

ENERJİ SİSTEMLERİNDE PID DENETLEYİCİLER İLE YÜK FREKANS DENETİMİ

A. Serdar YILMAZ

Ertan YANIKOĞLU

Mustafa TURAN

*Elektrik-Elektronik Müh. Bölümü
Mühendislik Fakültesi Sakarya Üniversitesi
Esentepe Adapazarı, 54040*

Özet - Bir enerji iletim sisteminde aktif ve reaktif güç akışı birbirinden bağımsız olarak gerçekleşir. Bunlar farklı denetleme mekanizmaları ile denetlenir. Aktif güç denetimi, frekans denetimi ile yakından ilişkili iken, reaktif güç denetimi ile gerilim denetimi arasında yakın bir ilgi vardır. Bir sistemin frekansı, üretilen ve tüketilen aktif güç dengesine bağlıdır. Sistemdeki aktif güç dengesinin herhangi bir şekilde bozulması, frekansında değişmesi demektir. Sistemin frekansının denetlenmesi için aktif güç dengesinin sağlanması gerekir. Bunun için aktif güç üretiminin denetlenmesi gerekir. Bu nedenle otomatik üretim denetimi yapılmalıdır. Bu çalışmada, PID denetleyici ile otomatik üretim denetimi incelenmiş ve bilgisayar benzetimleri sunulmuştur.

I. GİRİŞ

Yeterli işletme koşulunun sağlanması için şebeke frekansının sabit yada sabit bir değere yakın olması gerekir. [1]. Üretim ve tüketim arasındaki aktif güç dengesinin sağlandığında, frekansın tespit edilen değere yaklaşması otomatik olarak sağlanır. Benzer şekilde, reaktif güç dengesinin sağlanması ile gerilim değeri de tanımlanan sınırlar içerisinde kalır. Sürekli çalışma koşulları altında, sistem içerisindeki üretilen toplam aktif güç ile tüketilen aktif güç ve kayıplar toplamı birbirine eşit olmaktadır. Herhangi bir güç dengesizliği, rotor hızı ve şebeke frekansında değişimler olarak kendini göstermektedir. Hız regülatörleri ve türbin tarafından generatör hızı ve üretilen güç artma yada azalma şeklinde ayarlanır. [2,3] Bu ayarlama işlemi denetleyiciler vasıtasıyla gerçekleştirilir. Bu denetleyicilerden en sık kullanılan integral denetleyicilerdir. Bunun yanısıra zeki denetleyiciler de kullanılmaktadır. [4]

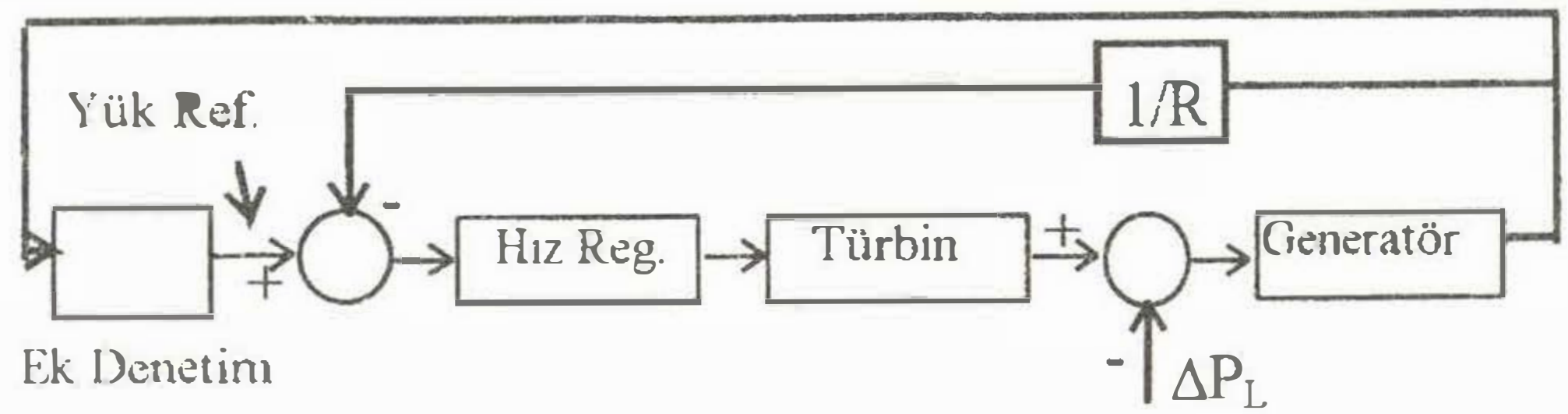
II. OTOMATİK ÜRETİM DENETİMİ (OÜD)

OÜD aşağıda verilen üç temel özelliğe sahip denetim sistemine verilen isimdir.

- Şebeke frekansını sabit bir değerde veya bu değere yakın bir noktada tutmak. (Örneğin 50 - 60 Hz gibi.)
- Denetim bölgeleri arasındaki güç alışverişinin doğru bir değerde kalmasını sağlamak.
- Her bir ünitenin üretiminin en ekonomik şekilde olmasını sağlamak.

II.1. Ek Denetim Eylemi

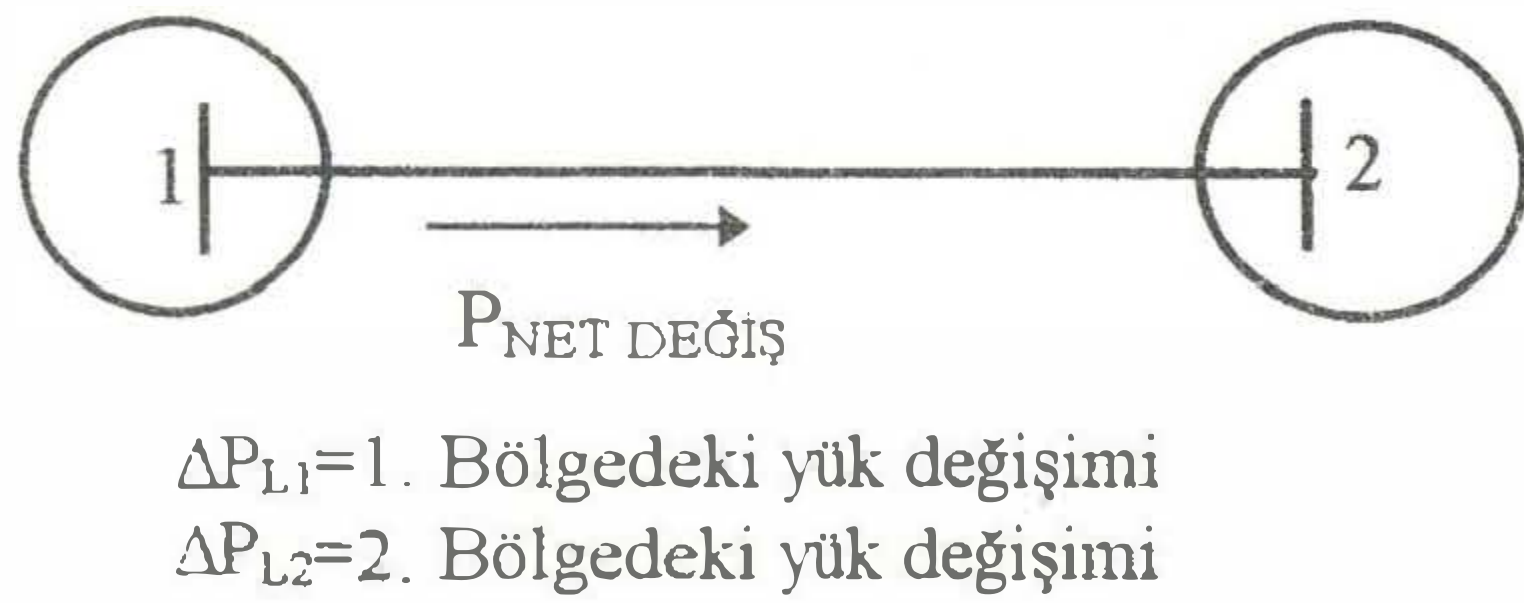
Yukarıda verilen üç temel niteliği anlamak için, önce, sonsuz büyük güçlü bir sistemi besleyen tek üretim birimini ele alalım. Generatörün beslediği yükte meydana gelebilecek bir değişiklikte, hız regülatörünün düşü karakteristiğine ve yükün frekans karakteristiğine bağlı olarak genlikle beraber frekans değişimi de gözlenecektir. Bir yük değişimi esnasında, ek denetleyici mekanizması, frekans nominal değere taşımak için devreye girmek zorundadır[5]. Ek denetleme işlemi hız regülatörüne yöneliktir. Şekil 1'de ek denetimin bulunduğu üretim biriminin blok diyagramı verilmektedir.



Şekil 1. Ek Denetimli Üretim Ünitesinin Blok Diyagramı

II.2. Bağlantı Hattı Denetimi

İki farklı işletmenin , kendi sistemlerini birbirlerine bir bağlantı hattı ile bağlamalarının bazı nedenleri vardır. Birincisi maliyeti uygun hale getirmek için diğer bölge ile enerji alış-verişi sağlamaktır. İki bölgenin birinde ani bir yük değişimi meydana geldiğinde tüm enterkonnekte sistemde frekans dalgalanmaları yaşanacaktır. Bunu daha iyi gösterebilmek için aşağıda verilen iki bölgeli sistemi ele alalım. Bu sistemin üretim ve yük karakteristikleri birbirine eşit olsun. Birinci bölgeden diğerine 100MW'lık güç alışverişinin normal koşullarda söz konusu olduğunu kabul edelim. İkinci bölgede 30 MW'lık yük artışı olduğunda, bu iki özdeş bölge, 15 er MW şeklinde yeni yükü paylaşacaktır. Böylece bağlantı hattından ikinci bölgeye 115 MW yük akışı olacaktır. Böyle bir değişim iyi olarak algılansa bile gerçekte uygulanmayabilir. Çeşitli sebeplerden dolayı uygulanamayınca birinci alan 30 MW'nın tamamını karşılamak için üretimini arttırmak zorunda kalacaktır. Buda ekstra maliyeti gerektirmektedir. Bu aşamada arzu edilen, ikinci bölgedeki ani talebi algılayacak ve frekansını nominal değerine geri getirecek, bunu yaparken de ikinci bölgede 30 MW'lık üretim artışını gerçekleştirecek bir denetim mekanizmasıdır.



Şekil 2. İki bölgeli sistem için bağlantı hattı frekans denetimi

Bu denetim mekanizması şu maddeleri algılayabilmelidir.

- i. Eğer frekans düşmüşse, ve sistemden çıkan net değişim gücü artmışsa, sistem dışında bir yük artması meydana gelmiştir.
- ii. Eğer frekans düşmüşse, ve sistemden çıkan net değişim gücü azalmışsa, sistem içinde bir yük artışı meydana gelmiştir.

Yukarıda ifadeler ışığında net değişim gücü için aşağıdaki tanımlar yapılabilir.

P_{ND} = toplam gerçek net değişim gücü

(+ : sistemden çıkan güç için), (- : Sisteme gelen güç için)

P_{SND} = İstenen yada beklenen net değişim gücü

$$\Delta P_{ND} = P_{ND} - P_{SND} \quad (1)$$

Buna göre bağlantı hattı-frekans denetimi için özet bir tablo şu şekilde verilebilir.

Δw	ΔP_{ND}	Yük Değişimi	Sonuçlanan Denetim Eylemi
-	-	ΔP_{L1} + ΔP_{L2} 0	1. Bölgede P_{GEN} ' in artışı
+	+	ΔP_{L1} - ΔP_{L2} 0	1. Bölgede P_{GEN} ' in azalışı
-	+	ΔP_{L1} 0 ΔP_{L2} +	2. Bölgede P_{GEN} ' in artışı
+	-	ΔP_{L1} 0 ΔP_{L2} -	2. Bölgede P_{GEN} ' in azalışı

Tablo. 1 Bağlantı Hattı-Frekans Denetimi

İki bölgeli bir sistem için, birinci bölgede meydana gelen ΔP_{L1} lik bir yük artışı durumunda frekans da ve bağlantı hattından aktarılan güçteki değişim şu şekilde ifade edilmektedir.

$$\Delta w = \frac{-\Delta P_{L1}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + D_1 + D_2} \quad (2)$$

$$\Delta P_{ND} = \frac{-\Delta P_{L1} \left(\frac{1}{R_2} + D_2 \right)}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + D_1 + D_2} \quad (3)$$

Tablo.1'in birinci satırındaki sonuçlardan birinci bölgedeki yük artışını, yine birinci bölgedeki üretim artışı şeklinde ifade edebiliriz. Bu ifade şu şekilde olmalıdır.

$$\Delta P_{GEN1} = \Delta P_{L1} \quad (4)$$

$$\Delta P_{GEN2} = 0 \quad (5)$$

Üretimdeki değişim, bölge denetim hatası (*area control error, ACE*) olarak da adlandırılan, frekans ve net değişim gücünü istenen değere götürmek için bölgenin üretimini değiştirmeyi öngörmektedir. Buna göre her bir bölgenin ACE' si aşağıdaki gibi olacaktır.

$$ACE_1 = -\Delta P_{ND1} - B_1 \cdot \Delta w \quad (6)$$

$$ACE_2 = -\Delta P_{ND2} - B_2 \cdot \Delta w \quad (7)$$

Burada B_1 ve B_2 frekans kutuplama çarpanı olarak adlandırılır. Aşağıdaki şekilde belirtilir.

$$B_1 = \frac{1}{R_1} + D_1 \quad (8)$$

$$B_2 = \frac{1}{R_2} + D_2 \quad (9)$$

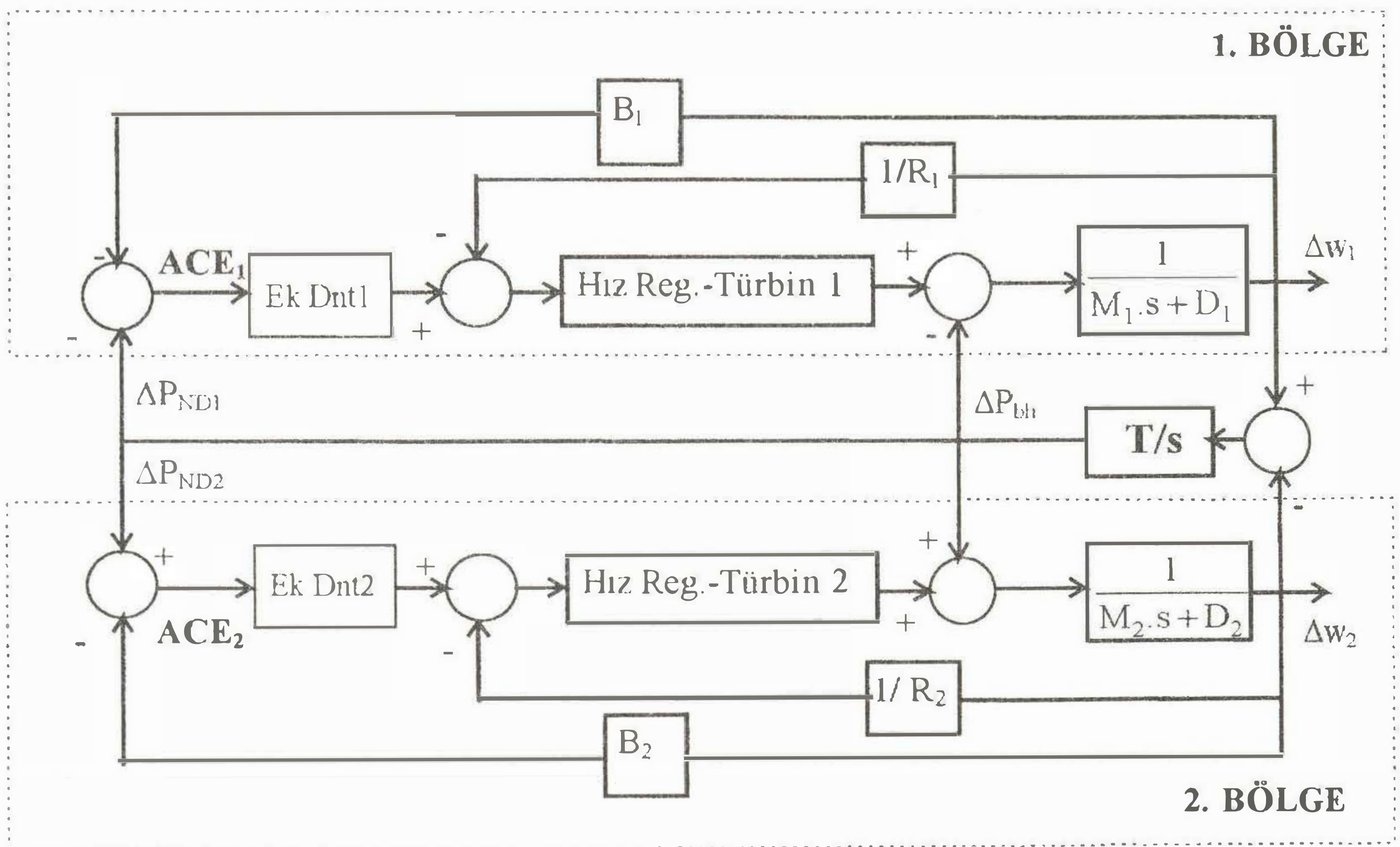
Bu eşitliklerin birlikte yazılımı sonucu her iki bölge için ACE değerleri aşağıdaki eşitliklerde ki gibi elde edilir.

$$ACE_1 = \left[\frac{+\Delta P_{L1} \left(\frac{1}{R_2} + D_2 \right)}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + D_1 + D_2} \right] - \left(\frac{1}{R_1} + D_1 \right) \cdot \left[\frac{-\Delta P_{L1}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + D_1 + D_2} \right] = \Delta P_{L1} \quad (10)$$

$$ACE_2 = \left[\frac{+\Delta P_{L1} \left(\frac{1}{R_2} + D_2 \right)}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + D_1 + D_2} \right] - \left(\frac{1}{R_2} + D_2 \right) \cdot \left[\frac{-\Delta P_{L1}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + D_1 + D_2} \right] = 0 \quad (11)$$

Bu denetim Şekil 3 deki iki bölgeli sistem için başarılı bir şekilde uygulanabilmektedir. Genellikle ek denetleyici olarak integral denetleyici kullanılmaktadır.

Bu çalışmada PID denetleyicilerin ek denetimde kullanım incelenmektedir ve bilgisayarlı benzetimler verilmektedir.



Şekil 3. İki Bölgeli sistem için bağlantı hattı ek denetimi

III. PID DENETLEYİCİLER

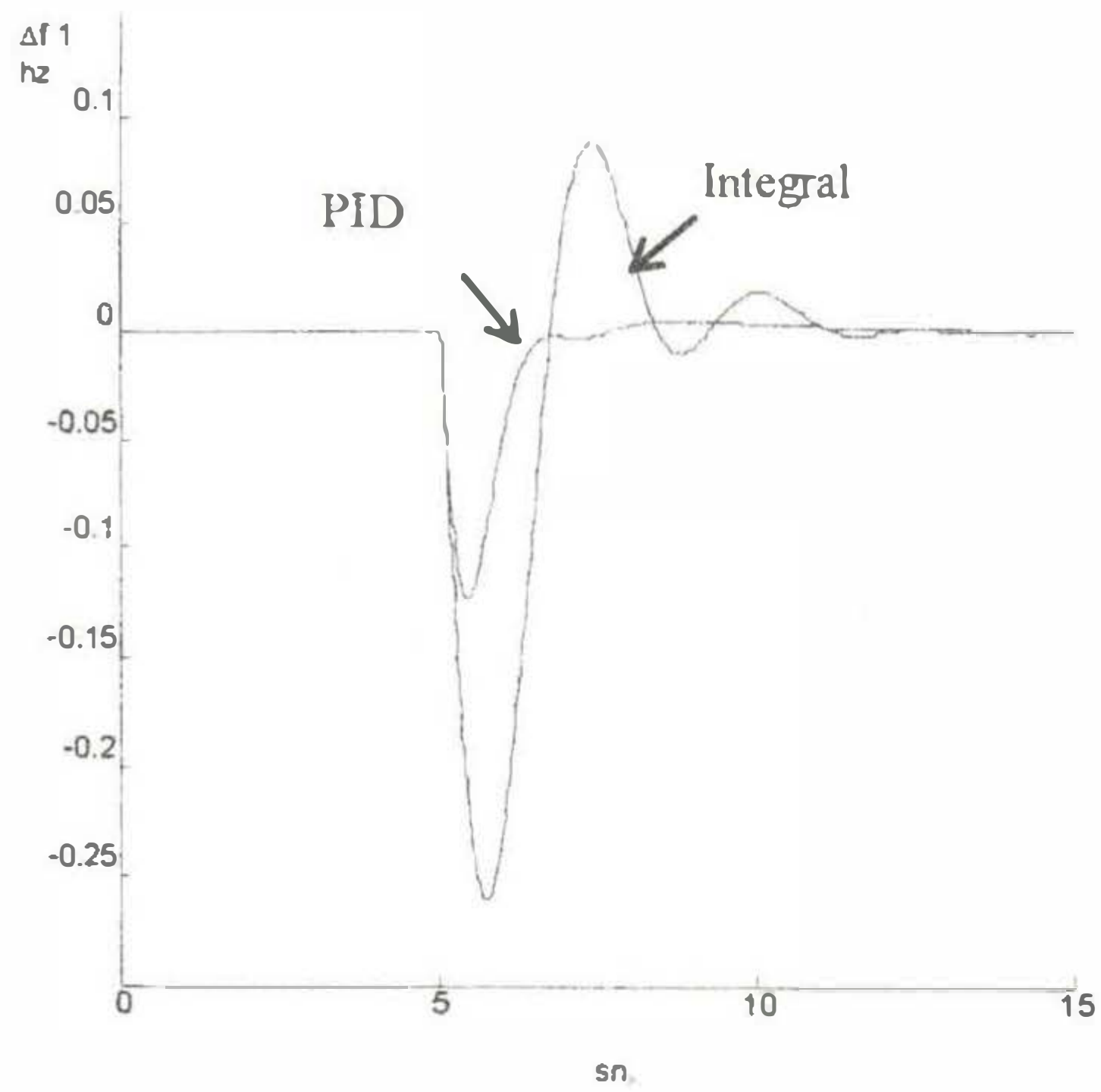
Orantısal (Proportional)- Integral- Türevsel (Derivative) denetleyiciler klasik denetim sistemlerinde çok uygulama alanı bulan denetim elemanıdır.

Bir PID denetleyicinin transfer fonksiyonu eşitlik 12 'de verilmektedir.

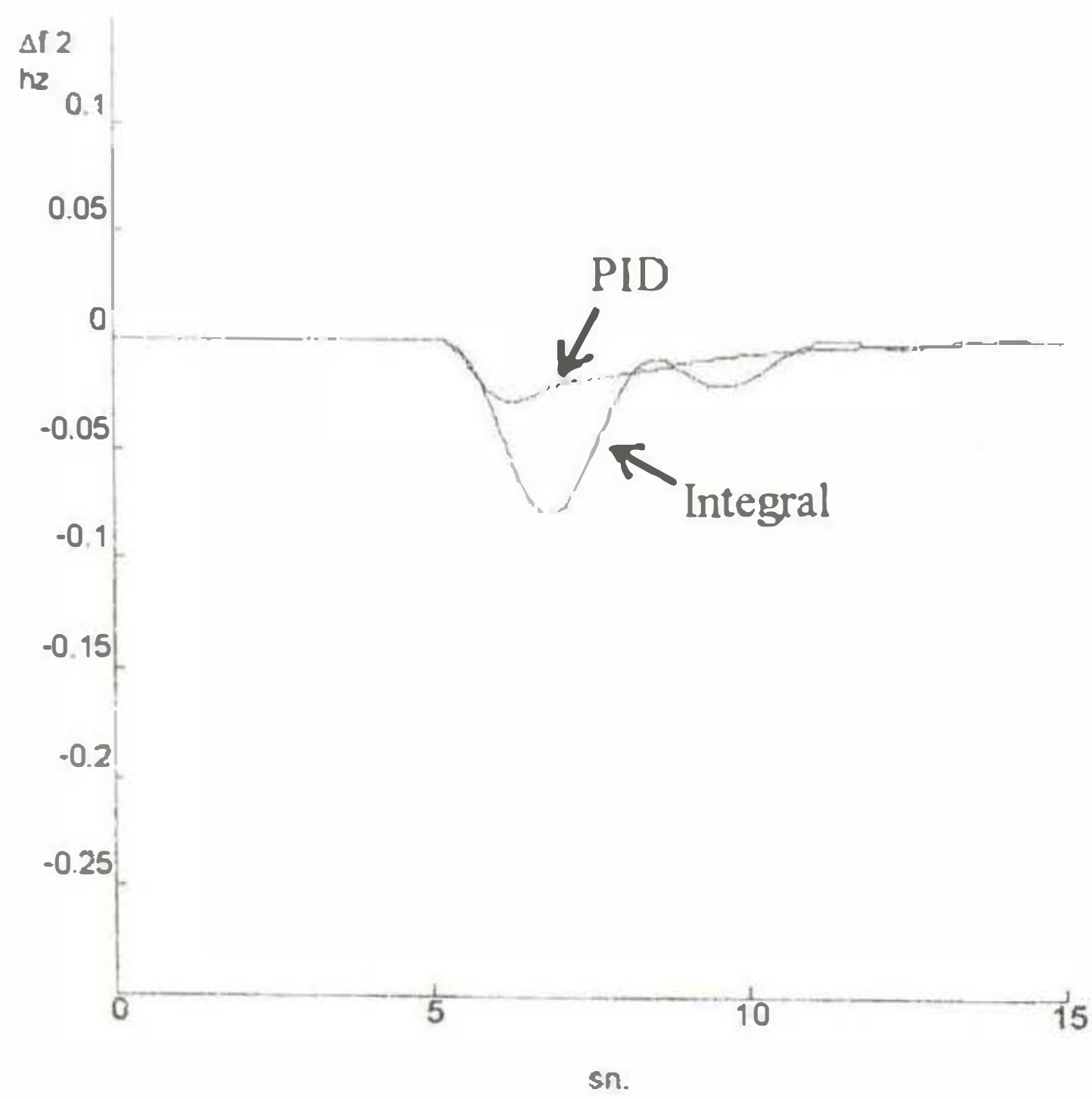
$$G_{PID}(s) = K_P + \frac{1}{s}K_I + s.K_D \quad (12)$$

IV. İKİ BÖLGELİ SİSTEMDE PID YÜK FREKANS DENETİMİ

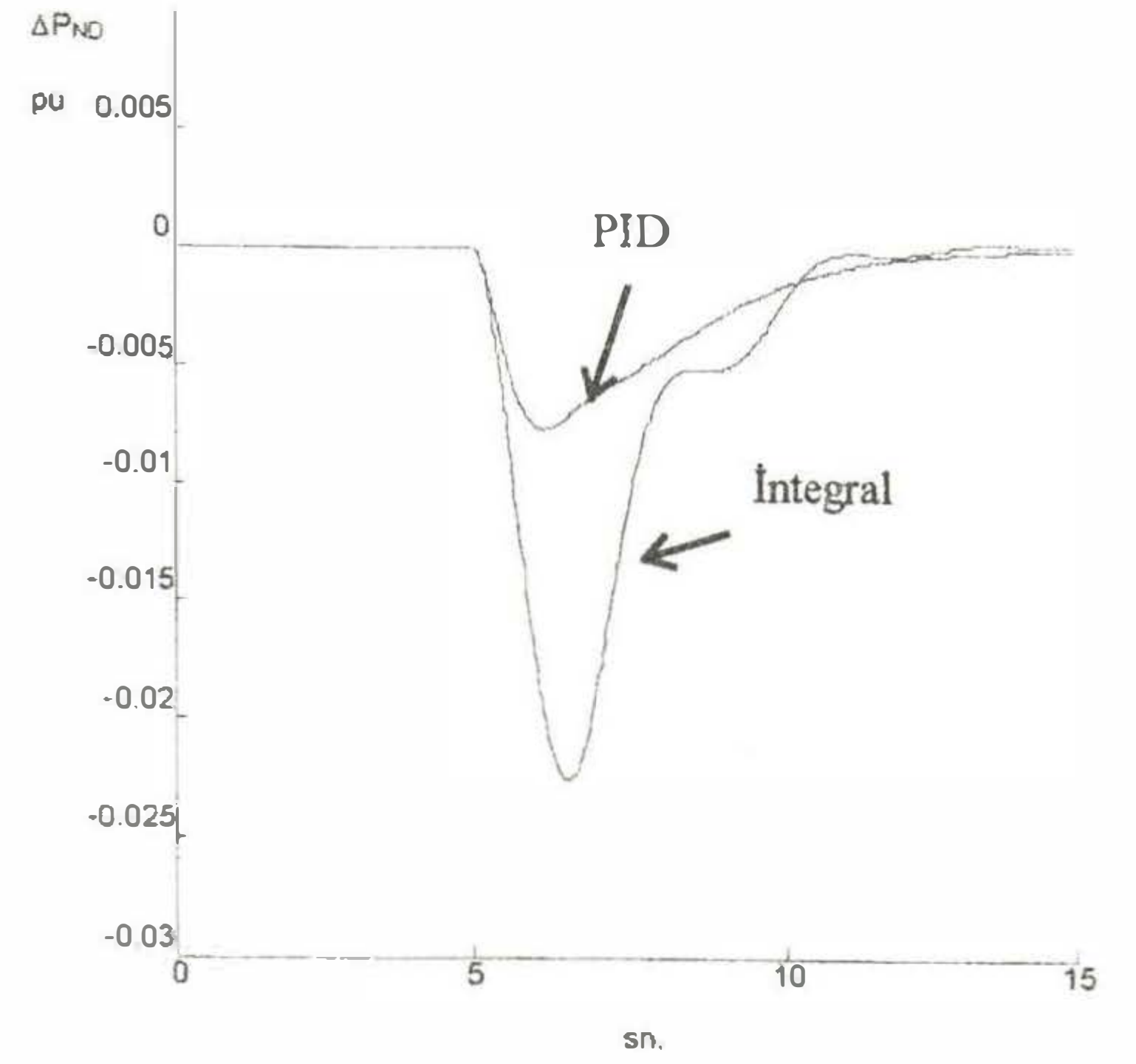
Bu çalışmada incelenen örnek sisteme ait parametreler ek-1'de verilmektedir. Şekil.3'deki gibi bir modelin bilgisayarda kurularak, benzetimler gerçekleştirilmiştir. Birinci bölgede meydana gelen yük artışı karşısında her iki bölgedeki frekans da değişimler meydana gelmiştir. Bu değişimlerin etkisini minimuma indirmek için her iki bölgede üretim denetimi gerçekleştirilmiştir. Yapılan incelemelerin üstünlüğünü vurgulamak için integral denetleyicili sistemle karşılaştırma yapılmıştır.



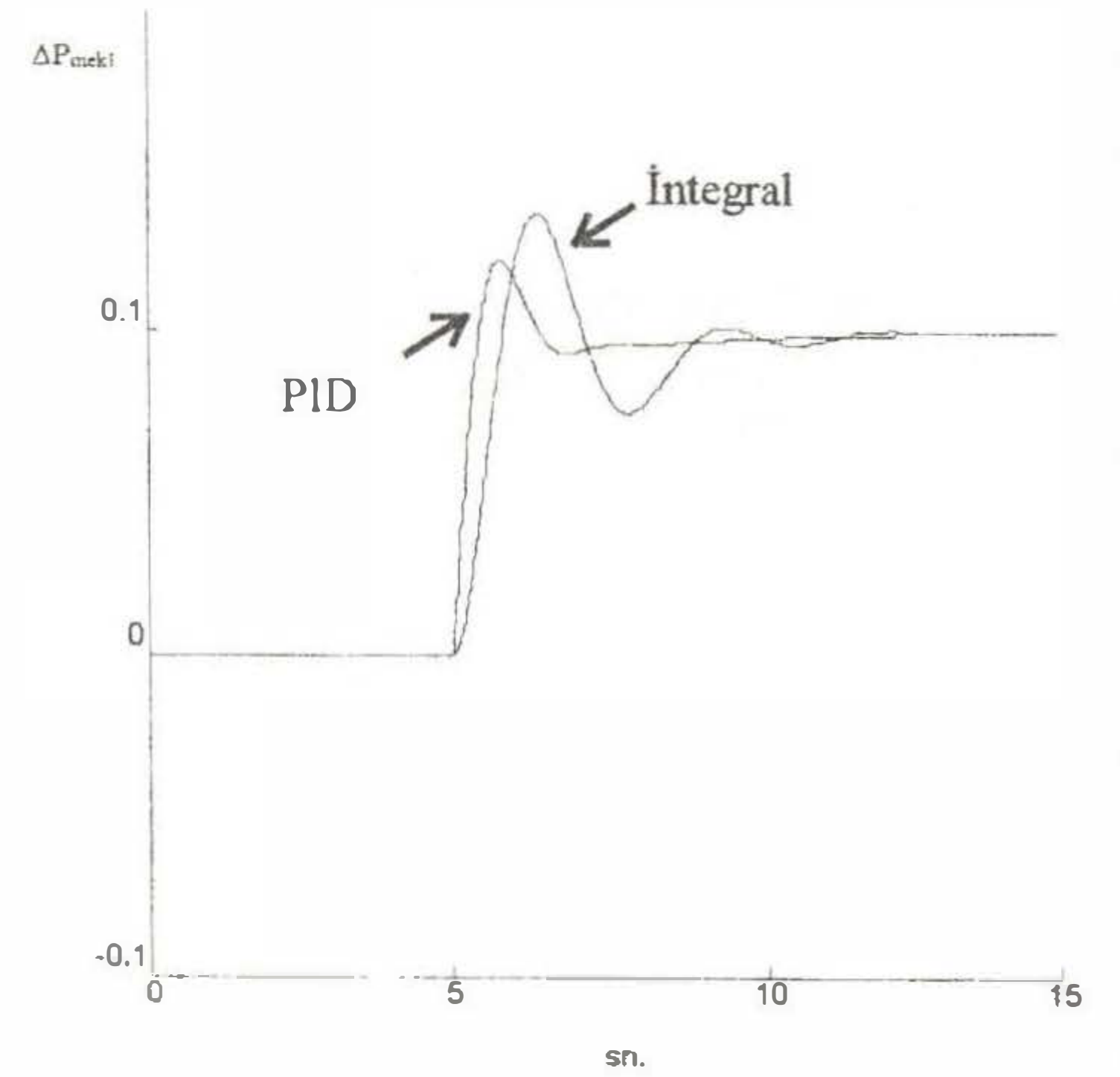
Şekil.4 Birinci Bölgedeki Frekans Değişimi



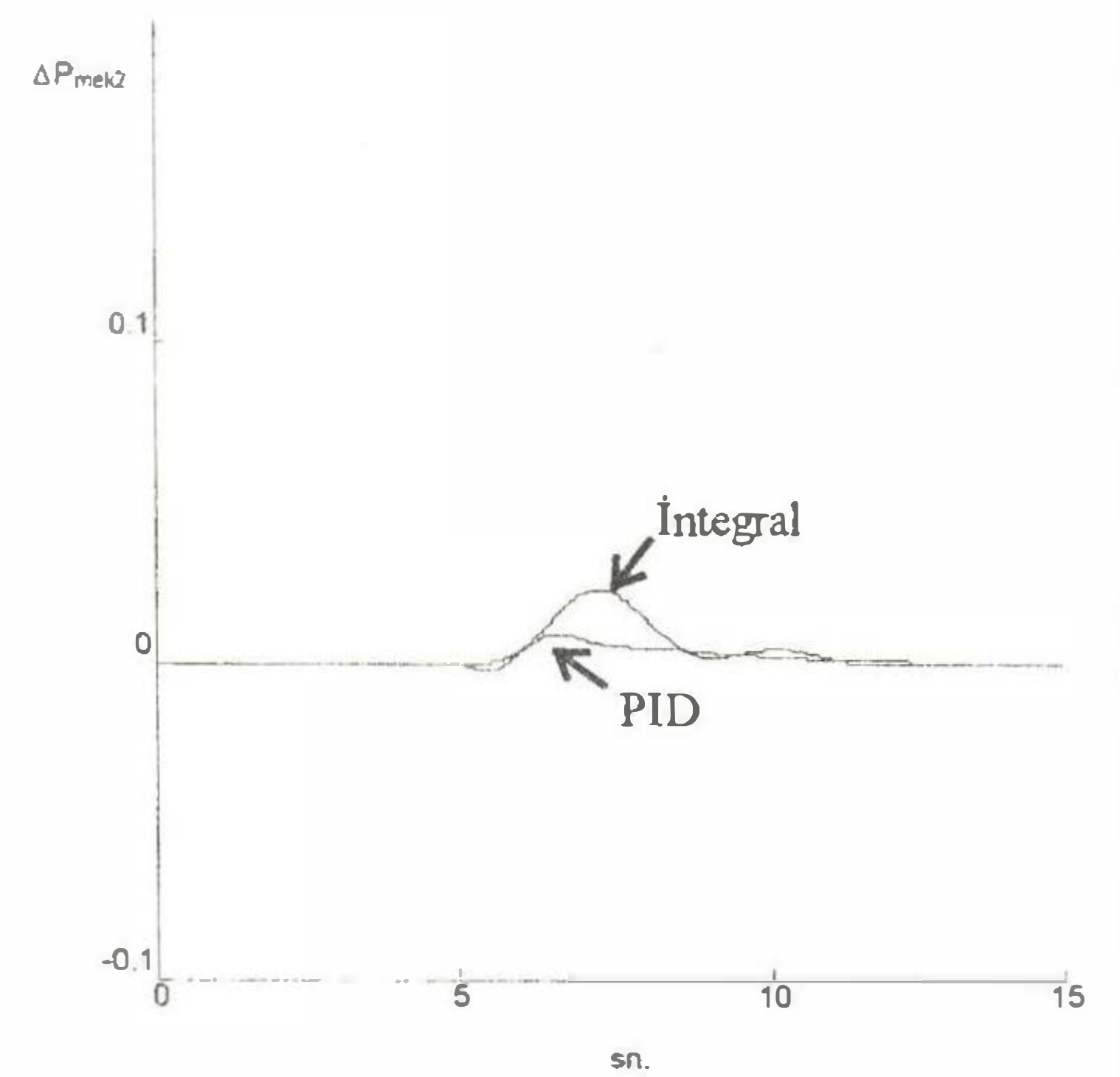
Şekil.5 İkinci Bölgedeki Frekans Değişimi



Şekil 6. P_{ND} Değişimi



Şekil 7. Birinci Bölgede P_{MEK} Değişimi



Şekil 8. İkinci Bölgede P_{MEK} Değişimi

V. SONUÇLAR

Yukarıda verilen benzetim sonuçlarından da görüldüğü gibi PID denetleyiciler, klasik integral denetleyicilere göre daha başarılı olmuştur. Frekans değişiminin genliği ve sönme zamanı integral denetleyiciye göre daha az gerçekleşmiştir. Şekil 4 ve 5'deki her iki bölge için frekans değişimlerinden bu durum kolayca anlaşılmaktadır. Yine frekansın kararlı hale getirilmesi esnasında bağlantı hattından ikinci bölgeye iletilen gücün değişimi de azalmıştır. Bu durum maliyete olumlu olarak etki etmektedir. Her iki özdeş bölgede üretilen gücün integral denetleyiciye göre daha az artış kaydetmesi, %10 luk yük artmasının en az maliyet kaybı ile denetlenmesi ilkesine de uygundur.

Görüldüğü gibi PID denetleyiciler, integral denetleyicilere göre oldukça başarılı olabilmektedir. Bunun sebebi ise, herhangi bir yük değişimi esnasında integral denetleyicilerin zaman gecikmesinin büyük olmasıdır. PID denetleyici ise hız regülatörünü daha hızlı denetleyerek, frekans kararlılığını arttırdığı gözlenmiştir. Şayet, sonsuz şebekede önerilen denetleyicinin yaygın kullanımı durumunda tüm sistemin genel performansında iyileşme olacağı sonucuna varılmıştır.

VI. KAYNAKLAR

- [1] Kundur, P., Power System Stability and Control, EPRI Power Eng. Series, 1994.
- [2] Murty, P.,S.,R., Power System Operation and Control, Tata-McGraw-Hill , 1984, New Delhi.
- [3] Indulkar, C.,S., and Baldev, R., Application of Fuzzy Controller to Automatic Generation Control, Electric Machines and Power Systems, Vol.23, pp. 209-220, 1995.
- [4] de Mello and et al, Automatic Generation Control-Part I and II, IEEE Trans. On PA&S, Vol.92, pp.710-724, March/April/1974.
- [5] Wood, A.,J., ve Wollenberg B.,F., Power Generation,Operation,and Control, John Wiley and Sons, 1984, New York.

EK-1- ÖRNEK SİSTEM PARAMETRELERİ

Her iki bölge özdeştir. Tüm parametreler her iki bölge içinde geçerlidir.

$$R=2.43$$

$$B=0.3$$

$$K_p=2$$

$$K_I=2$$

$$K_D=0.5$$

$$M=0.166$$

$$D=0.0083$$

$$T=0.1$$

EK-2 HIZ REGÜLATÖRÜ VE TÜRBİN MODELİ

Kullanılan hız regülatörü (Governor) ve türbin için transfer fonksiyonu ve zaman sabitleri aşağıda yer almaktadır.

$$G_{GOV}(s) = \frac{1}{1 + sT_G} \quad (E-1)$$

$$G_{TUR}(s) = \frac{1}{1 + sT_{CH}} \quad (E-2)$$

$$T_G=0.4 \text{ s}$$

$$T_{CH}=0.01 \text{ s}$$

;Hız Regülatörü zaman sabiti

;Türbin zaman sabiti

