

PID KONTROLÖRÜ İÇİN ARABİRİM TASARIMI

Ali URAL, Ali Fuat BOZ

Özet-Bu çalışmada kontrol sistemlerinde sık kullanılan PID kontrolörleri için MATLAB programında hazırlanan kullanıcı arabirim tasarımı anlatılmıştır. Bilindiği gibi sistem tasarımında kontrolörler önemli bir yer tutmaktadır. PID kontrolörleri kullanılan sistemler içerisinde en çok tercih edilen kontrolör çeşididir. Pratikte en sık karşılaşılan problemlerden birisi, sistem analizinin yapılması ve sistemin matematik modelinin elde edilmesidir. Bu amaçla sistem modeline gerek duymayan kontrolör dizayn metotları günümüzde önem kazanmıştır. Bu metotlardan biriside kontrolörlerin otomatik ayar işlemlerinin yapıldığı Otomatik ayar (Autotuning) metodudur. Bu çalışma sonucu elde edilen arabirim sayesinde, kullanıcının çok derin kontrol ve programlama bilgisine sahip olmadan bu yöntemi uygulaması mümkün kılınmıştır.

Anahtar Kelimeler - Otomatik ayar, PID kontrolörler, MATLAB

Abstract - In this study, most widely used PID controllers have been examined. As commonly known that PID controllers have many advantages over other controllers. Thus in practice, they are well known and commonly used controllers. In practice, one of the main problems on the design of controllers is to have a mathematical model of the system. Obtaininig the mathematical model of a system usually takes long times and also needs a good understanding of control theory. This can not be possible everytime. Therefore Autotuning of controllers have been proposed. In this paper, one of the main aim was to prepare a user interface to the autotuning of PID controllers. This has been done by using Matlab.

Key Words- Autotuning, PID controllers, MATLAB

I.GİRİŞ

Kontrol işlemlerine günlük yaşantının her alanında rastlanmaktadır. Kontrol işlemlerinin bir çoğu "otomatik" olarak yani, insan girişimi olmadan gerçekleşmektedir.

A.Ural, A.F.Boz; Sakarya Üniversitesi, TEF, Elektronik-Bilgisayar Eğitimi Bölümü

54040- Esentepe Kampüsü- ADAPAZARI

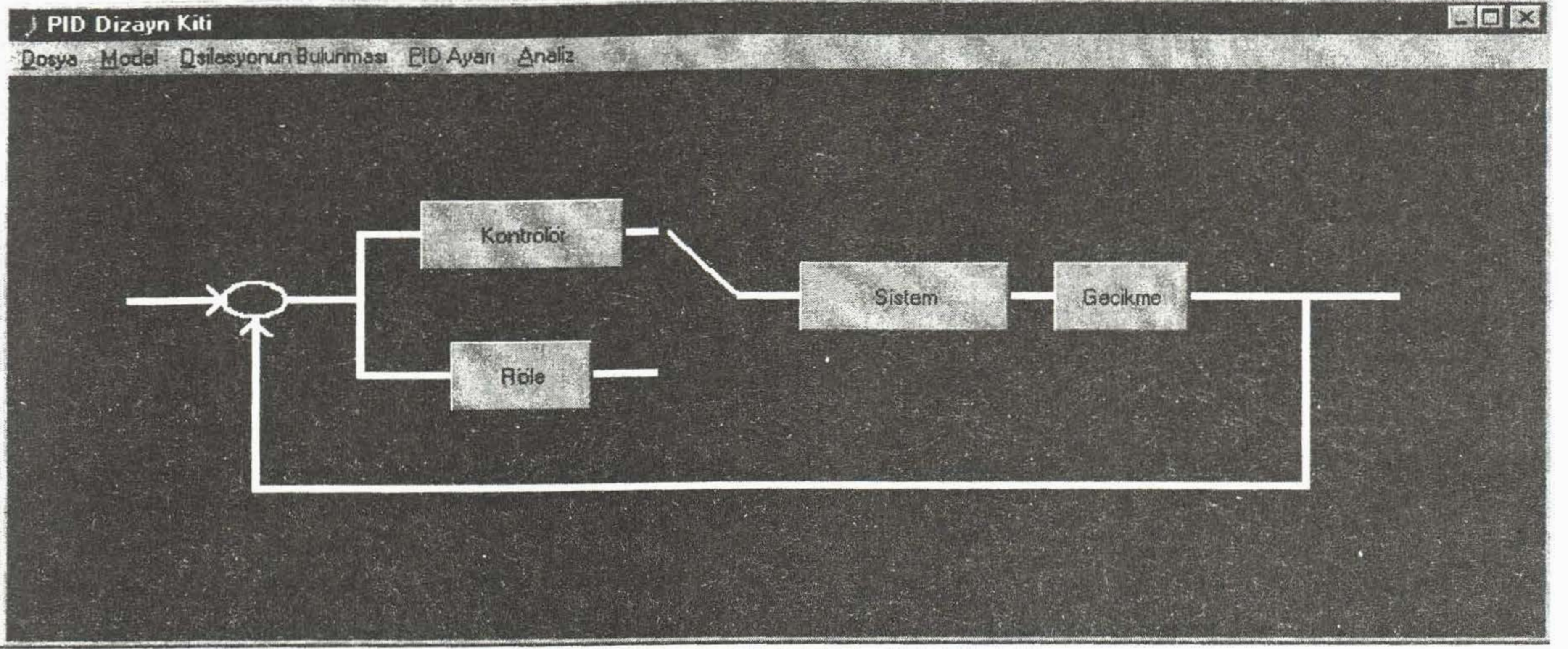
Örneğin apartmanlarda bulunan merdiven otomatığı; merdiven ışıkları yakıldıktan belli bir süre sonra kendiliğinden sönmelerini sağlamaktadır. Kalorifer brülör otomatığı, kazan suyu sıcaklığı düştüğünde, brülörlerin yanmasını, belirlenen sıcaklığı aşması durumunda ise, brülörlerin sönmelerini sağlamaktadır. Bunların yanında, depoların sıvı seviyesinin şamandıralı açma-kapama vanaları ile kontrolü, su basıncının hidrofor sistemleri ile ayarlanması benzer uygulamalar olarak sıralanabilir. İnsan vücudunda da karmaşık ve hassas kontrol işlemleri gerçekleşmektedir. Göze yansıyan ışığın şiddetine göre, göz bebeğinin açılıp kapanması, çevre sıcaklığı arttığında vücudun terlemesi, acı duyulduğunda geri çekilme refleksi, insan vücudundaki fizyolojik kontrol işlemlerine örnek olarak gösterilebilmektedir.

Yukarıda örnekleri verilen kontrol işlemleri dikkate alındığında Kontrol; incelenen davranışların belirli istenen değerler etrafında tutulması veya istenen değişimleri göstermesi için yapılan işlemler olarak tanımlanabilir. Bu durumda Otomatik Kontrol; kontrol işlemlerini, kontrol edilmek istenen olay etrafında kurulmuş bir karar mekanizması ile, doğrudan ve insan girişimi olmadan gerçekleştirebilir [1].

Otomatik kontrol insanları tek düze tekrar işlerden kurtararak zeka ve düşünebilme yeteneklerini daha iyi kullanabilecekleri işlere yönlendirmektedir. Ayrıca insanın fizyolojik yeteneklerini aşan, çok hızlı, çok hassas, büyük kuvvetler gerektiren uygulamalarda hakimiyeti kolaylaştırır. Otomatik kontrol gerek teorik tasarım, gerekse gerçekleştirme ve uygulama bakımından daha sade, daha esnek, kolayca ayarlanabilen ve verimi yüksek çözümler sağlamaktadır [1,2,3,7].

II. ARABİRİM YÜZÜNÜN TANITIMI

Program Matlab komut satırında pidkit yazılması ile aktif hale gelerek, Şekil-1'de görülen yüzü ile görülmektedir [13]. İncelenmek istenen sistem fonksiyonunu arabirime girmek için "Sistem" butonuna basılır ve Şekil-2' deki çerçeve görülür. Sistem fonksiyonunu, transfer fonksiyonu, matlab formu ve durum uzayı biçiminde girmek mümkündür. Ayrıca sürekli zamanda olduğu gibi ayrık zamanda da aynı biçimlerde giriş yapılabilir.



Şekil 1 :Arabirim Yüzeyi

Şekil 2 :Sistem Fonksiyonu Girişi

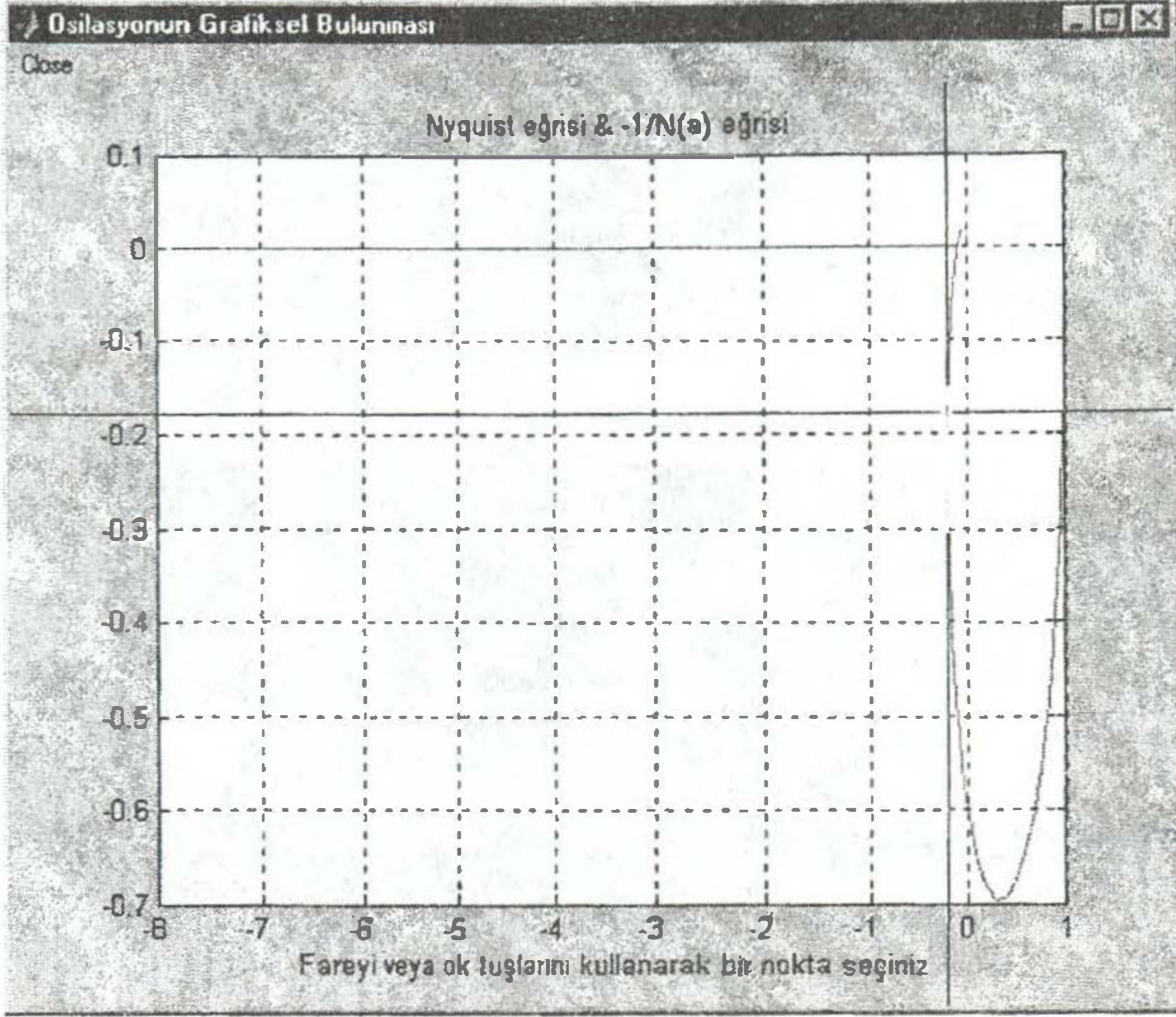
Şekil 4 :Arabirim Menüsü

Şekil 5 :Arabirim Menüsü Çerçevesi

Şekil 3 :Kontrolör Girişi

Bu menü kullanılarak, osilasyonun belirlenmesi, otomatik olarak yapılabileceği gibi manuel (elle) olarak da yapılabilir.

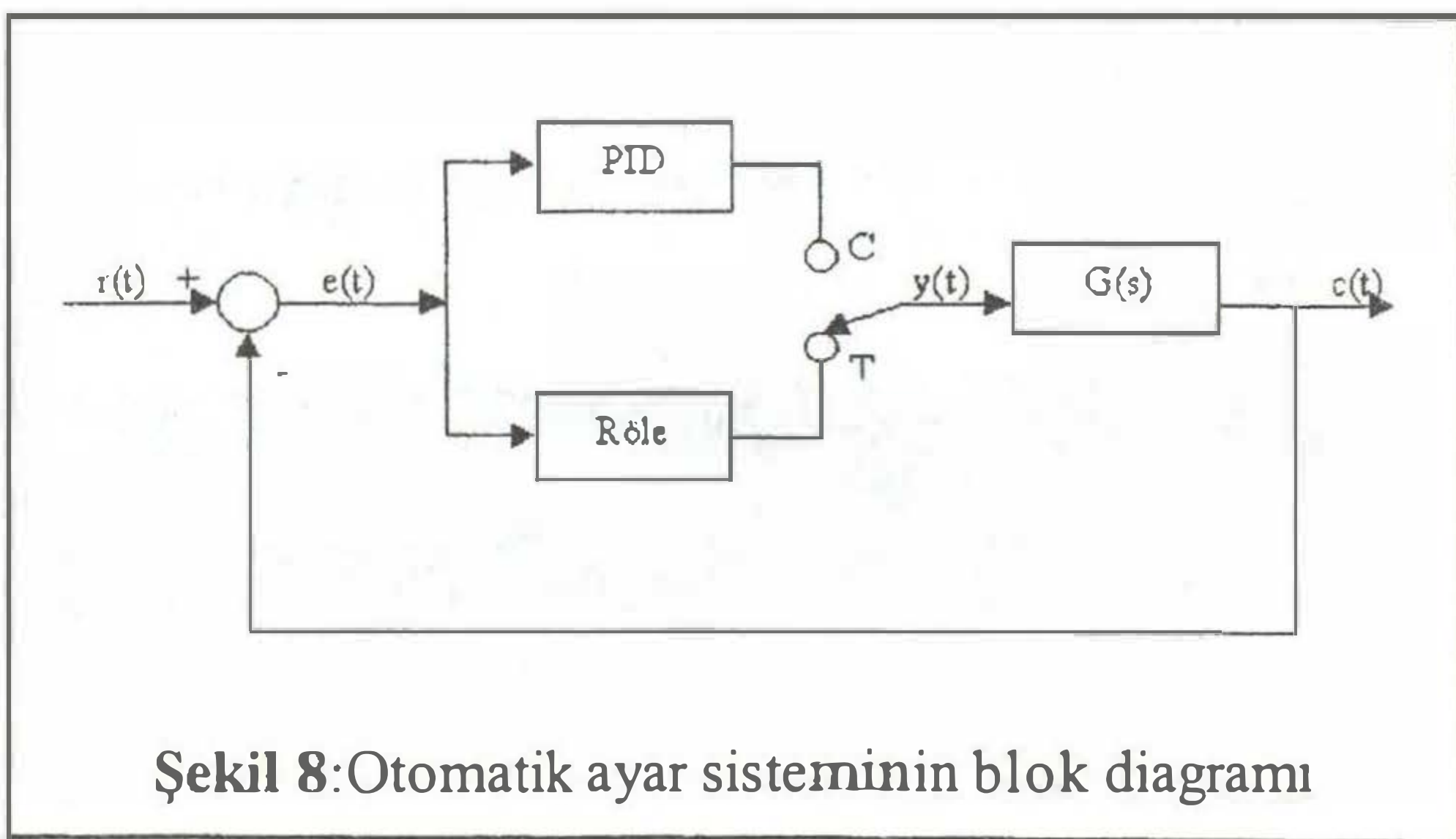
Şekil 5' de " Bul" butonuna basıldığında Şekil-6' da Nyquist Eğrisi ve $-1/N(a)$ eğrisi görülür. Üzerinde kritik kazanç, kritik frekans değerleri fare yardımıyla tespit edilebilir. Sonuç olarak Şekil 7' de görülen limit saykıl çözümü elde edilir.



Şekil 6 : -1/N(a) Eğrisi

II.1 PİD Kontrolörlerin Otomatik Ayarı

Açık döngü sistemin Nyquist eğrisinde olan, negatif reel eksenini kesen kritik nokta bilgisi çoğunlukla PID kontrolör parametrelerinin belirlenmesinde kullanılır. Orijinal Ziegler-Nichols tasarımında kritik kazanç ve kritik frekans manuel olarak şu şekilde belirlenir. Oransal bir regülatör bağlanarak güçlendirilmiş bir osilasyon elde edilinceye kadar kazanç yavaş yavaş yükseltilir. Bu bir dezavantajdır. Gürültü ve diğer faktörlerin karıştığı uzun zaman sabiteleri yerine sistemin osilasyon genliğinin kontrolü daha zor olabilir. Eğer sistem yaklaşık olarak lineerse, frekansta sadece kritik frekansa eşittir. Yukarıda sayılan dezavantajların yaşanmadığı ve röle yöntemi diye adlandırılan yeni bir dizayn metodu 1984 yılında Astrom tarafından uygulanmıştır[4,8,9,10].



Şekil 8: Otomatik ayar sisteminin blok diagramı

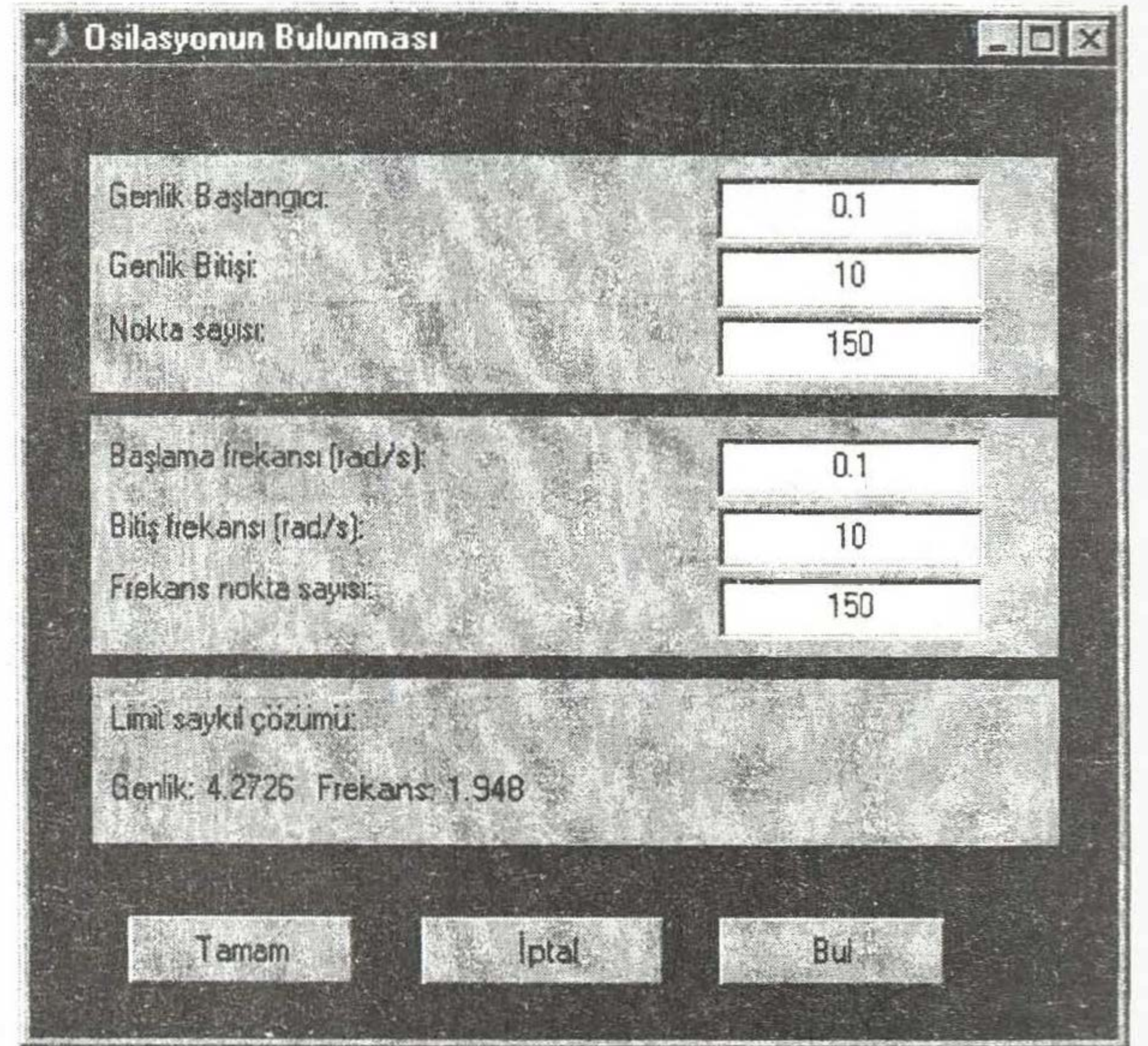
Şekil-8' de görüldüğü gibi kritik kazanç ve kritik frekansı belirlemek için bir röle kontrolörü, sistemle birlikte geri besleme döngüsüne bağlanır. Kontrolör ayar modunda (T) bir röle kontrolörü gibi kontrol modunda (C) ise herhangi bir PID regülatör gibi davranmaktadır.

Ayar modundayken hata sinyali (e) periyodik bir sinyaldir. Parametre K_c ve ω_c , tanımlama fonksiyonu

(describing function) metodu kullanarak yaklaşık olarak osilasyonun birinci harmonik bileşeninden belirlenir.

Osilasyonun genliği, röle çıkış seviyesi değiştirilerek kontrol edilebilir. Bu yüzden PID kontrolör ayarı, mikrobilgisayar kontrolörleri kullanarak otomatik olarak yürütülebilir.

Pratikte osilasyonun periyodu, sıfır geçişler arasındaki zamanı ölçerek kolaylıkla tespit edilir. Sistem ayar modundayken osilasyonun genliği, osilasyonun tepeden tepeye değerleri ölçülerek tahmin edilebilir. Bu tahmin metotları sayma ve karşılaştırma işlemlerine dayandığı için yerine getirilmesi kolaydır. Fonksiyon tanımlama analizi osilasyonun ana harmoniğine dayandığı için bu metot tahminidir. Eğer sistemde ilk harmonik baskındıysa ölçme sırasında bir filtreye ihtiyaç vardır. Histerisizli bir röleyle ölçme gürültüleri azaltılabilir. Sürecin(işlemin) transfer fonksiyonu bilindiğinde röle kontrolündeki limit saykıl çözümü, analitik, nümerik



Şekil 7 :Limit Saykıl Çözümü

hesaplama ve bilgisayar simülasyonu olarak çıkarılabilir [1,2,4,8,9,10,12].

II.2 Tanımlama Fonksiyonu (Describing Function) Metodu

Eşdeğer bir kazancı belirlemek için lineer olmayan bir elemanın temel çıkışı ve sinüsoydal bir giriş arasındaki ilişkiyi kullanan fonksiyon tanımlama metodu, lineer olmayan elemanlarla birlikte kontrol sistemlerinin analizinde kullanılır. Histerisizli bir rölenin tanımlama fonksiyonu aşağıdaki gibidir [4,5,6,11].

$$N(a) = \frac{4h}{\pi a^2} \left\{ \sqrt{a^2 - \Delta^2} - j\Delta \right\}$$

Delta(Δ) röle histerisizinin yarı genişliğidir. Histerisi olmayan bir rölenin Δ ' sı sıfırdır. Röle kontrolü altında olan kapalı döngü sistemin yaklaşık transfer fonksiyonu;

$$G_c(s) = \frac{G(s)N(a)}{1 + G(s)N(a)} \text{ dır.}$$

Sistemin karakteristik eşitliği

$$1 + N(a)G(s)|_{s=j\omega} = 0$$

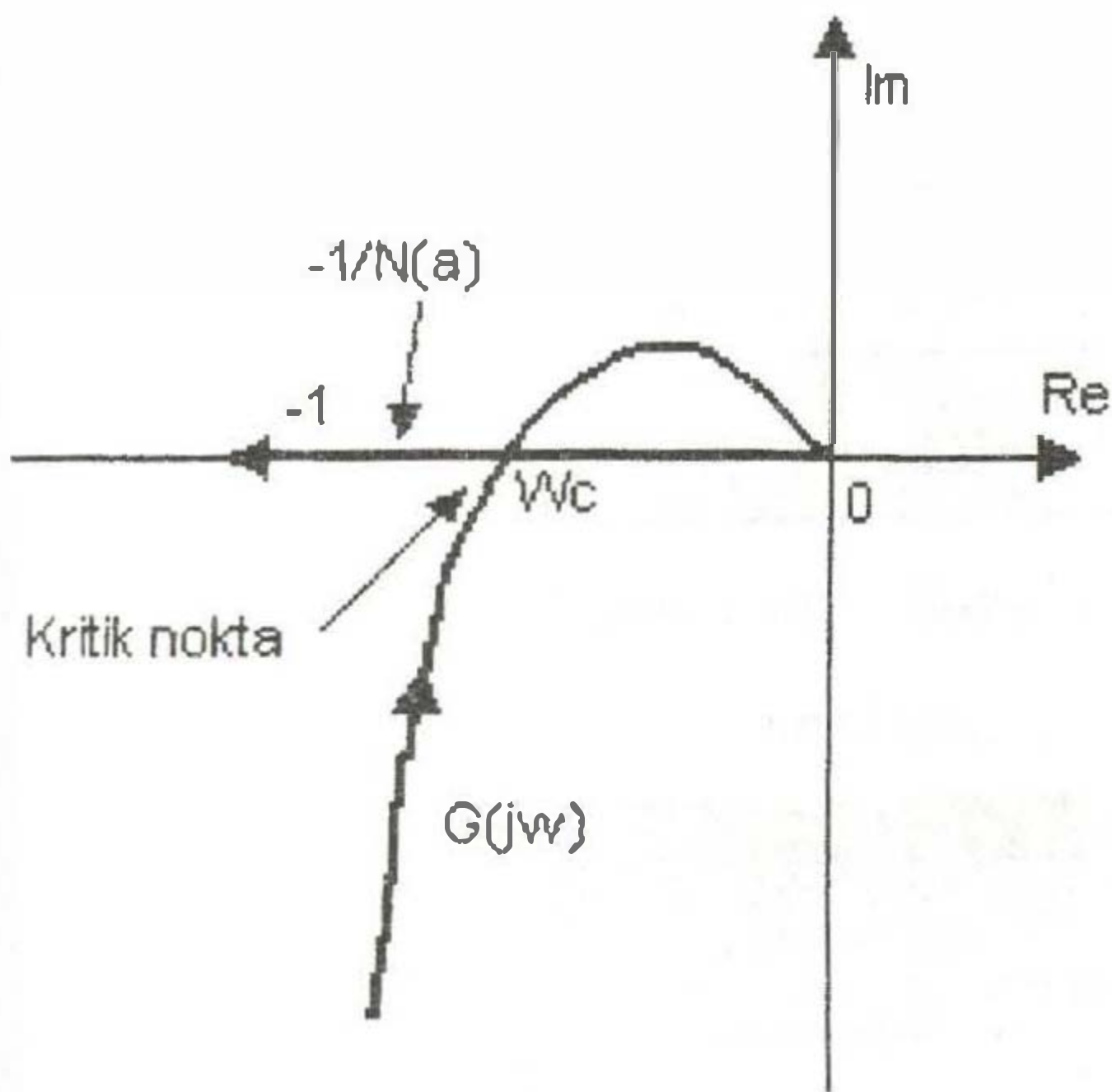
ve osilasyon durumunu

$$G(j\omega) = -\frac{1}{N(a)}$$

denklemleri verir. Böylece osilasyonun frekansı ve genliği, limit saykıl denklemlerin çözümü ile elde edilebilir.

$$\text{Re}\{1 + N(a)G(j\omega)\} = 0$$

$$\text{Im}\{N(a)G(j\omega)\} = 0$$



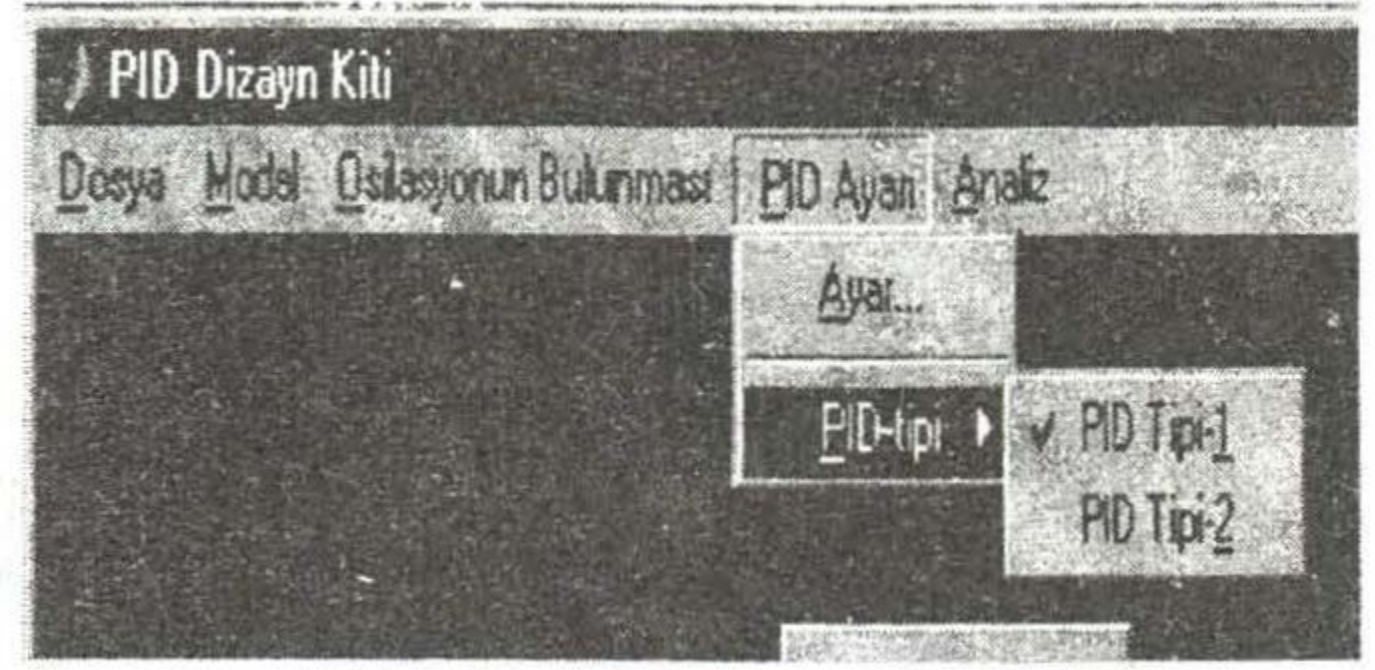
Şekil 9 :Röleyle Kritik Nokta Belirleme

Denklemlerin çözünü, lineersizlik Şekil-9 da görüldüğü gibi ideal bir röle olduğu zaman kritik frekans değerini ve kritik noktadaki sinüsoydal osilasyonun genliğini verir.

Kritik kazanç yaklaşık olarak $K_c = \frac{4h}{\pi a}$ ile belirtilir.

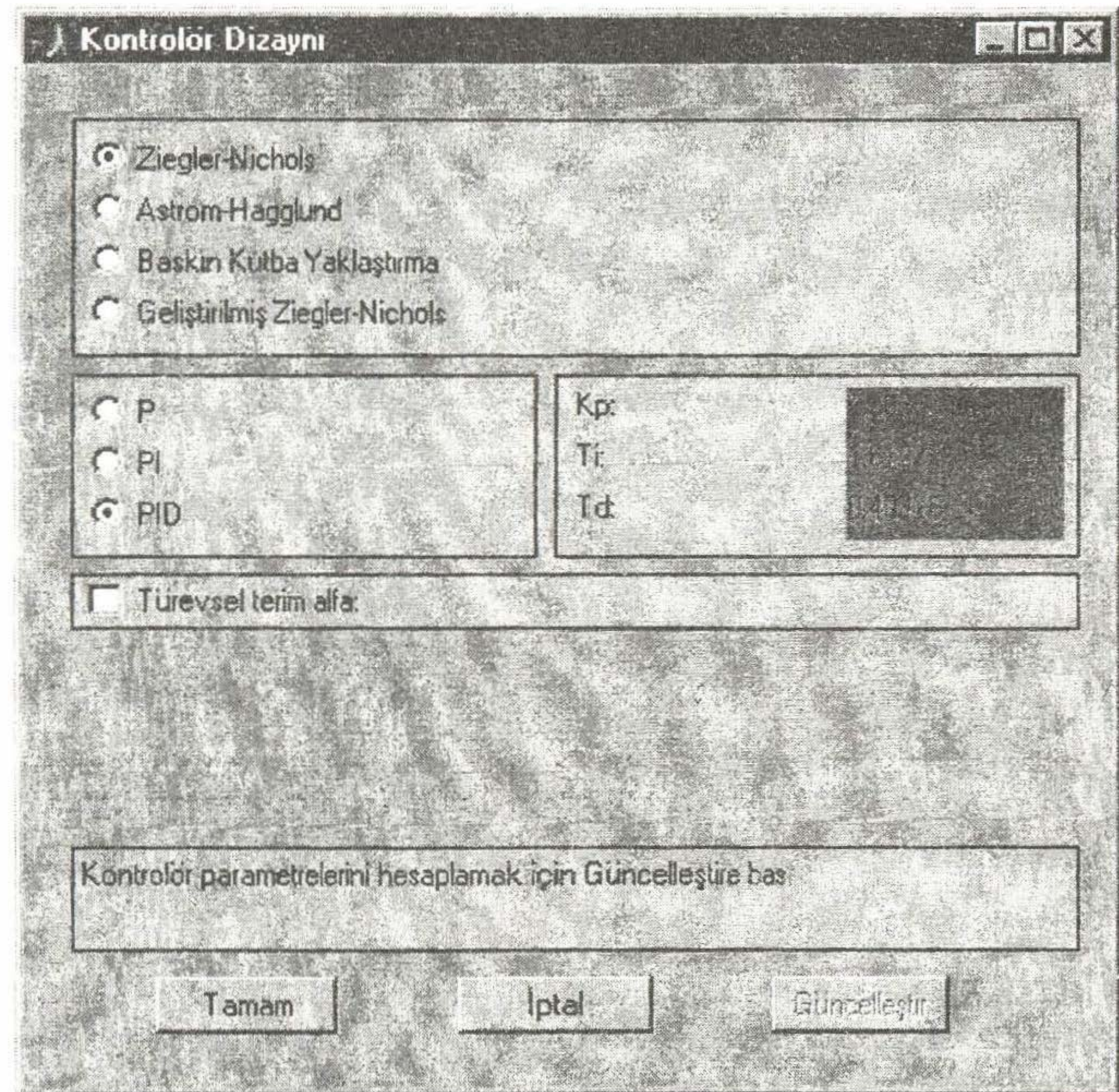
Osilasyon periyodu $T_c = \frac{2\pi}{\omega_c}$ ile verilir. Diğer yandan

histerisizli röle kullanarak Nyquist eğrisinde frekans ve genlik belirlenebilir.[3,4]

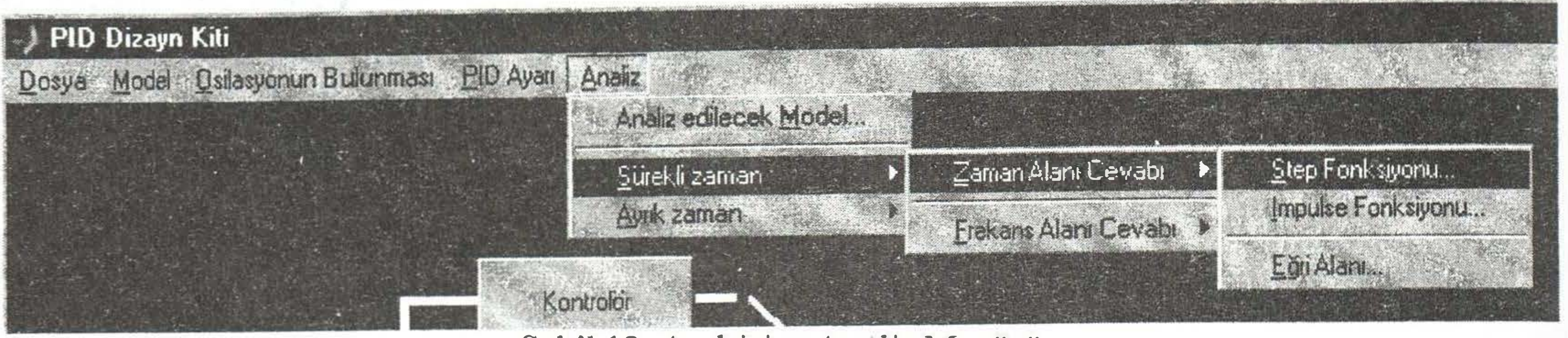


Şekil 10 :Arabirim PID Ayar Menüsü

Kritik kazanç ve kritik frekans değerleri bulunduktan sonra Şekil-10 yardımıyla PID ayar menüsünden Şekil-11 deki ayar metotlarından birisi seçilerek "Güncelleştir" butonunua basılır. Böylece K_p , T_i , T_d değerleri hesaplanmış olur.

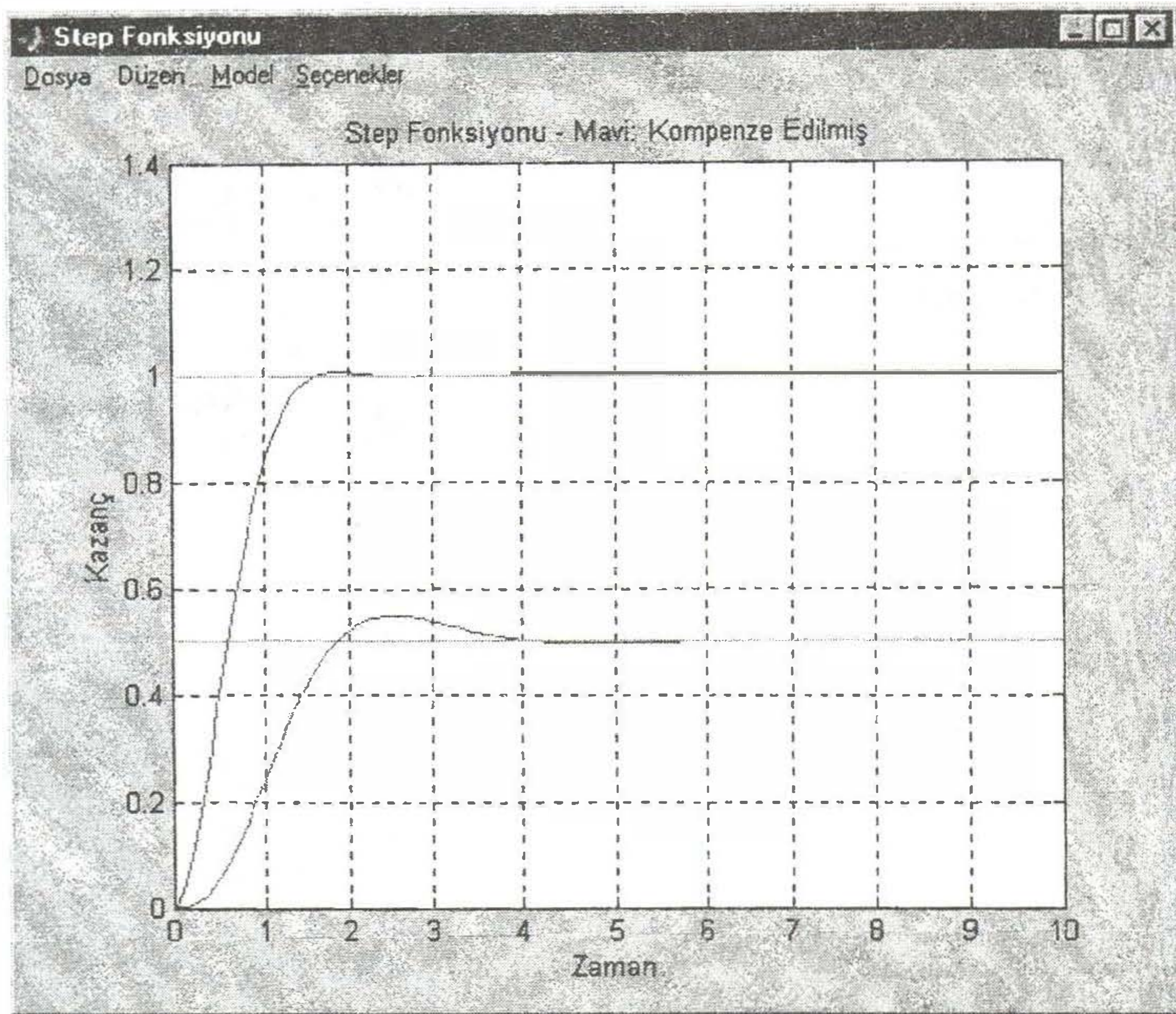


Şekil 11 :Kontrolör Dizaynı

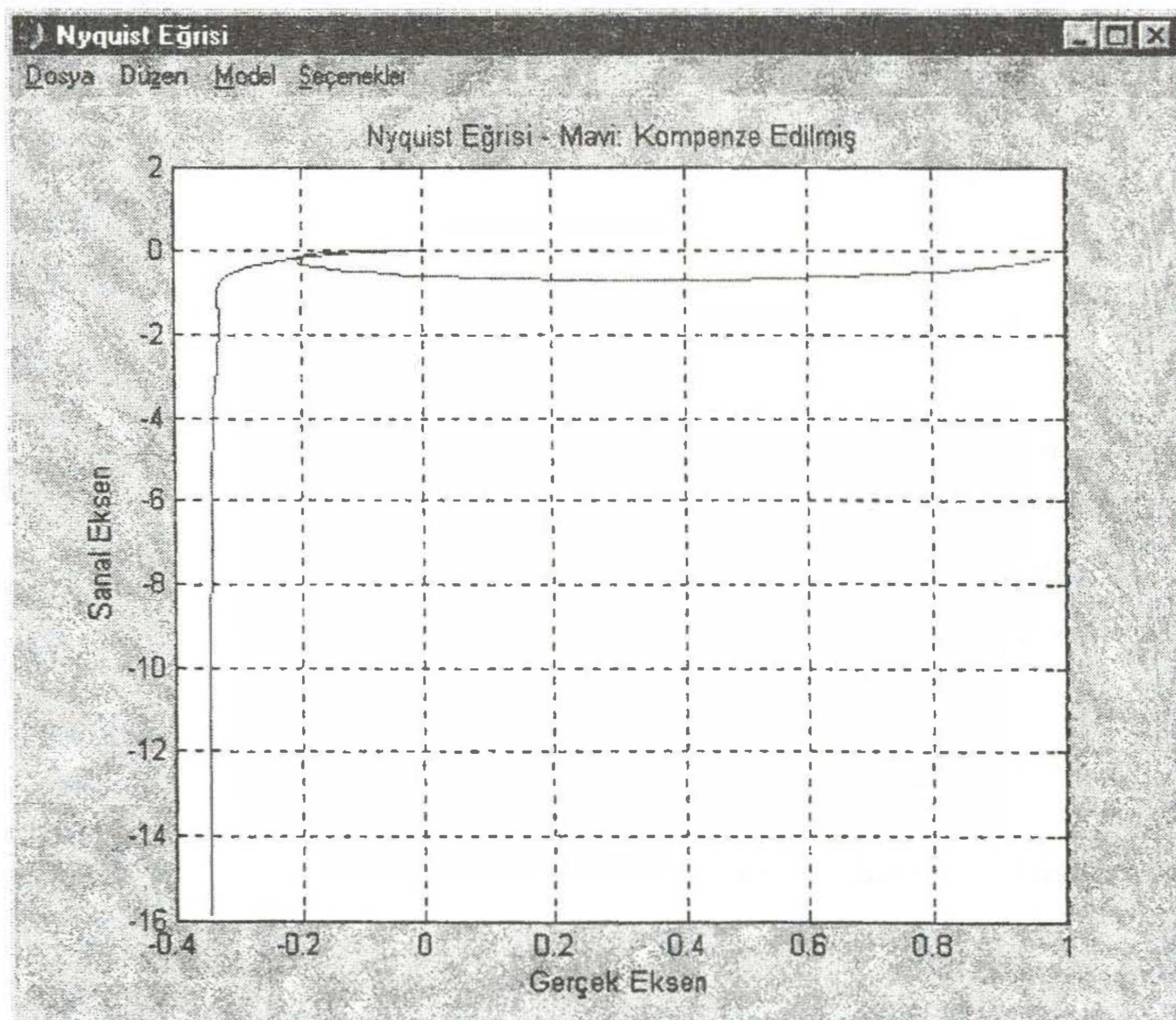


Şekil 12 :Arabirim Analiz Menüsü

Daha sonra Analiz menüsünden cevabı istenen fonksiyon seçilerek fonksiyonun grafiği çizdirilir [13].



Şekil 13 : $6/((s+1)(s+2)(s+3))$ transfer fonksiyonlu kapalı döngü sistem ve kontrolör+sistemin step fonksiyonu



Şekil 14 : $6/((s+1)(s+2)(s+3))$ transfer fonksiyonlu açık döngü sistem ve kontrolör+sistemin nyquist eğrisi

III. SONUÇ

Bu çalışmada PID kontrolörlerinin özel bir uygulama alanı olan Autotuning için gerekli olan bir kullanıcı arabirim yüzeyi tasarlanmış ve kullanıma sunulmuştur. Elde edilen program sayesinde kullanıcının derin kontrol bilgisine ihtiyaç duymadan herhangi bir sistem için gerekli olan PID kontrolörü tasarlaması mümkün kılınmıştır. Ayrıca elde edilen program sayesinde öğrencilerin PID kontrolörlerini daha iyi tanıması ve uygulamada karşılaştıkları problemlerin çözüm yöntemlerini anlamaları sağlanmıştır.

KAYNAKLAR

- [1] ÖZDAŞ, Nimet, A. Talha DİNİBÜTÜN ve Ahmet KUZUCU, Otomatik Kontrol Temelleri, Birsen Yayınevi, İkinci Baskı, İstanbul, Mart 1995.
- [2] YÜKSEL, İbrahim, Otomatik Kontrol, Sistem Dinamiği ve Denetim Sistemleri, Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı Yayın No:21, Bursa, 1997.
- [3] KUO, Benjamin C., Otomatik Kontrol Sistemleri, (Çev: Atilla Bir), Literatür Yayınları:35, Yedinci Baskı, İstanbul, 1999.
- [4] ZHUANG, Minxia, Computer Aided PID Controller Design, Doktora Tezi, Brighton, 1992.
- [5] CHARLES, L.Phillips, D. Harbor ROYCE, Feedback Control Systems, Prentice Hall Inc., Third Edition, New Jersey, 1996.
- [6] ELGERD, Olle I., Control System Theory, McGrawHill Inc., 1967.
- [7] OGATA, Katsuhiko, Modern Control Engineering, Prentice Hall Inc., 1970.
- [8] ASTROM, K.J. ve HAGLUND T., Automatic Tuning of Simple Regulators with Specification on Phase and Amplitude Margins, Automatica, Vol:20, No:5, 1984.
- [9] ASTROM, K.J., Automatic Tuning of PID Regulators, Research Triangle Park, N.C., Instrument Society of America, 1988.
- [10] ASTROM, K.J. ve HAGLUND T., Automatic Tuning of Simple Regulators, Proc, IFAC, 9th World Congress, Budapest, 1984.
- [11] ATHERTON, D.P., Nonlinear Control Engineering Describing Function Analysis and Design, Van Nostrand Reinhold, London, 1975.
- [12] DUMOND, E.A. ve et al, Automatic Tuning of Industrial PID Controller, American Control Conference, Boston, USA, 1985.
- [13] LAUB, A.J. ve LITTLE, J.N., Control System Toolbox User's Guide, The MathWorks Inc., 1986.