4D - ATF'nun İAD'ları ve CCII'lı Gerçeklemesi.

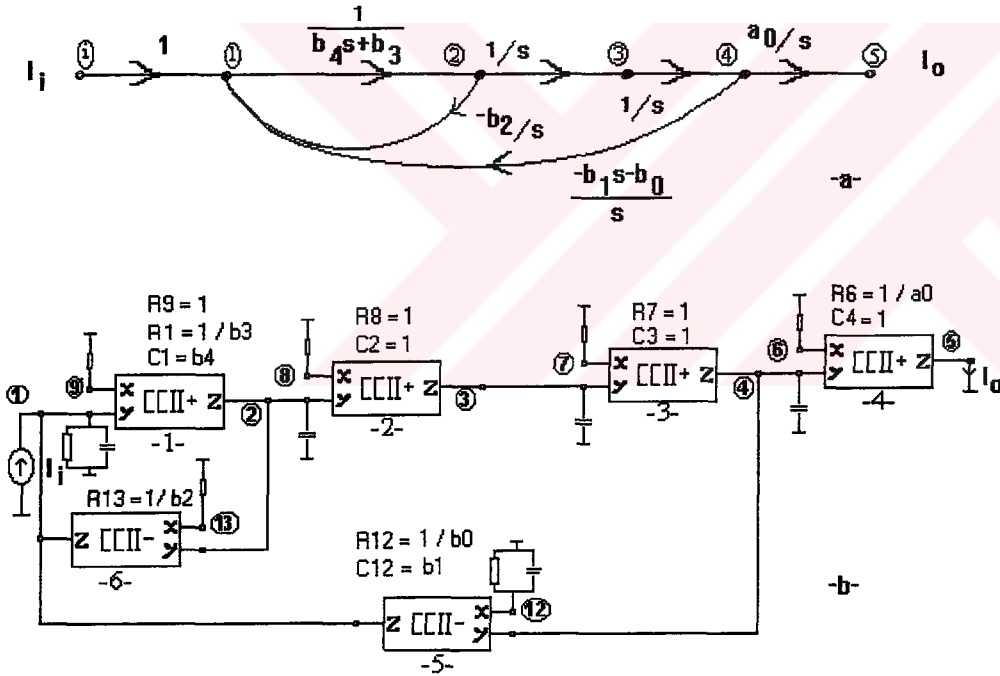
- a- Şekil 3.13. 'den esinlenen İAD'ı,
- b- $-a$ 'nın öz çevreleri yok edilmiş İAD'ı,
- c- İkinci ve Üçüncü yaklaşımlarla yeniden düzenlenen İAD'ı,
- d- Dördüncü yaklaşımla elde edilen 4D'den en genel ATF'nunu sağlayan son İAD'ı,
- e- Bulunan son İAD'ının, CCII 'lı gerçeklemesi.

Dikkat edilirse, gerçekleştirme de kullanılan pasif eleman değerleri, artık şekil üzerinde gösterilmiştir. Artık, dördüncü dereceden AG-ATF'ndan türetilen AG-ATF'na ve YG-ATF'na ait İAD'larına ve bunları gerçekleyen devrelere, geçebiliriz.

Bunun için, (3.23.)'de alçak geçiren (AG) transfer fonksiyonu verilmiştir.

$$H_{ag}(s) = \frac{I_0(s)}{I_1(s)} = \frac{a_0}{b_4 s^4 + b_3 s^3 + b_2 s^2 + b_1 s + b_0} \quad (3.23.)$$

Bu transfer fonksiyonundan da görüldüğü gibi, en genel 3D - ATF'nda payda polinomu aynen bırakılıp, pay polinomundan sadece son terim yer alınmıştır. Öyleyse, Şekil 3.21.d.'deki 4D - İAD'ndan payın en düşük terimini taşıyan ileri yol dışındaki yollar, bu diagramdan çıkarılarak, Şekil 3.22.a.'da gösterilen AG-İAD elde edilebilir ve bu diagramda Şekil 3.22.b.'deki gibi pasif devre elemanlarını transfer fonksiyonundaki katsayılara eşdeğer kılarak gerçekleştirilebilir.



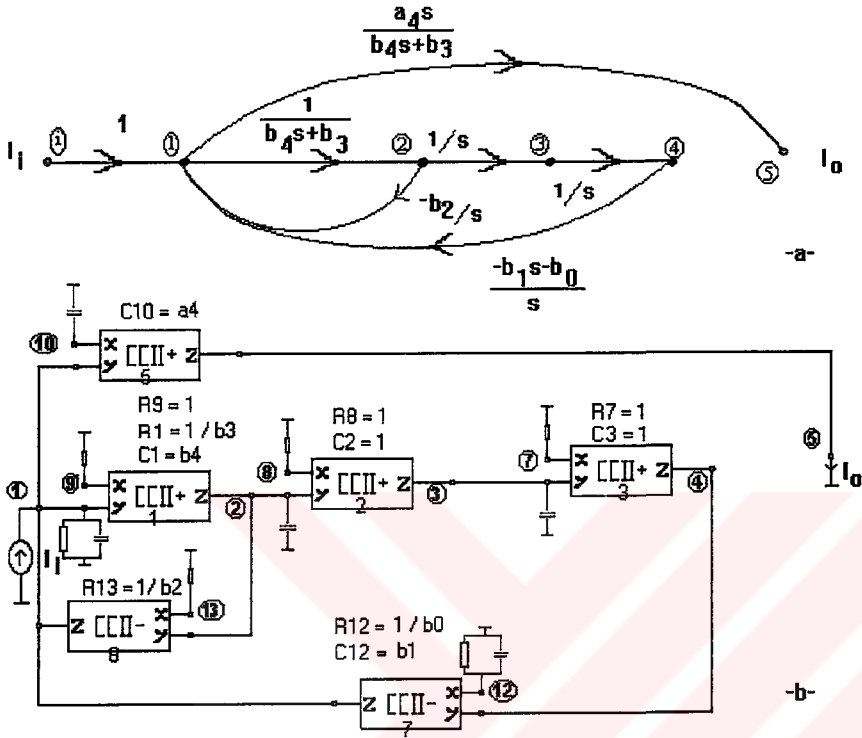
Şekil 3.22. : 4D - AGF - ATF - İAD ve CCII'lı Gerçeklemesi.

a- 4D- AG - İAD ve b- Devresi

(3.24.)'de yüksek geçiren YG transfer fonksiyonu verilmiştir.

$$H_{yg}(s) = \frac{I_0(s)}{I_1(s)} = \frac{a_4 s^4}{b_4 s^4 + b_3 s^3 + b_2 s^2 + b_1 s + b_0} \quad (3.24.)$$

(3.24.)'deki dördüncü derece yüksek geçiren YG-ATF'nu sağlayan İAD'nı, Şekil 3.18.d.'deki İAD'ından yukarıda verilen benzer yol izlenerek, Şekil 3.23.a.'da gösterildiği gibi elde edip, bu diagramı da Şekil 3.23.b.'deki gibi yine, pasif devre elemanlarını ATF'ndaki katsayılarla eşdeğer kılarak gerçekleyebiliriz.

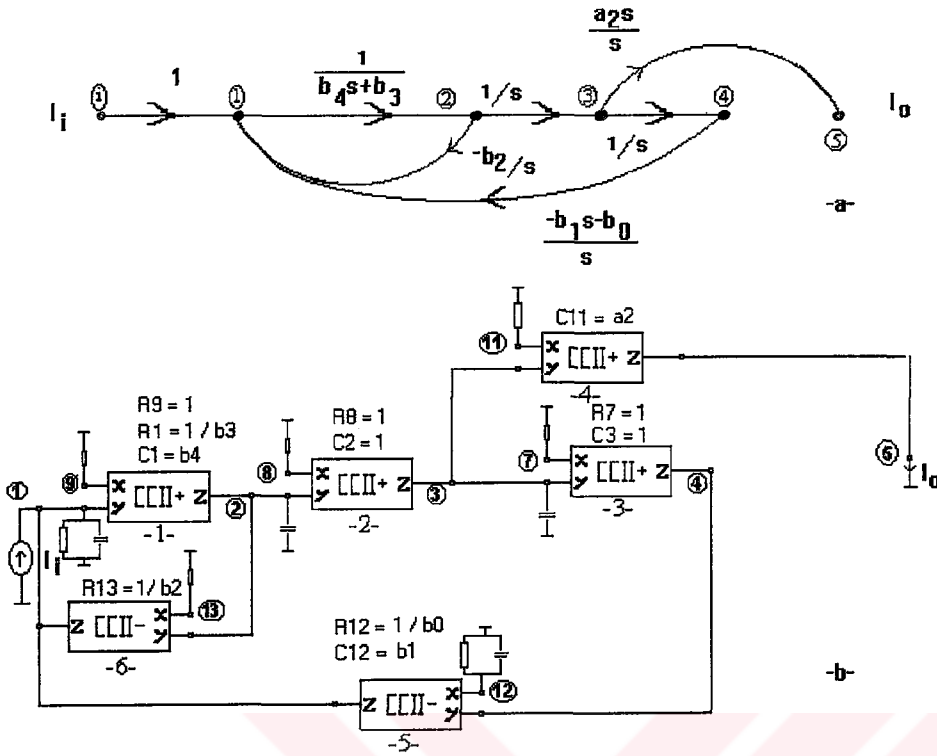


Şekil 3.23. : a- 4D - YGF - ATF - İAD ve b- CCII'lı Gerçeklemesi.

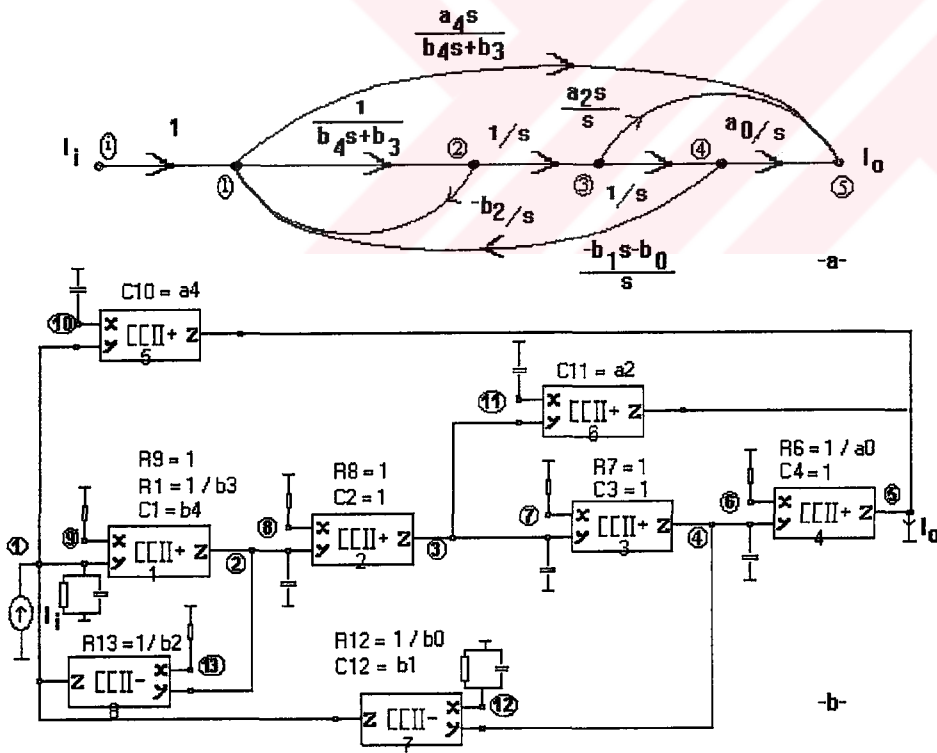
Aşağıda, 2D - AG - ATF'ndan türetilen, BG ve BS filtrelerin de, ATF ile birlikte İAD ve gerçeklemeleri yapılarak, bu bölümün sonuna gelinmiştir.

$$H_{bg}(s) = \frac{I_0(s)}{I_1(s)} = \frac{a_2 s^2}{b_4 s^4 + b_3 s^3 + b_2 s^2 + b_1 s + b_0} \quad (3.25.)$$

$$H_{bs}(s) = \frac{I_0(s)}{I_1(s)} = \frac{a_4 s^4 + a_2 s^2 + a_0}{b_4 s^4 + b_3 s^3 + b_2 s^2 + b_1 s + b_0} \quad (3.26.)$$



Şekil 3.24. : a- 4D - BGF - ATF - İAD ve b- CCII'lı Gerçeklemesi.



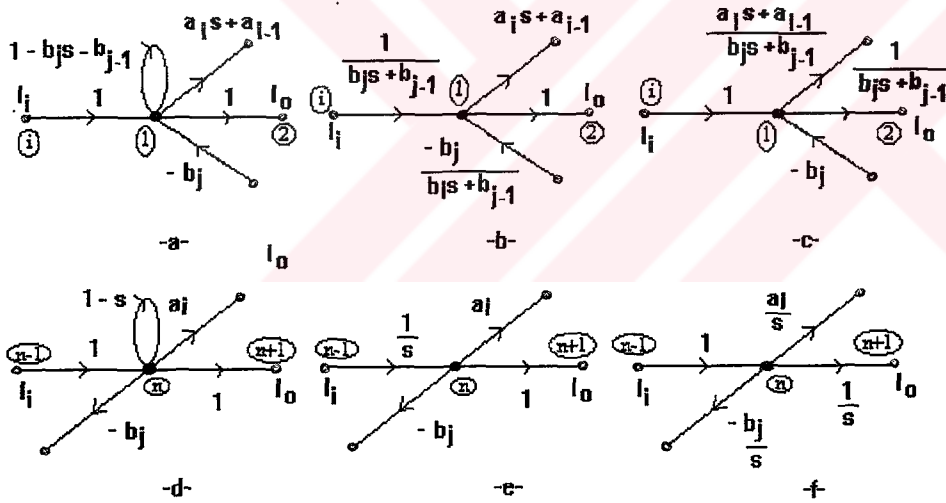
Şekil 3.25. : a- 4D - BSF - ATF - İAD ve b- CCII'lı Gerçeklemesi.

3.3. Yüksek (n.) Dereceden ATF'lerinin Sentezi

Bu bölümde, daha önce yapılan çalışmaların genelleştirmesine yer verilmiştir. İAD yöntemi sayesinde, CCII elemanının ATF sentezindeki uygulama alanının, böylece daha da pekiştirildiği düşünülmektedir.

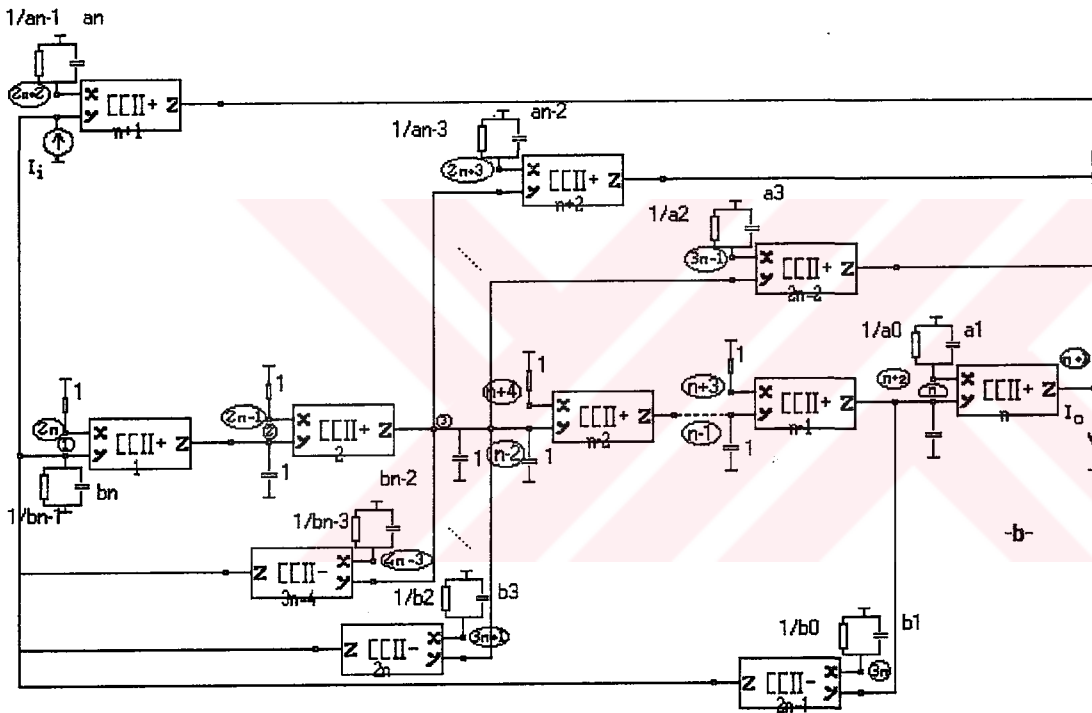
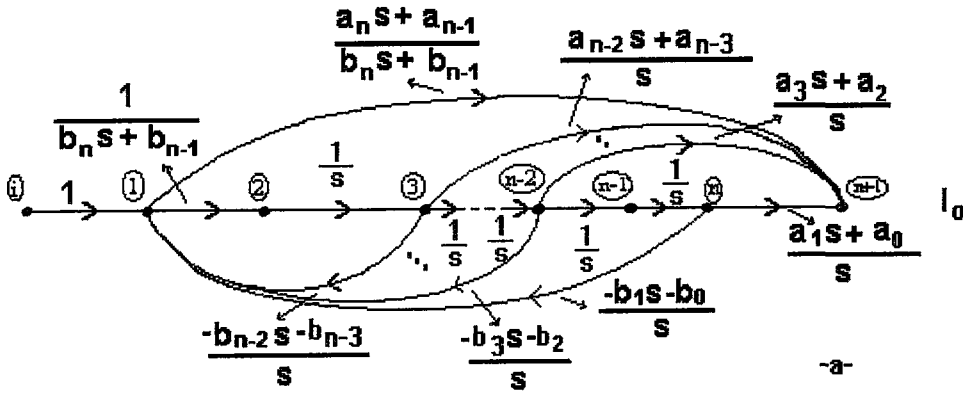
Bölüm 3.2.'de 3D ve 4D'den ATF gerçeklemeleri için, önerilen İAD'ları vasıtası ile, artık n. dereceden en genel ATF'lerini vermek kolaylaşmıştır. Sadece, fonksiyon derecesinin, tek veya çift olması durumları dikkate alınarak, Şekil 3.26.a. (tek) ve Şekil 3.27.a'daki (çift) gibi, iki ayrı İAD kullanılabilir. Bu diagramlar sadeleştirilmiş ve son halleri ile gerçeklemeleri aşağıda birlikte verilmiştir. Sadeleştirme yaklaşımlarından dördüncüsüne ait graflar ise, önceden Şekil 3.26.'da verilmiştir.

$$H(s) = \frac{I_o(s)}{I_i(s)} = \frac{a_n s^n + a_{n-1} s^{n-1} + \dots + a_1 s + a_0}{b_n s^n + b_{n-1} s^{n-1} + \dots + b_1 s + b_0} \quad (3.27.)$$

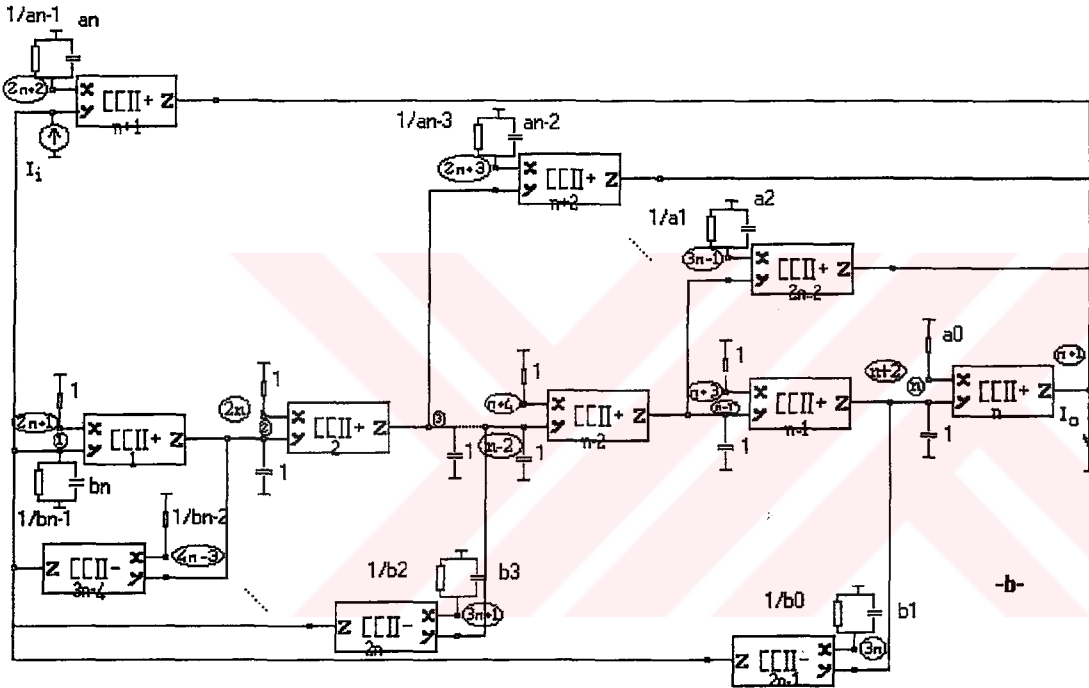
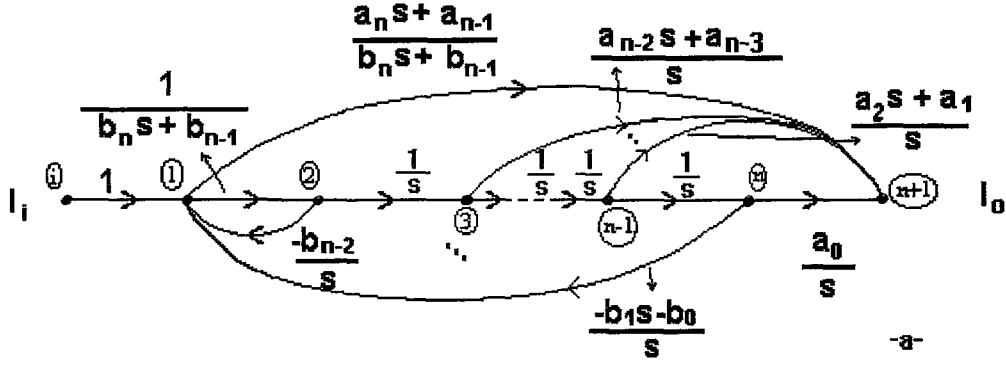


Şekil 3.26. : Dördüncü yaklaşımın genelleştirilmiş hali.

- a.-b.-c. Giriş Düzümüne bağlı yollara uygulanan sadeleştirmeler.
 d.-e.-f. Ara Düzümlere bağlı yollara uygulanan sadeleştirmeler.

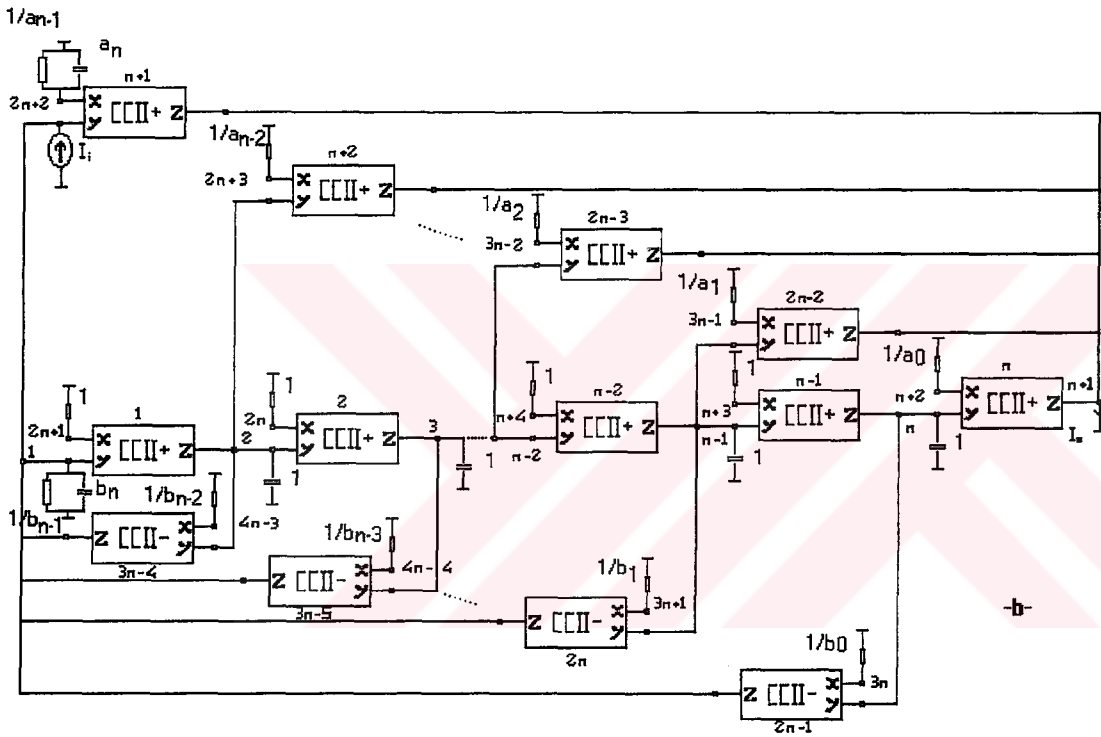
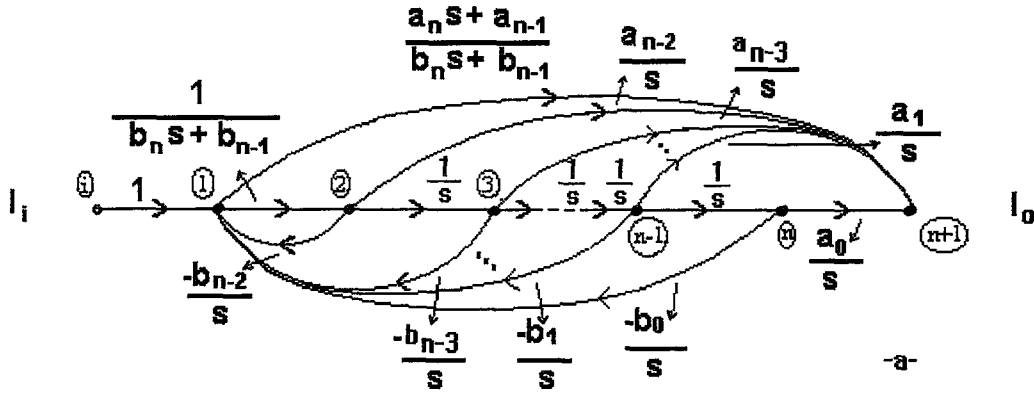


Şekil 3.27. : n. (tek) Dereceden en genel terimli ATF'nun İAD'ı ve CCII'lı Gerçeklemesi.



Şekil 3.27. : n. (çift) Dereceden en genel terimli ATF'nun İAD'ı ve CCII'lı Gerçeklemesi.

Bunun yanı sıra, bu özel durumlarında, istenirse, genelleştirilebilmesi mümkündür ve bu genelleştirmede yapıлып, Şekil 3.28.a'daki gibi bir İAD ile verilmiştir. Fakat, bu kez eleman kullanımı artmıştır. Çünkü, diagramdaki her düğümden ileri ve geri yollar çıkarılmak zorunda kalınmıştır.



Şekil 3.28. : n. (genel) Dereceden en genel terimli ATF'nun İAD'ı ve CCII'lı Gerçeklemesi.

4.0. ÖRNEKLER

Tasarlanan devrelerden bazılarının simülasyon sonuçlarını almak için, iki ayrı program yazılmıştır. Bunlardan birincisi; S - domeninde LAPLACE dönüşüm fonksiyonlarını kullanarak, teorik bode diagramlarının çizilmesini sağlayan bir programdır. (Bu tür programların isimlerinin sonuna getirilen ek : - TR. FNK.) Bunun sayesinde, gerçekleşmesini beklediğimiz ATF'nun teorik karakteristiklerinin nasıl çıktığı gözlenmekte ve yazılan ikinci program ile, karşılaştırma olanağı vermektedir. İkinci program da ; Önerilen İAD'ları vasıtasıyla, elde edilen ve içersinde ideal CCII elemanları olan, Aktif - RC devresinin Bode diagramlarını vermektedir. (Bu tür programların isimlerinin sonuna getirilen ek : - DEVR.)

Böylece, teorik eğrilerle, simülasyon sonucu elde edilen eğrilerin birbirlerinin üstünde olup olmadığı anlaşılmaktadır. Bu da, tasarımın teorik sonuçlarının doğruluğunu görmek için, yeterlidir.

4.1. 2D - BGF'nin PSPICE Analizi

Şekil 3.16.d'de verilen 2D - BG - ATF - İAD'ına ait gerçekleştirilmedeki devre elemanlarının değerleri, (4.1.a.)'da verilen örnek ATF'na göre düzenlenirse, (4.1.b.)'deki gibi olur.

$$H_{bg}(s) = \frac{\frac{w_p}{Q_p} \cdot s}{s^2 + \frac{w_p}{Q_p} \cdot s + w_p^2} = \frac{6,28 \cdot 10^3 \cdot s}{s^2 + 6,28 \cdot 10^3 \cdot s + 39,47 \cdot 10^8} \quad (4.1.a.)$$

$$\begin{aligned} f_p &= 10 \text{ kHz.} & R_1=R_6 &= 10\text{K.} \\ B &= 1 \text{ KHz.} & R_5=R_7 &= 1\text{K.} \\ Q_p &= 10 & C_1=C_2 &= 15,9 \text{ nF.} \\ A &= 1\text{K.} \end{aligned} \quad (4.1.b.)$$

Bu eleman değerlerini kullanan devre, PSPICE'a BP22.CIR isimli dosya ile tanıtılmıştır. Alt programların isimleri ise;
1- BP22 - DE - N.TR.FNK. , 2- BP22 - DE - N.DEVR şeklinde geçmektedir. Devrenin simülasyonu sonucunun da, elde edilen Bode diagramaları ise, EK.1.B.'de verilmiştir.

4.2. 3D - AGF'nin PSPICE Analizi

Bu bölümde üstteki bölümden farklı olarak, 3D - normalize Butterworth AG - TF'nu (4.2.a.) baz alınmıştır. Şekil 3.19.d.'de verilen 3D - AG - ATF - İAD'ına ait gerçeklemenin, öncelikle normalize devre eleman değerleri (4.2.b.) 'deki gibi bulunmuş, ardından; bunlara frekans ve genlik normalizasyonu uygulanarak, (4.2.c.) 'deki eleman değerleri elde edilmiştir. (4.2.d.) 'de verilen de-normalize ATF'nu ise, (4.2.a.)'dan türetilmiştir.

Böylece, elde edilen yeni değerlerle, Şekil 3.19.d.'deki devre tekrar simüle edilerek, frekans karakteristiğinin, istenilen çalışma bölgesine ötelenmesi sağlanmıştır. Buna göre, çizdirilen simülasyon eğrilerinin EK.2.B'de gösterildiği gibi teorik eğrilerle üst üste çıktığı gözlenmiştir. Ayrıca normalize devrenin de, teorik bode diagramları ve devresi, aynı şekilde birbirlerini tutan karakteristikler vermiştir. EK.2B.

$$H_{ag}(s) = \frac{1}{s^3 + 2s^2 + 2s + 1} \quad (4.2.a.)$$

$$\begin{aligned} C_1 = C_2 = C_3 &= 1 \text{ F.} & f_p &= 10 \text{ kHz.} \\ C_g &= 2 \text{ F.} & R_1 &= .5 \text{ ohm.} \end{aligned} \quad (4.2.b.)$$

$$A = 1 \quad R_7 = R_6 = R_9 = 1 \text{ ohm.}$$

$$\begin{aligned} C_1 = C_2 = C_3 &= 159 \text{ pF.} & f_p &= 1 \text{ MHz.} \\ C_g &= 318.47 \text{ pF.} & R_1 &= 500 \text{ ohm.} \end{aligned} \quad (4.2.c.)$$

$$A = 1 \text{ K.} \quad R_7 = R_6 = R_9 = 1 \text{ K.}$$

$$H_{ag}(s) = \frac{2.48 \cdot 10^{20}}{s^3 + 1.25 \cdot 10^7 s^2 + 7.895 \cdot 10^{13} s + 2.48 \cdot 10^{20}} \quad (4.2.d.)$$

5.0. SONUÇLAR

Bu çalışmada, CCII içeren devre sentezi uygulamalarında, İAD yöntemi kullanılarak, ATF sentezi için, yeni bir metodun geliştirilmesi sağlanmıştır. Öyleki, bu metod sayesinde, en az elemanla gerçekleştirme yapmak mümkün hale gelmiştir.

Ayrıca, CCII ile sentez yapılması nedeniyle, gerçekleştirilen devreler diğer aktif elemanlara göre, daha geniş bir frekans bandında, daha büyük lineerliğe ve daha geniş dinamiklik özelliklerine sahip olarak çalışabilmektedir.

CCII'lar dışında, tamamen bir ucu topraklı R ve C elemanlarıyla gerçekleştirilen devrelerin, tümleştirmeye uygun oldukları bilinmektedir. Pasif devre elemanlarının değerleri eşit veya birbirlerine çok yakın seçilebilmektedir. Bu yüzden, tümdevre teknolojisinde, kapladıkları yüzey açısından kullanışlıdırlar.

Aynı zamanda, bir ucu topraklı pasif elemanları olan devrelerin, parazitik kapasitelerinin etkiside azaltılabilmektedir.

ATF katsayıları, yapılan sentez neticesinde, eleman değerlerini belirlemektedir. Çünkü, her bir katsayı, devrede bir pasif elemana karşılık düşmektedir. Bu da, elemanların birbirlerine göre duyarlılıklarının az olduğunu gösterir.

Geliştirilen devreler, akım modlu filtre uygulamalarında, rahatlıkla kullanılabilir. Gerilim modlu çalışmalara nazaran, özellikle CCII elemanının kullanılması nedeniyle, daha elverişli neticeler almak mümkündür.

Devre veya devre modelinin önceden belirlendiği, ayrıştırma veya katsayıları eşleştirme yönteminde, uygun bir topolojinin seçilmesi zorunluluğu göze alındığı takdirde, İAD yöntemine nazaran daha az eleman kullanımı söz konusu olacaktır. Bu yöntemlerle ilgili incelemelerinde, başka bir teze, konu olması mümkündür.

Önerilen metodun uygulaması, ideal CCII elemanları ile PC türü bir bilgisayar ortamında, PSPICE programı kullanılarak yapılmış ve tasarlanan yapıların verilen transfer fonksiyonlarını sağladığı gösterilmiştir. Bu devre analizi testlerinin pratikte, CCII elemanlarının yerine, önerilen CMOS'lu eşdeğerleri konularak yapılması durumunda, karşılaşılabilecek güçlüklerden, getirilen çözümlerden ve CCII elemanı kullanmanın diğer avantajlı yönlerinden, ayrıca bahsedilmiştir.

Sonuç olarak, bu tezde sunulan metodun doğruluğu teorik olarak kanıtlanmış ve bugüne kadar diğer aktif elemanlarla veya CCII kullanılarak yapılan gerilim modlu çalışmalardaki gerçeklemlere nazaran, bu elemanın özelliklerinin diğer aktif elemanlara göre tercih edilebilir olmasından ve bu özelliklerin tam kullanılması açısından, akım modunda CCII ile yapılan gerçeklemlerin, daha elverişli sonuçlar doğuracağı anlaşılmıştır. Üstelik, bu modda yapılan gerçeklemlerden gerilim moduna geçişinde, son derece kolay olduğu gösterilmiştir.

6.0. KAYNAKLAR

- [1] :SMITH K.C. and SEDRA A., "The Current Conveyor- A New Circuit Building Block" , Proc. IEEE (Letters),Vol.56 pp. 1368-1369,August 1968
- [2] :SEDRA A. , SMITH K.C., "A Second Generation Current Conveyor And Its Applications " , IEEE Transactions on Circuits Theory " , Vol ct-17, pp. 132-134, February 1970
- [3] :SMITH K.C. , SEDRA A., "Realization of the Chua Family Of New Nonlinear Network Elements Using The Current Conveyor. " IEEE Tran. On Circuit Theory", Vol ct-17, pp. 132-134,1970
- [4] :TEK H. , ANDAY F., "Voltage Transfer Function Synthesis Using Current Conveyors" , Electronics Letters, Vol.25, No:23, November 1989
- [5] :ROBERTS W. , SEDRA A. S., "All Current Mode Frequency Selective Circuits" ' Electronics Letters, Vol.25, No.12, pp. 759-761, June 1989
- [6] :CHANG C. H. , CHEN P. -C. , "Universal Active Current Filter With Three Inputs and One Output Using Current Conveyors" , Int. J. Electronics, Vol.71, No.5, pp.817-819, 1991
- [7] :CHANG C., "Universal Active Current Filters Using Single 2nd-Generation Current Conveyor
- [8] :ORCHARD H.J., "Inductorless Filters",Electronics Letters, Vol. 2., pp.224-225, September-66
- [9] :GNE E. "Akım Taşıyıcılı Devrelerin Analizi ve Sentezi" Yüksek Lisans Tezi, Haziran,1991
- [10] :SEDEF H. , "Akım Taşıyıcı Kullanarak Aktif Devre Sentezinde Yeni Olanaklar" Doktora Tezi, YTÜ, Ocak, 1994
- [11] :ACAR C. , "Duyarlılık ve Tolerans Analizi" 1979, İTÜ Yayını

- [12] :WILSON, B. , Recent Developments in Current Conveyors and Current-Mode Circuits, IEE Proc. G., 13 , pp. 63-67 , (1990)
- [13] :SURAKAMPONTORN W., RIEWRUJA V., CHEEVASUVIT F., "Integrable CMOS-Base Realization of Currnet Conveyors" , Int. j. Electronics, Vol.71 , No. 5 , pp. 793-798 , 1991
- [14] :SEDRA A., ROBERTS G.W., GOHH F. , "The Current Conveyor : History, Progress and New Results" , IEE Proceedings, Vol.137, Pt.G, No.2,pp.78-87, April 1990
- [15] :SHARIF - BAKHTIAR M. , ARONHIME P. , "A Current Conveyor Realization Using Operational Amplifiers" , Int. J. Electronics, Vol.45, pp. 283-288, 1978
- [16] :HUERTAS J.L., "Circuit Implementation Of Current Conveyor" , Electronics Letters, Vol.16, pp .225-226, 1980
- [17] :SENANI R. , "Novel Circuit Implementation Of Current Conveyors Using An OA and OTA " , Electronics Letters , Vol.166, pp. 2-3, 1980
- [18] :BLACK G., FRIEDMANN R., SEDRA A., "Gyrator Implementation With Integrable Current Conveyors" , IEEE Journal Of Solid-State Circuits" , Vol.sc-6, No.6 ,Dec.1971
- [19] :WILSON B., "High Performance Current Conveyor Implementation" , Electronics Letters, Vol.20, No.24, pp.990-991, Movenber 1984
- [20] :WILSON B., "Floating FDNR Employing New CCII- Conveyor Implementation.," , Electronics Letters, Vol.21, No.21, pp.996-997, Oct. 1985
- [21] :WILSON B., "Using Current Conveyors " , Electronics And Wireless World, pp.28-32, April 86
- [22] :CHANG C. M. , "Current Mode Allpass/Notch and Bandpass Filter Using Single CCII", Electronics Letters, Vol.27, No.20, pp. 1812-1213, Sept.1991

- [23] :WADSWORTH D.C. "Accurate Current Conveyor Topology and Monolithic Implementation ",IEE Proceedings, Vol. 137, Pt.G, No.2,pp.88-94, April 1990
- [25] :ANDAY F., "Aktif Filtre Sentezi " , Tübitak Mühendslik Araştırma Grubu, 1980
- [26] :ANDAY F., "Devre Sentezine Giriş ", İTÜ Yayınları, 1983
- [27] :ACAR C.,ÖZKER T., "Active-R-Network Realization For nth-Order Voltage Transfer Functions" A Signal-Flow Graph Approach. , ATÜ, Archiv Tür Electronik und Übertragungstechnik, pp. 463-464, Electronics and Communication
- [28] : "Universal Active Current Filters Using Single Second - Generation Current Conveyor" Electronics Letters, Vol.27, No.18, pp.1614-1617, 29th August 1991
- [29] : Abuelma'atı M. T., "New Current-Mode-Active Filters Employing Current Conveyors" , International Journal of Circuit Theory and Applications, Vol.21, 93-99 , 1993
- [30] : C.-M. Chang, "Current-Mode lowpass, bandpass and highpass biquads using two CCIIs ", Electronics Letters, Vol.29, No.23, pp.2020-2021, 11th November 1993

6.0. EKLER

Bu bölümde, yazılan simülasyon programlarına ve PSPICE ortamında denediklerinde, alınan neticelere yer verilmiştir. CCII elemanları için, kullanılan ideal devre modellerine ait alt programlar aşağıda verilmiş, daha sonra iki ayrı filtrenin incelemesi ile ilgili dökümlere geçilmiştir.

```
*****
* CCII+ TİPİ İDEAL AKIM TAŞIYICI ALT-PROGRAMI
*****
.SUBCKT CC2P 1 2 3
*.....Y X Z
VK 2 4 0V
RI 1 0 1E12
E1 4 0 1 0 1
F1 3 0 VK 1
RO 3 0 1E12
.ENDS CC2P
*****
* CCII- TİPİ İDEAL AKIM TAŞIYICI ALT-PROGRAMI
*****
.SUBCKT CC2N 1 2 3
*..... Y X Z
VK 2 4 0V
RI 1 0 1E12
E1 4 0 1 0 1
F1 0 3 VK 1
RO 3 0 1E12
.ENDS CC2N
EK.1.
```

A) 2D - BG - ATF'nun, İdeal CCII modelleri ile yapılan PSPICE Analizi için, yazılan programlar : (BG 22 - N.TR.FNK., BG 22 - N.DEVR.)

B-) Transfer Fonksiyonu ile Simüle Devrenin Karakteristikleri

EK.2.

A-) 3D - AG - Normalize Butterworth ATF'nun, İdeal CCII modelleri ile yapılan PSPICE Analizi için, yazılan programlar: (AG 31 , AG 31)

3D - AG - DeNormalize Butterworth ATF'nun, İdeal CCII modelleri ile yapılan PSPICE Analizi için, yazılan programlar: (AG 32 , AG 32)

B-) Normalize Transfer Fonksiyonu ile Simüle Devrenin Karakteristikleri
DeNormalizeTransfer Fonksiyonu ile SimüleDevre Karakteristikleri

EK.1-A) : PROGRAM - BG22.CİR
-1- BG2Q10 - DE-N.TR.FNK.

* Wp = 62.8 Krad/ Sn. B = 6.28 KRad/Sn.

* Fp = 10 K HZ , A = 1K , B = 1 KHZ

* Io a1*s

* ---- = -----

* Ii b2*s2 + b1*s + b0

* 2. DERECEDEDEN EN GENEL TERİMLİ BAND GEÇİREN

* GERİLİM TRANSFER FONKSİYONUNUN PAY VE PAYDA

* POLİNOMLARININ KATSAYILARININ TANIMLANMASI

.PARAM a2=0

.PARAM a1=6.28E3

.PARAM a0=0

.PARAM b2=1

.PARAM b1=6.28E3

.PARAM b0=39.478E8

VIN 1 0 AC 1

R0 1 0 1T

R1 3 0 1T

E1 3 0 LAPLACE {V(1)} {(a2*pwr(s,2)+a1*s+a0)/(b2*pwr(s,2)+b1*s+b0)}

.AC DEC 100 10 1GHZ

.PROBE V(3)

.END

-2- BG2Q10 - DE-N.DEVRE.

* Wp = 62.8 KRad/Sn. B = 6.28 KRad/Sn.

* Fp = 10 K HZ , A = 1K , B = 1 KHZ

* SERİ PROGRAMLAMA YÖNTEMİ İLE 2.DERECEDEDEN

* BAND GEÇİREN NORMALİZE AKIM TRANSFER

* FONKSİYONUNU GERÇEKLEYEN İDEAL CCII'Lİ

* DEVRENİN TANIMLANMASI

IK 0 1 AC 1

R1 0 1 1E4

C1 0 1 15.9E-9

R5 0 5 1E3

R6 0 6 1E4

R7 0 7 1E3

C2 0 2 15.9E-9

X1P 1 5 2 CC2P

X3P 1 6 3 CC2P

X4N 2 7 1 CC2N

VKD 3 0 0

.AC DEC 100 10 1GHZ

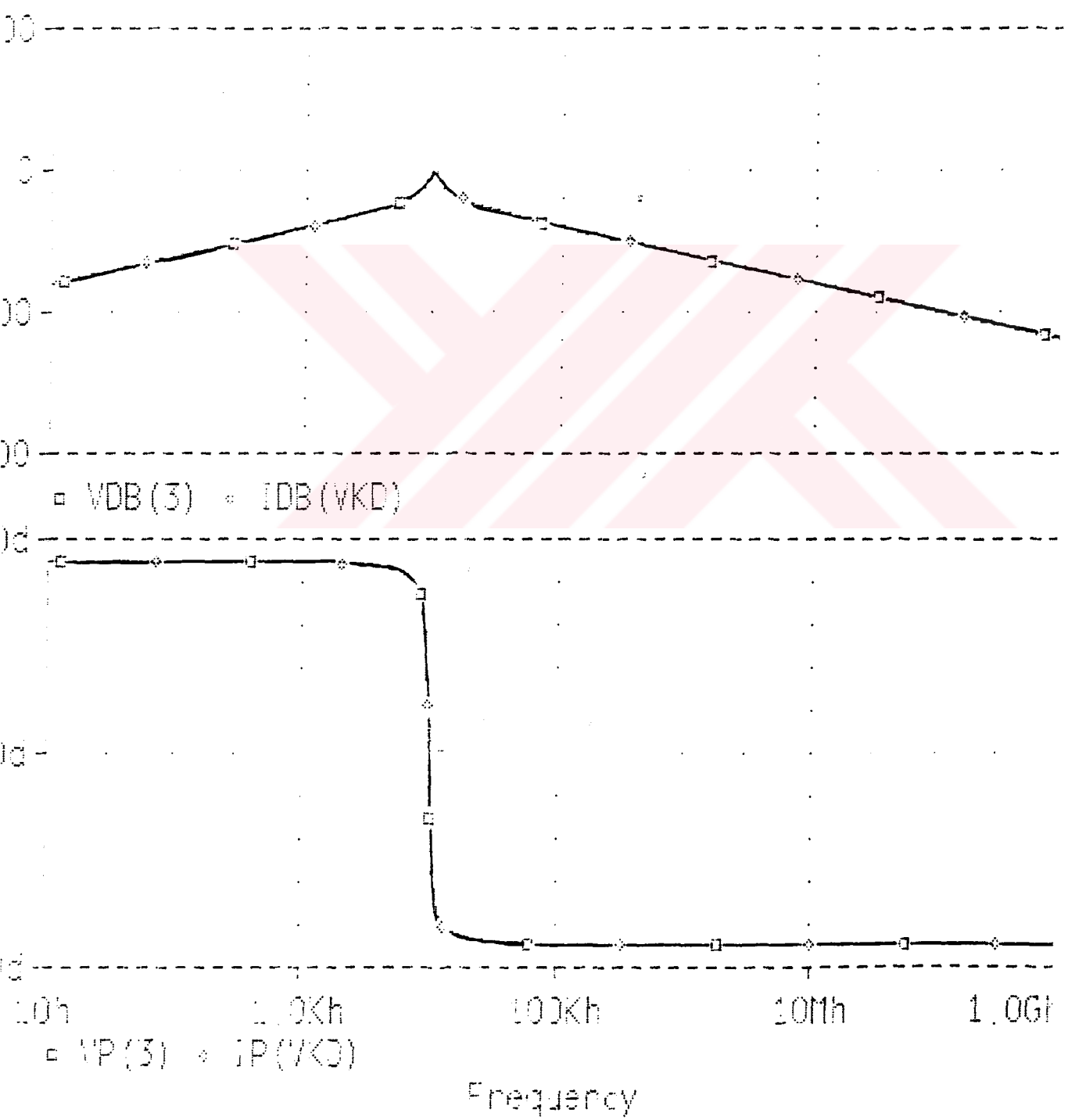
.PROBE I(VKD)

.END

EK.1.B)

2020 - DE-N TP ENK , 302010 - DE-N DEWPE

Date/Time run 07/24/94 12:40:5



EK..2-A) : PROGRAM - AG31.CİR

-1- AG31 - N.TR.FNK.

* $W_p = 1$ rad/sn , $A = 1$, $F_p = 159$ mHz

* $I_o = \frac{a_0}{b_3*s^3 + b_2*s^2 + b_1*s + b_0}$

* $I_i = \frac{b_3*s^3 + b_2*s^2 + b_1*s + b_0}{b_3*s^3 + b_2*s^2 + b_1*s + b_0}$

* 3. DERECEDEDEN EN GENEL TERİMLİ ALÇAK GEÇİREN

* GERİLİM TRANSFER FONKSİYONUNUN PAY VE PAYDA

* POLİNOMLARININ KATSAYILARININ TANIMLANMASI

.PARAM a3=0

.PARAM a2=0

.PARAM a1=0

.PARAM a0=1

.PARAM b3=1

.PARAM b2=2

.PARAM b1=2

.PARAM b0=1

VIN 1 0 AC 1

R0 1 0 1T

R1 4 0 1T

E1 4 0 LAPLACE {V(1)}

{(a3*pwr(s,3)+a2*pwr(s,2)+a1*s+a0)/(b3*pwr(s,3)+b2*pwr(s,2)+b1*s+b0)}

.AC DEC 100 .001 100

.PROBE V(4)

.END

-2- AG31 - N.DEVR.

* $W_p = 1$ rad/sn , $A = 1$, $F_p = 159$ mHz

* SERİ PROGRAMLAMA YÖNTEMİ İLE 3.DERECEDEDEN

* ALÇAK GEÇİREN NORMALİZE AKIM TRANSFER

* FONKSİYONUNU GERÇEKLEYEN İDEAL CCII'Lİ

* DEVRENİN TANIMLANMASI

IK 0 1 AC 1

R1 0 1 0.5

C1 0 1 1

R7 0 7 1

C2 0 2 1

R6 0 6 1

C3 0 3 1

R5 0 5 1

R9 0 9 1

C9 0 9 2

X1P 1 7 2 CC2P

X2P 2 6 3 CC2P

X3P 3 5 4 CC2P

X5N 3 9 1 CC2N

VKD 4 0 0

.AC DEC 100 .001 100

.PROBE I(VKD)

.END

EK.2-A) : PROGRAM - AG32.CIR

-3- AG32 - DE-N.TR.FNK.

* Wp = 6.28 MRad/Sn , A = 1 K , Fp = 1 MHz

* Io a0

* ---- = -----

* Ii b3*s3 + b2*s2 + b1*s + b0

* 3. DERECEDEDEN EN GENEL TERİMLİ ALÇAK GEÇİREN

* GERİLİM TRANSFER FONKSİYONUNUN PAY VE PAYDA

* POLİNOMLARININ KATSAYILARININ TANIMLANMASI

.PARAM a3=0

.PARAM a2=0

.PARAM a1=0

.PARAM a0=2.48E20

.PARAM b3=1

.PARAM b2=1.256E7

.PARAM b1=7.895E13

.PARAM b0=2.48E20

VIN 1 0 AC 1

R0 1 0 1T

R1 4 0 1T

E1 4 0 LAPLACE {V(1)}

{{a3*pwr(s,3)+a2*pwr(s,2)+a1*s+a0}/(b3*pwr(s,3)+b2*pwr(s,2)+b1*s+b0)}

.AC DEC 10 1 10GHZ

.PROBE V(4)

.END

-4- AG32 - DE-N.DEVR.

* Wp = 6.28 MRad/Sn , A = 1 K , Fp = 1 MHz

* SERİ PROGRAMLAMA YÖNTEMİ İLE 3.DERECEDEDEN

* ALÇAK GEÇİREN NORMALİZE AKIM TRANSFER

* FONKSİYONUNU GERÇEKLEYEN İDEAL CCII'Lİ

* DEVRENİN TANIMLANMASI

IK 0 1 AC 1

R1 0 1 500

C1 0 1 159.155E-12

R7 0 7 1E3

R6 0 6 1E3

R9 0 9 1E3

C9 0 9 318.47E-12

C2 0 2 159.155E-12

C3 0 3 159.155E-12

R5 0 5 1E3

X1P 1 7 2 CC2P

X2P 2 6 3 CC2P

X3P 3 5 4 CC2P

X5N 3 9 1 CC2N

VKD 4 0 0

.AC DEC 10 1 10GHZ

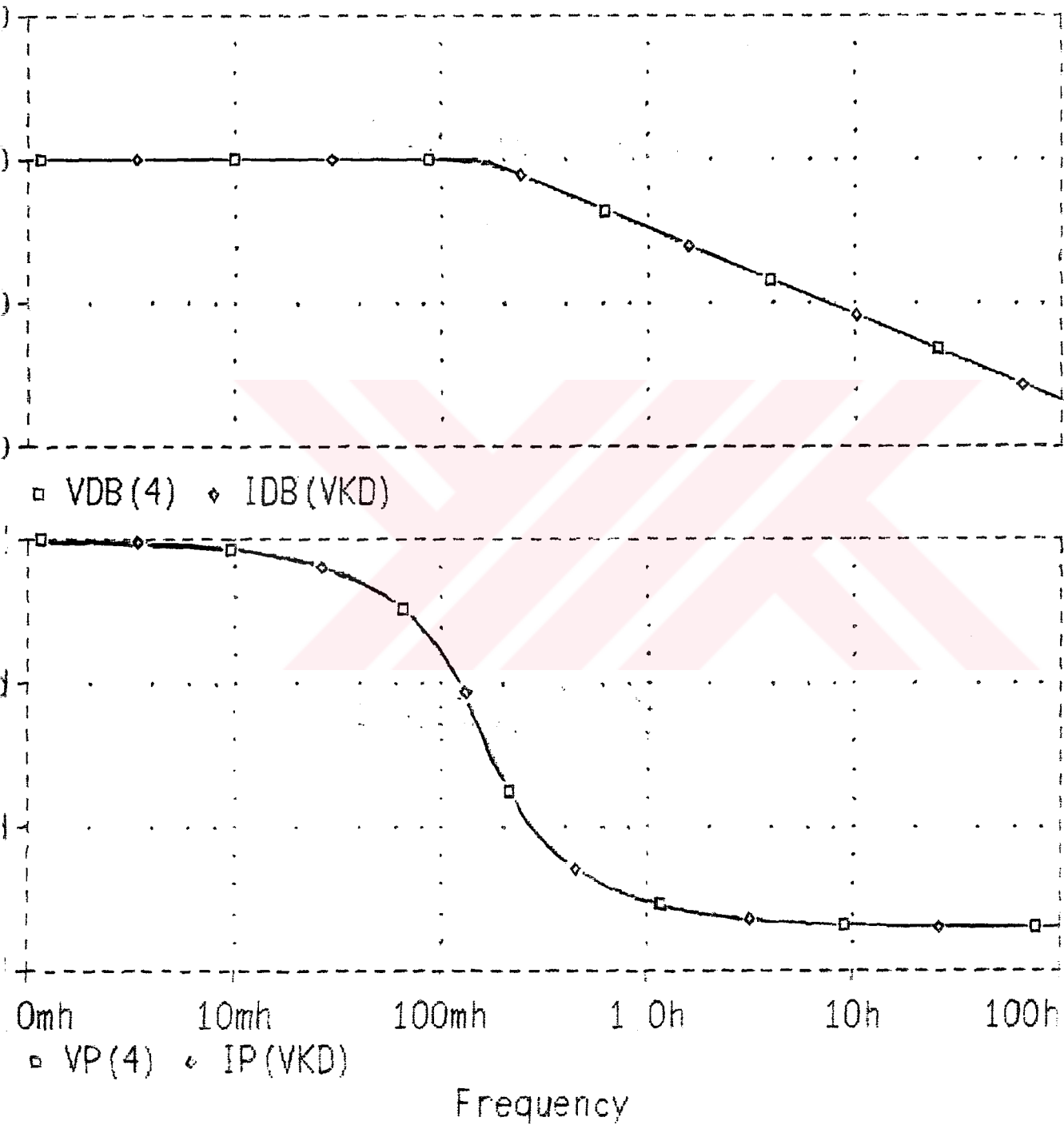
.PROBE I(VKD)

.END

EK.2.B)

51 - N.TR.FNK., LG31 - N.DEVR.

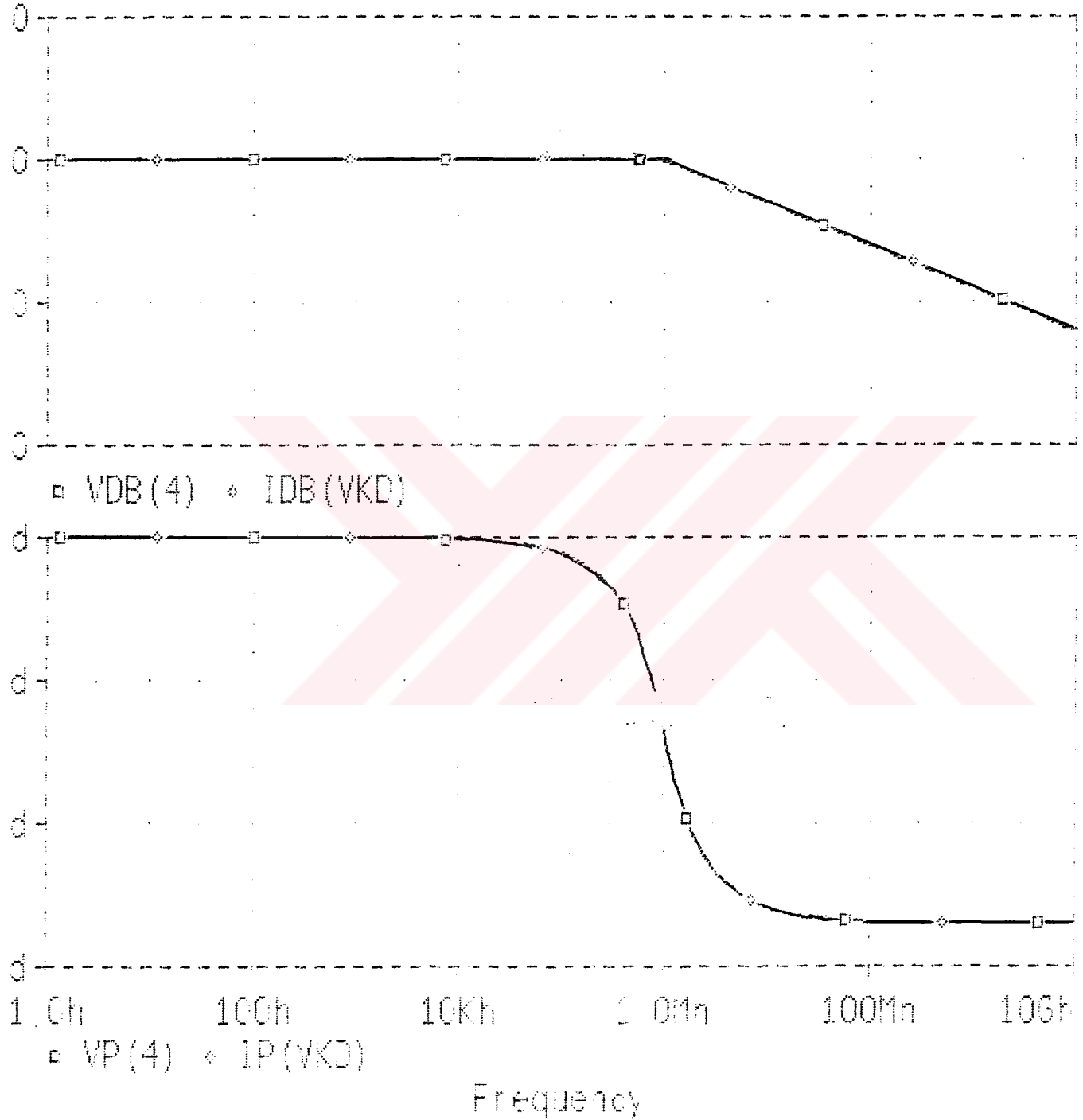
Date/Time run: 07/24/94 12:18:43



EK.2.B)

G32 - DE-N.TR.FNK., LG32 - DE-N.DEVR.

Date/Time run: 07/24/94 12:29:27



8.0. ÖZGEÇMİŞ

Doğum Tarihi : 31.05.1966
Doğum Yeri : İSTANBUL
Mezun olduğu okul : İ.T.Ü. ELEKTRİK-ELEKTRONİK FAKÜLTESİ, 1987
Branşı : ELEKTRONİK VE HABERLEŞME MÜHENDİSLİĞİ

İş Deneyimi : THY A.O. 4-Yıl
CIBA-GEIGY 6-Ay
HÜRRİYET GAZETESİ 6-Ay
NET HOLDİNG A.Ş. 1-Yıl
TABAŞ 1-Yıl
METSAN A.Ş. 6-Ay

Uzmanlık Alanı : İnteraktif Sesli Yanıt Sistemleri
Veri İletişim
Bilgi İşlem Sistemleri
Bakım-Onarım Faliyetleri

Askerlik Durumu : Dz. Astsb. Hz. Ok. K.
Elektronik Öğretmenliği, 1988