



BORU HATTI PARAMETRE DEĞİŞİMLERİNE BAĞLI SEVİYE KONTROLÜNÜN DİNAMİĞİ VE KARARLILIĞI

Dynamic Analysis And Stability Assessment Of Liquid Level Control Due To Pipeline Parameters

Erol Uyar
Mücahid Candan

ÖZET

Bu çalışmada, bir su deposunun giriş ve çıkış borularındaki parametreleri olan giriş boru hattı uzunluğuna ve çıkış boru hattı yük değişimlerine bağlı, seviye kontrolü üzerindeki etki ve dinamiği modellenerek incelenmiştir. Depodaki seviyeye göre değişen debi ile beslenen giriş boru hattının uzunluğunun yarattığı ölü zaman etkisi ile çıkış boru hattındaki debi değişimleri, seviye kontrolünün iki temel bozucu faktörünü oluşturmaktadır. Bu faktörlere bağlı olarak farklı algoritmalarla kontrol edilmesi durumunda depo seviyesinin değişimi teorik olarak ele alınmış, sayısal sonuçlar, MATLAB-Simulink ortamında ve CC benzetim programı ile elde edilen eğrilerle gösterilmiştir. Değişen süreç parametrelerinin yanı sıra uygulanan sürekli ve süreksiz kontrol algoritmalarının sistem kararlılığına etkileri irdelenerek en iyi kontrol koşulları belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Boru Hattı, Kontrol, Süreç, Kontrol Parametreleri, Debi, Simulink, Ölü zaman, Kararlılık

ABSTRACT

In this study, the effects and dynamics of level control in the inlet and outlet pipes of a water tank as a function of the length of the inlet pipe and the load changes in the outlet pipe are investigated by modelling. The dead time caused by the length of the inlet pipe, which is fed by the flow rate bound to the tank level, and the flow rate changes in the outlet pipe are two main disturbances of the level control. The tank level variation is treated theoretically depending on these parameters controlled by different algorithms, and the numerical results are demonstrated in MATLAB-Simulink and CC simulation program. By studying the effects of the applied continuous and discontinuous control algorithms as well as varying process parameters on the system stability, the best control conditions are obtained.

Key Words: Pipeline, Control, Process, Control Parameters, Flow Rate, Simulink, Dead Time, Stability.

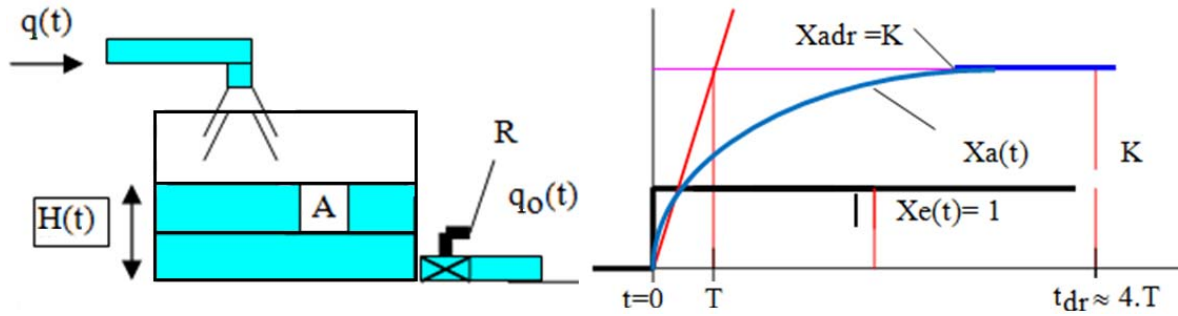
1. GİRİŞ

Su depoları kesintisiz ve güvenli su temini amacı ile değişik büyüklüklerde ve şekillerde kullanılmaktadır. Özellikle şehir şebekelerinde basınç yetersizliği nedeni ile normal zamanlarda yüksek yerleşim yerlerine su temininin mümkün olmadığı durumlarda, bu depolar tedarikte büyük önem arz etmektedir. Genelde su tüketiminin en aza düştüğü saatlerde mevcut yeterli şebeke basıncı ile dolumu sağlanan depoların uygun seviye kontrolü sayesinde en yoğun saatlerde güvenli su temini açısından önemi büyüktür.

Bu depolar aynı zamanda şebekelerde basınç dalgalanmalarının önlenmesinde de rol oynamaktadır. Örneğin; kendisinden daha yüksek seviyedeki bir depoya su basan pompa-boru hattı sisteminde, depo seviye kontrolüne bağlı durma-çalışma durumlarından kaynaklanan basınç dalgalanmaları, gerekli önlemler alınmaması durumunda rezonans oluşumu ile boruların patlamasına yol açmaktadır.

2. MATEMATİK MODEL

Şekil 1'de seviye kontrolüne girmeden önce depo-boru hattı sistemin basit matematik modellenmesi ele alınmıştır. Modelin girdileri depo su giriş debisi (Q_e) ile su çıkış debisi (Q_a), çıktısı ise depo su seviye değişimleri olarak alınmıştır.



Şekil 1. Depo seviye kontrolü şeması ve birim basamak yanıtı

Örnek olarak Şekil 1'de görülen bir $q(t)$ debisiyle dolup, $q_o(t)$ debisiyle boşalan A kesitli bir deponun $H(t)$ seviyesinin debilere bağlı olarak değişimi incelendiğinde, hidrolikteki süreklilik denklemi depo sistemi için (1)'deki gibi yazılabilir.

$$A \cdot \frac{dH(t)}{dt} = q(t) - q_o(t) \quad (1)$$

Laminar bir akış kabul edilmesi halinde depo çıkışındaki vananın hidrolik direnci R (2)'deki gibi olur. (2)'deki q_o çekilip, (1)'de yerine yazılırsa (3) elde edilir.

$$R = \frac{\Delta P}{q_o} = \frac{(P_0 + \gamma H) - P_0}{q_o} = \frac{\gamma H}{q_o} \quad (2)$$

$$\frac{AR}{\gamma} \frac{dH(t)}{dt} + H(t) = \frac{R}{\gamma} q(t) \quad (3)$$

(3)'te görüldüğü gibi depo-boru hattı hidrolik sistemi birinci mertebeden gecikmeli (BMG) bir dinamik davranışa sahiptir. Burada $T = \frac{AR}{\gamma}$ zaman sabiti, sistemin düzenli rejime geçiş sürecini tanımlayan zaman sabiti; vana direnci katsayısı R , suyun özkütlesi ρ ve A kesiti ile değişmektedir.

R ve ρ değerlerinin sabit olduğu kabul edilirse T sabiti A kesiti ile değişir. Depo kesiti arttıkça zaman sabiti, dolayısıyla da düzenli rejime geçiş süresi, yani deponun aynı seviyeye dolması için geçecek süre BMG sistemlerin genel özelliğinden düzenli rejim süresi $t_{dr} = 4T$ ile değişmektedir.

3. BİRİNCİ MERTEBEDEN GECİKMELİ SİSTEMLERİN DİNAMIĞI

Zamana bağlı dinamik davranışları (4) diferansiyel denklemiyle tanımlanan sistemlere, BMG sistemler adı verilir.

$$T \frac{dx_a(t)}{dt} + x_a(t) = Kx_e(t) \quad (4)$$

(4) denkleminde görüldüğü gibi, bu sistemler oransal davranışlı sistemlerin birinci mertebeden gecikmeli olarak da tanımlanabilir. Genel olarak enerji depolama özelliği taşıyan elemanlar (Kondansatör, yay, depo, kütle ataleti vb.) içeren sistemler, gecikmeli sistemlerdir. Fiziksel yapıları farklı olmasına rağmen pek çok teknolojik sistem BGM sistem davranışına sahiptir. Bu tür sistemlerin transfer fonksiyonu (4) denkleminde *Laplace* dönüşümü uygulanarak, (5) ifadesindeki gibi bulunur.

$$G(s) = \frac{x_a(s)}{x_e(s)} = \frac{K}{1+Ts} \quad (5)$$

(5)'te bu sistemlere has iki temel faktör olan **K** sistem kazanç faktörü, **T** sistem zaman sabiti olarak tanımlanır.

BGM bir sisteme **u(t)** ile temsil edilen *Heaviside* birim basamak fonksiyonu girdi olarak uygulanırsa, (5) ifadesine göre girdinin *Laplace* dönüşümü $L\{x_e(t)\} = X_e(s) = \frac{1}{s}$ yazılarak (6) ifadesi elde edilir.

$$X_a(s) = X_e(s)G(s) = \frac{1}{s} \frac{K}{1+Ts} \quad (6)$$

(6) ifadesine ters *Laplace* dönüşümü uygulanırsa, zaman yanıtı (7) ifadesindeki gibi elde edilir.

$$x_a(t) = K(1 - e^{-t/T}) \quad (7)$$

(7) ifadesinde elde edilen BGM sistemin birim basamak yanıtı eğrisi Şekil 1'de gösterilmiştir.

4. KONTROL TÜRLERİ VE ÖZELLİKLERİ

Bir otomatik kontrol devresinde kontrol elemanı (düzenleyici), kontrol edilmesi istenen sistem veya süreçteki fiziksel büyüklüğün (veya büyüklüklerin) istenen şartlarda veya değerlerde tutulması görevini yerine getirir. Genelde sistem parametrelerinin tasarım ve imalatla belirlenmiş değiştirilemeyen sabit parametreler olmasına karşın, değişken parametreleri sayesinde kontrol elemanına belirli dinamik davranışlar kazandırılarak sistemin en iyi kontrolü sağlanabilir. Kontrol elemanının girdisini, referans değerle, ölçülen değer farkı olan hata işareti, çıktısını ise bir kumanda (eyleyici) organını harekete geçiren (süren) kumanda işareti oluşturur. Örneğin, bir depoda seviye kontrol devresinde girdi; uygun veya istenen bir referans seviye ile depoda ölçülen gerçek seviye arasındaki fark olan hata değeri, çıktı ise depoya su yolunu açıp kapatan kontrol vanasının motoruna gönderilen kumanda işaretidir.

Kontrol elemanları veya düzenleyiciler; Sürekli (Doğrusal) ve Süreksiz (Doğrusal olmayan) düzenleyiciler olarak genellenebilir.

4.1 Sürekli Düzenleyiciler

Sürekli düzenleyicide, düzenleyici çıkışı, girdi değişikliklerine göre zamana bağlı sürekli ve çeşitli değerler alabilir. Bunun aksine süreksiz düzenleyicilerin çıktısı, girdiye bağlı ancak belirli değerleri alabilir.

Sürekli düzenleyiciler, dinamik veya zaman davranışları oransal (P), toplamsal (I) veya farksal (I) karakteristikli veya bunların birleşimi olan PI, PD, PID şeklindeki birleşimlerinden oluşan doğrusal kontrol elemanlarıdır. Genelde doğrusal ve analog olarak çalışan sürekli düzenleyicilerin dinamik davranışları transfer fonksiyonları ile tanımlanır.

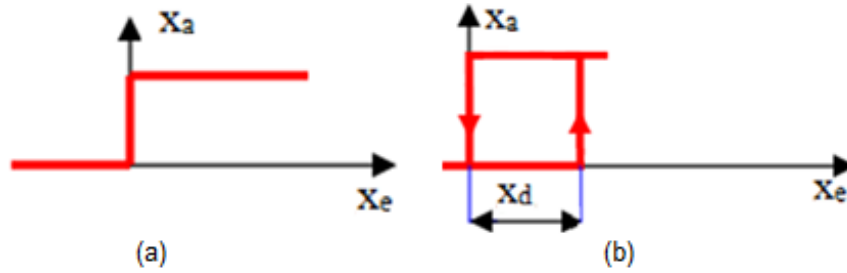
Sürekli düzenleyicilerin avantajları parametre ayar imkanları sayesinde en uygun kontrole imkan tanıması, hata ile orantılı olarak kumanda elemanının sürekli ve bütün ara değerleri alabilecek şekilde

ayarlanabilmesi, en uygun kontrol sayesinde enerji tasarrufu sağlaması ve beslendiği enerji şebekesini ve kumanda elemanlarını ani yüklemelere maruz bırakmamasıdır, böylece emniyetli uzun çalışma sağlatmasıdır. Sürekli düzenleyicilerin dezavantajları, süreksiz düzenleyicilere göre daha karmaşık ve pahalı olmaları, parametre ayarları nedeniyle daha bilgili işletmecilere ihtiyaç duyulması ve daha sık ve dikkatli bakım gereksinimleridir.

4.2. Süreksiz Düzenleyiciler

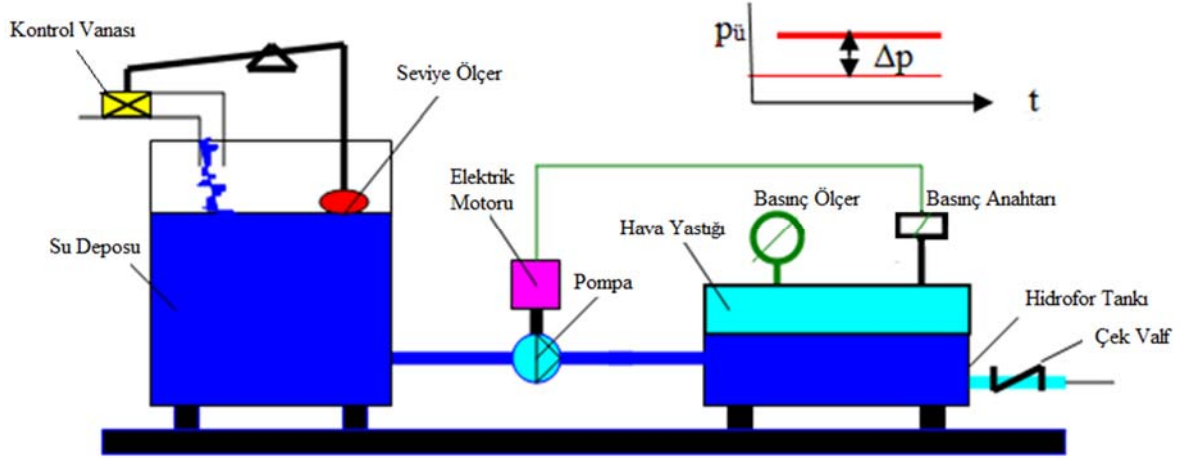
Süreksiz düzenleyicilerde kumanda işareti, sürekli düzenleyicilerin aksine sadece belirli değerleri alabilir. Bunların en yaygın kullanılan tipi olan Aç-Kapa veya iki nokta düzenleyiciler, kumanda birimine yalnızca pozitif veya negatif bir kumanda dürtüsü yollarlar. Örneğin bir vanayı tam açık veya tam kapalı konumlarına getirirler. Bu durumda kontrol büyüklüğü, iki sınır değer arasında sürekli değişir.

Aç-Kapa veya iki nokta kontrol, pratik uygulamalarda ve günlük yaşamda birçok alette kullanılan en basit kontrol türüdür. Tüm geleneksel ve yerel ısıtma-soğutma sistemlerinde (buzdolapları, bulaşık-çamaşır makineleri, fırınlar, ütüler, su ısıtıcıları vs.) kullanılan termostatlar ile klasik basınç kontrollerinde (pompa-hidrofor ve kompresör sistemlerinde) kullanılan basınç anahtarları “aç-kapa” türü kontrol elemanlarıdır. Şekil 2.a’da statik davranışı gösterilmiş olan aç-kapa bir kontrol elemanı yerine genelde belirli bir x_a anahtarlama aralığına (histeresizli) (Şekil 2.b) sahip olan aç-kapa düzenleyiciler kullanılır. Bu sayede kontrol elemanının çok sık devreye girip çıkmasından kaynaklanan sürücü kumanda elemanının (örneğin: motorun, kontaktörün, selenoidin) ömrünün kısalması ve arıza ihtimali azaltılmış olur.



Şekil 2.a İki noktalı düzenleyici elemanın statik karakteristiği ve **b.** Anahtarlama aralıklı karakteristik

Anahtarlama aralıklı kontrole örnek olarak Şekil 3’te görülen bir hidrofor deposunun basınç kontrolü verilebilir. Burada seviye kontrollü bir su deposunun bir pompa ile çekilen suyunun, hidrofor tankının üzerinde oluşan ve kontrol edilen basınçlı hava yastığı ile bir binanın üst katlarına basılması öngörülmektedir. Hava yastığının basıncı anahtarlama aralıklı bir basınç anahtarı ile kontrol edilmektedir. Basınç anahtarının üst basınç seviyesi p_u ’dür. Belirli bir basınç farkı Δp kadar farkla alt seviye basıncı p_a ayarlanmaktadır. Basınç $p_a = p_u - \Delta p$ alt değerine ulaştığında, basınç anahtarı elektrik motoruna bağlı pompayı çalıştırarak, hidrofor tankına su basılmasını ve hava yastığının sıkıştırılarak basıncının yükselmesini sağlamaktadır. Basınç p_u değerine ulaştığında ise basınç anahtarı pompayı durdurmaktadır. Bu durum basınç p_a değerine düşüncüye dek devam etmektedir.



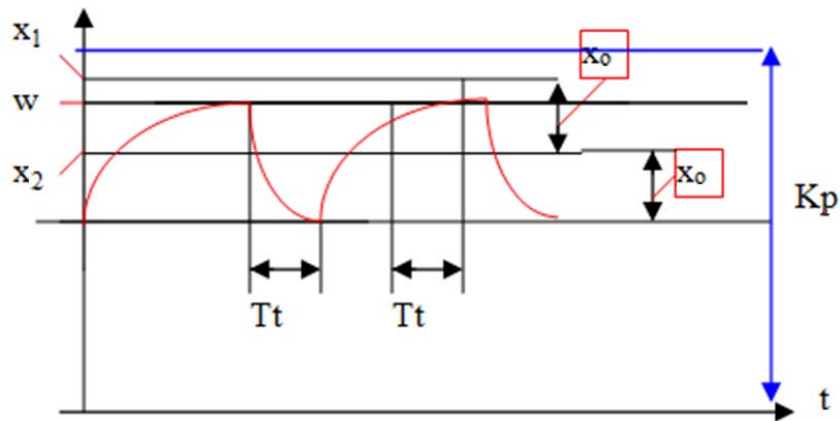
Şekil 3. Hidrofor basınç kontrol sistemi

Sürekli düzenleyicilerin avantajları basit yapıları nedeniyle ucuz olmaları, kullanım kolaylığı ve daha az bakım gereksinimidir. Sürekli düzenleyicilerin dezavantajları ise hatanın sürekli değişimine karşılık, kumanda elemanına ancak belirli konum alırdırbilmeleri yarı-açık yani ara değerleri alırdıramamaları, kontrol hassasiyetinin kötülüğü, hataya bağlı sürücü elemanın ancak belirli konumları ayarlayabilmesi, enerji akışındaki darbeleri değişimleri nedeniyle kaynak şebekelerinin olumsuz yüklenmesi, kumanda elemanlarının aşırı ve hızlı yıpranması ve en uygun ayar imkanı olmadığından daha büyük enerji kayıplarına yol açmasıdır.

5. SEVİYE KONTROL MODELİ

5.1 Birinci Mertebeden Gecikmeli (Ölü Zamanlı) Bir Sistemin Anahtarlama Aralıklı Bir Aç-Kapa Düzenleyiciyle Kontrolü

Anahtarlama aralığı x_d olan anahtarlama aralıklı bir düzenleyiciyle, ölü zamanlı ve BMG bir sistemin kontrolü durumunda, kumanda elemanı (örneğin kontrol vanasının bobini) referans seviyesinin belirli bir miktar üstüne çıktığında veya altına indiğinde kapalı veya açık duruma geçer. Ancak Şekil 2.b'de x_d ile belirtilen bu tolerans sınırlarından itibaren T_t ölü zamanı süresince seviye değişimi devam eder (Şekil 4).



Şekil 4. Titreşim genliği ve anahtarlama frekansı elde etme

Genellikle ölü zamansız ve gecikmesiz (veya çok küçük gecikmeli) sistemlerde, çıkışın referans değerine her ulaşılmasında, vanayı sık sık devreye sokup çıkarmasının önlenmesi ve anahtarlanan elemanın (örneğin vana bobini veya kontaktörün) kontaklarının erken aşınmasını önlenmesini

Boru hattının ölü zaman etkisi formüllerde 0 alınmıştır. Bu devrenin Q_A bozucu girdisinin birim basamak şeklinde değişimlerine karşılık, değişik tip düzenleyicilerle kontrolü halinde, devre hatasının zamana bağlı geçici durum davranışı, teorik olarak ele alınarak sonuçlar MATLAB ortamında simülasyonla gösterilmiştir.

Önce referans seviyenin sabit tutulduğu ($w=0$) devrenin h hatasının Q_A 'ya bağlı değişimini veren transfer fonksiyonu (12)'deki gibi olur.

$$G(s) = \frac{H(s)}{Q_A(s)} = \frac{G_M G_S}{1 + G_M G_S G_R G_R} \quad (12)$$

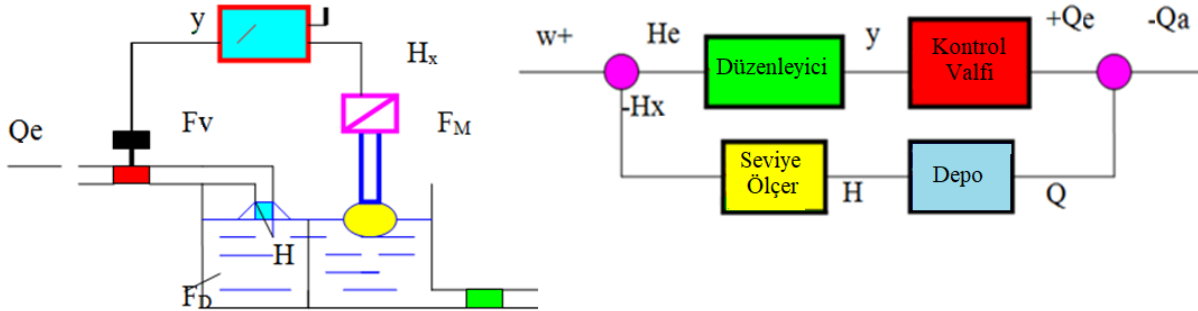
P kontrollü durumda transfer fonksiyonunda $Q_A=1/s$ konulup, $k=K_M K_S K_K$ yerine yazılırsa ve $a = \frac{1+kK}{T}$ olarak kısaltıldığında hata fonksiyonu (13)'deki gibi elde edilir. Zaman sabiti $T_p=1/a$ olmak üzere ters Laplace dönüşümü alınırsa (14) ifadesi elde edilir.

$$H(s) = \frac{a}{s(s+a)} \frac{K_M K_S}{1+kK} \quad (13)$$

$$h(t) = \frac{K_M K_S}{1+kK} (1 - e^{-at}) \quad (14)$$

6. KARARLILIK KAVRAMI

Otomatik kontrol devrelerinde ve sistemlerde kararlılık çok önemli bir kavramdır. Belirli bir fiziksel büyüklüğü kontrol etmek için oluşturulan devrenin, özellikle bozucu girdi değişimlerine karşılık her zaman öngörülen bir performansa göre (belirli bir sönümle, belirli bir süre içinde, belirli bir tepe değeri aşmadan belirli bir düzenli rejim hatası ile... gibi) referansla belirlenen bir denge konumuna ulaşması gerekir. Her dış girdi zamana bağlı dinamik bir olayı başlatıp genlik değişimlerine yol açtığından kararlı bir sistemin zamanla kendi içinde bu değişimleri sönümleyerek bir denge konumuna ulaşması beklenir.



Şekil 6. Seviye kontrol devresi ve blok diyagramı

Örnek olarak Şekil 6'de görülen seviye kontrol devresinde H depo seviyesi, giren Q_e ve çekilen Q_a debilerine bağlı olarak değişmektedir. Burada amaç; özellikle bozucu etki yaratan Q_a debisine göre referans seviye w değerini sabit tutmaktır. Bunun içinde belirli bir Q_{a0} tüketiminde referans seviyeyi tutmak için giren debi Q_{e0} ise; Q_a 'da meydana gelecek bir azalma durumunda denetleyicinin de vanayı aynı oranda kısması ve referans seviyeyi istenen bir performansla tekrar dengeye getirmesi kararlı bir devrenin gereğidir.

Q_a debisinin azalması halinde vana kısalmazsa veya tam tersi artması durumunda girişi açamazsa depo taşar veya boşalır. Bu durumda referans hiçbir şekilde tutulmadığı gibi sistem kararsız hale gelmiş olur. Şekil 6'daki devrede değişik nedenlerle devre kazancının artması (yanlış düzenleyici kazancı gibi), sistemdeki gecikmeli elemanların katacağı negatif faz veya ölü zaman etkileri (örneğin su girişi

debisini kontrol eden valf ile depo arasındaki aşırı uzun boru hattı gibi) devrenin kararlılığını bozan başlıca unsurlardır. Bu konular aşağıda detaylı olarak ele alınarak, teorik olarak incelenmiştir.

Girdisi X_e çıktısı da X_a değişkenleri olan ve bunlar arasındaki dinamik ilişki (15) diferansiyel denklemiyle tanımlanan bir kontrol devresi; girdisinin basamak veya dürtü şeklindeki değişimlerine karşılık çıktısının belirli bir geçici durum davranışından sonra düzenli rejimde değişmeyen kalıcı bir denge durumuna ulaşması halinde kararlıdır denir. Diğer bir deyişle; serbest harekete zorlanan dinamik bir sistem zamanla bir denge konumuna ulaşabilir ise bu sistem kararlıdır.

$$A_n X_a^{(n)}(t) + \dots + A_2 X_a''(t) + A_1 X_a'(t) + A_0 X_a(t) = B_m X_e^{(m)}(t) + \dots + B_2 X_e''(t) + B_1 X_e'(t) + B_0 X_e(t) \quad (14)$$

Kararlılık tanımına göre (14)'teki gibi bir diferansiyel denklemle tanımlanan doğrusal bir sistemin serbest hareketini tanımlayan homojen çözümü sönmülenen bir fonksiyon şeklinde ise sistem kararlıdır. Bu durum ise ancak diferansiyel denkleminin homojen çözümünü belirleyen karakteristik polinomunun tüm köklerinin gerçekte kısımlarının negatif olması ile mümkündür. Tüm bu açıklamalardan sonra kararlılığın tamamen sistemin yapısına bağlı olduğu ve girdi ile çıktılardan, bunların değişim şekillerinden bağımsız olduğu anlaşılabilir. Bu durum sistemin birim dürtü yanıtına bakarak da görülebilir. Durgun durumda olan sistemin *Laplace* dönüşümü alınıp, transfer fonksiyonu yazılırsa (15) ifadesi elde edilir. Ters *Laplace* dönüşümü ile zaman yanıtı (16) ifadesindeki gibi bulunur .

$$G(s) = \frac{x_a(s)}{x_e(s)} = \frac{A_n s^n + A_{n-1} s^{n-1} + A_2 s^2 + A_1 s + A_0}{B_m s^m + B_{m-1} s^{m-1} + B_1 s + B_0} \quad (15)$$

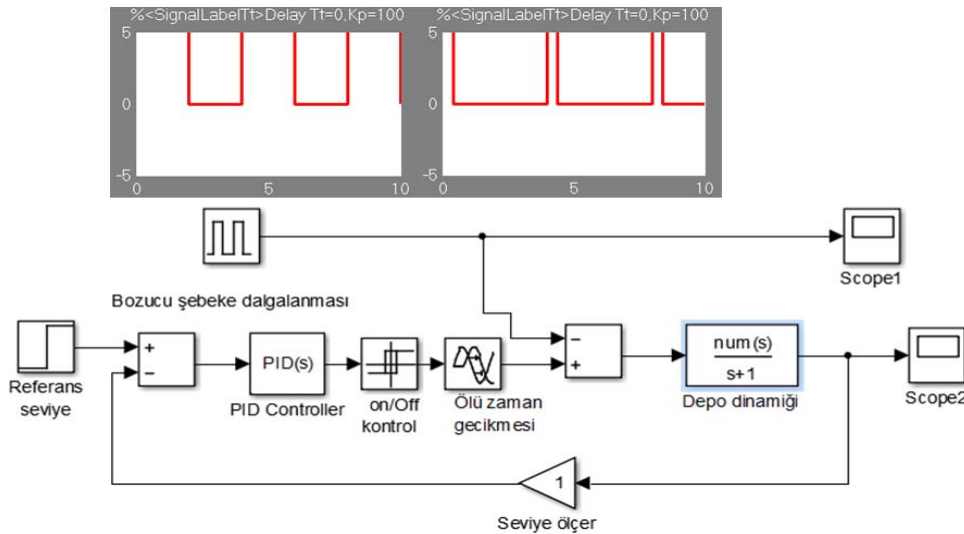
$$x_a(t) = A_1 e^{-s_1 t} + A_2 e^{-s_2 t} + \dots + A_n e^{-s_n t} = \sum_{i=1}^n A_i e^{-s_i t} \quad (15)$$

(15)teki ifadede karakteristik polinomun köklerine eşdeğer olan üstel terimlerin negatif olması durumunda sönmülenen kararlı bir durum elde edilir.

7. MATLAB SİMÜLASYONU

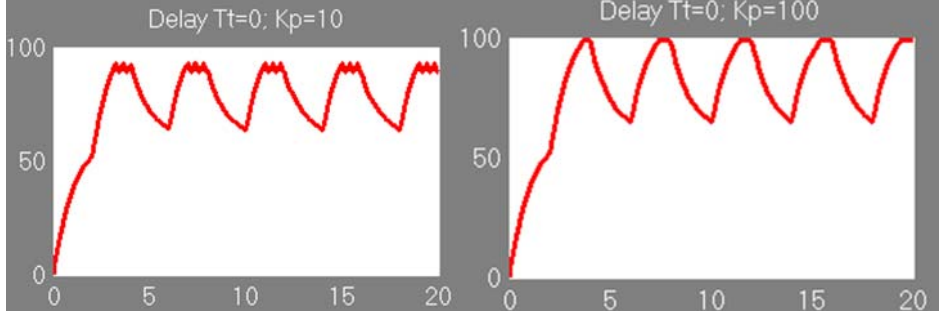
7.1. Doğrusal Olmayan Kontrol Uygulaması

Şekil 7'de önce oransal kazanç ile desteklenen anahtarlama aralıklı aç/kapa kontrol uygulanan seviye kontrolünün simülasyon blok diyagramı görülmektedir. Burada şebekede oluşan ve frekansı ile genliği ve etki süresi değişen bozucu girdi etkisi yaratan dalgalanmalar uygun sinyal kaynağı ile simüle edilmiştir.

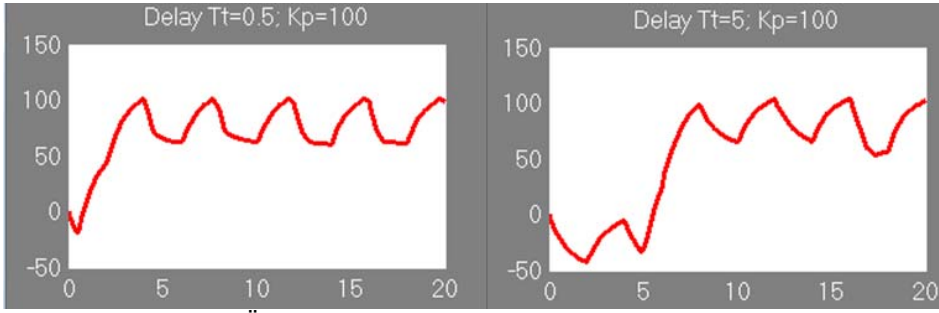


Şekil 7. Simulink şeması ve girdiler

Diğer bozucu girdi etkisi giriş boru hattının uzunluğu ve suyun akış hızına bağlı değişen gecikme elemanı ile, depo ise BMG bir sistem transfer fonksiyonu ile ifade edilmiştir. Sistem özellikle ölü zaman ile şebeke dalgalanmalarının genlik ve frekansına bağlı kararlılığı incelenmiş ve sonuçlar Şekil 8 ve 10'daki simülasyon sonuçları ile gösterilmiştir. Düşük kazançta ($K_p=20$) bozulmalar gösteren geçici durum davranışının artan kazançla ($K_p=100$) düzeldiği; aynı kazançta ölü zamanın artması ile bozulduğu gözlenmektedir.



Şekil 8. Kazançla geçici durum davranışının değişimi

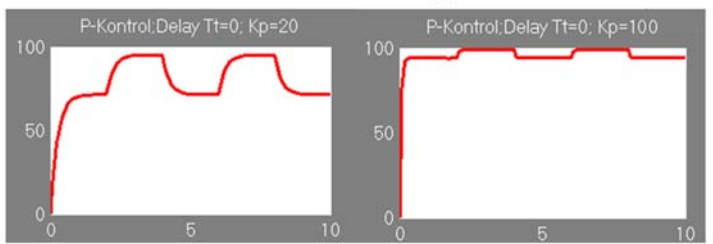
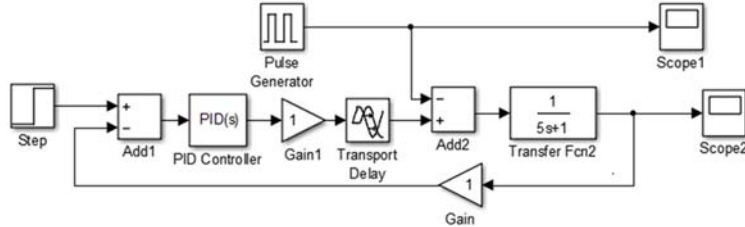


Şekil 9. Ölü zamanla geçici durum davranışının değişimi

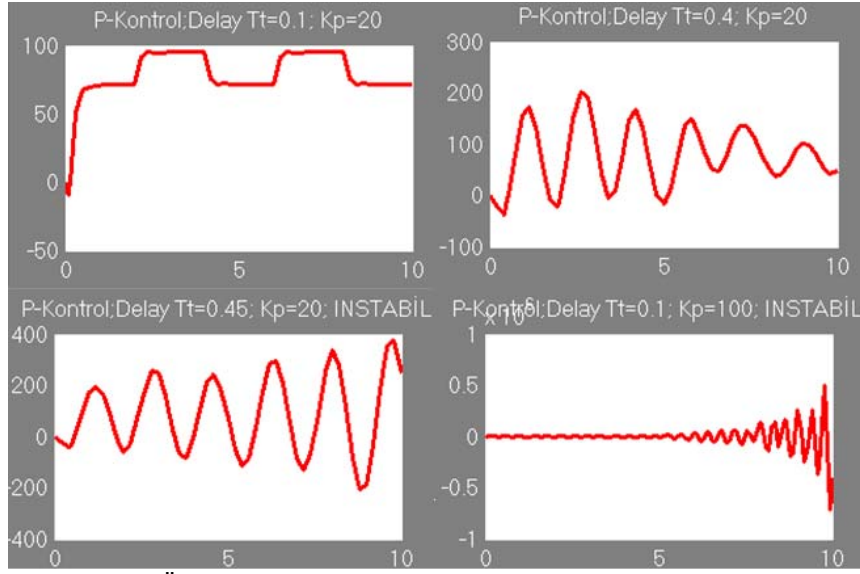
Doğrusal olmayan kontrol elemanının üst ve alt seviye sınırları 100 ve 80 olarak seçilmiştir. Bu değerlerin hafifçe alt ve üstüne çıkılması borularda su dolmu ve kesilmesindeki gecikmeden kaynaklanmaktadır.

7.2. Sürekli Kontrol Uygulaması

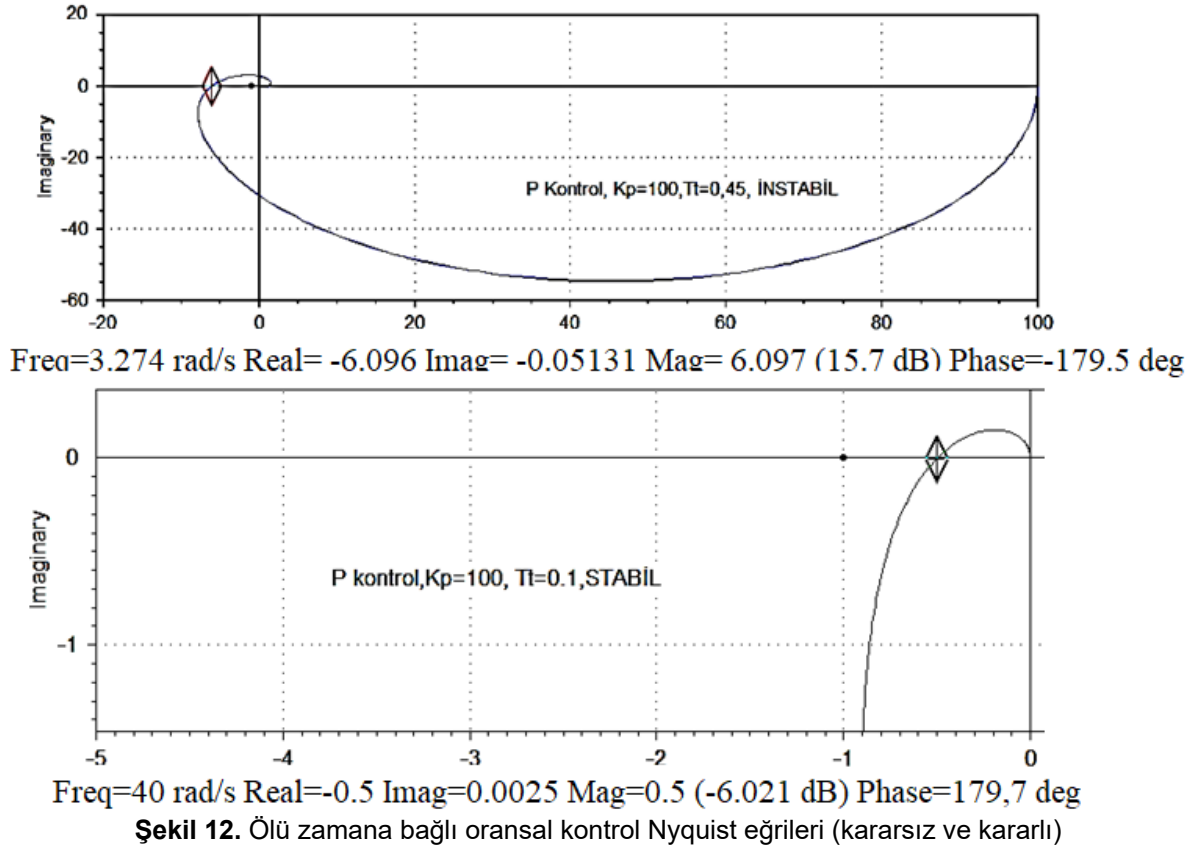
Şekil 10'de blok diyagramı görülen simülasyon devresine ait kazanç ve ölü zamana bağlı geçici durum eğrileri verilmiştir. Şekil 11 ve Şekil 12'de artan kazançla borulardaki basınç dalgalanmalarının azaldığı, artan ölü zamanla seviye dalgalanmalarının giderek arttığı ve belirli bir değerden sonra ($T_t=0.45$) kararsızlık yani rezonans oluştuğu, depo seviyesinin zamanla taşma konumuna yaklaştığı görülmektedir.



Şekil 10. Blok diyagramı ve kazançla geçici durum değişimi



Şekil 11. Ölü zamanla geçici durum değişimi (Rezonans oluşumu)

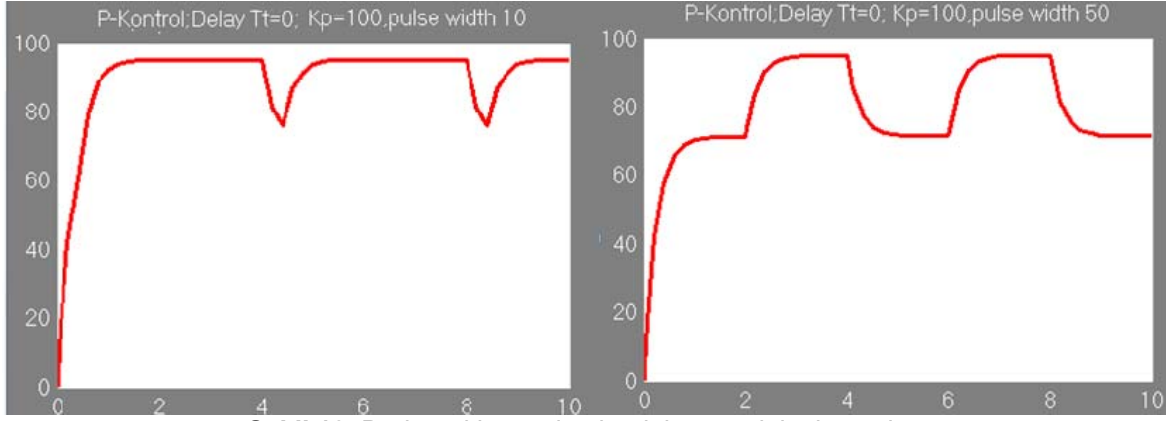


Şekil 12. Ölü zamana bağlı oransal kontrol Nyquist eğrileri (kararsız ve kararlı)

8. SONUÇLAR VE İRDELEME

Bu çalışmada oransal ve doğrusal olmayan elemanlarla seviye kontrolü uygulanan bir depo-boru hattı hidrolik sisteminde ölü zaman, kazanç ve şebeke basınç dalgalanmalarına bağlı dinamik değişimleri, zaman ve frekans davranışı olarak MATLAB ve CC simülasyon ortamında incelenmiş sonuçlar

eğrilerle gösterilmiştir. Teorik bilgilerin simülasyonla sayısal olarak değerlendirilmesi sonucu kontrol türlerinin uygulamaya yönelik karşılaştırılması yapılmıştır. Darbe etki sürecine bağlı basınç dalgalanmaları özel bir sinyal kaynağı ile simüle edilerek (Şekil 13) kontrol dinamiğine etkisi incelenmiştir.



Şekil 13. Darbe etki sürecine bağlı basınç dalgalanmaları

KAYNAKLAR

- [1] UYAR E., "Sistem Dinamiği ve Otomatik Kontrol", DEÜ Ders Kitabı . Yayın No:118, 1986.
- [2] UYAR. E ., "Vanalar,Flanşlar ve Armatürler", Anagold Eğitimi. 2018 İliç - Erzincan.
- [3] RTK, REGELTECHNIK , "Absperrventile und Regelventile", Produkte .Kornwestheim-Deutschland
- [4] ASCO, "Einführung in die Ventiltechnik. Vo20.
- [5] DIN EN 60534-8-3:2011-10,"Stellventile für die Prozessregelung "
- [6] UYAR.E, MUTLU. L, CANDAN M., "Bir Kontrol Vanasının Dinamik Modellemesi ve Simülasyonu." Teskon 2018
- [7] R.Dorf-Bishop.Modern Control Systems.5.th edition.
- [8] Ogata K.Modern control engineering. 3.th edition
- [9] Raven F. Automatic control engineering.2.th edition
- [10] Cuo B. Automatic control systems.J.Wiley Book Inc.

ÖZGEÇMİŞ

Erol UYAR

1945 yılı İzmir doğumludur. 1970 yılında Stuttgart Üniversitesi Makine Mühendisliğinden mezun olmuştur. 1976 yılında Ege Üniversitesi Makine Mühendislik Bilimleri Fakültesi'nden doktor mühendis ünvanını almıştır. 1981 yılında Ege Üniversitesi Makine Fakültesi'nden doçentlik, 1989 yılında Dokuz Eylül Üniversitesi – Müh. Mim. Fakültesi'nden profesörlük ünvanını almıştır. Dokuz Eylül Üniversitesi Makine Mühendisliği – Makine Teorisi ve Dinamiği Ana Bilim Dalında Otomatik Kontrol, Sistem Dinamiği, Elektriksel Otomasyon ve Mekatronik derslerini vermiştir, emekliye ayrılmıştır. Halen Ege Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü Mekatronik Laboratuvarında öğrencileriyle çalışmalarına devam etmektedir.

Mücahid CANDAN

1989 yılı Bursa doğumludur. 2007 yılında UÜ. Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Elektronik Mühendisliği Bölümünü bitirmiştir, çift anadal yaparak devam ettiği Makine Mühendisliği bölümünü terk etmiştir.



2014 yılında Ege Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümünün Elektronik Anabilim dalından Yüksek Mühendis olarak mezun olmuştur, 2015 yılında aynı üniversitenin aynı bölüm ve anabilim dalında Doktora başlamış, 2019'da bırakmıştır. Ardından aynı üniversitenin Güneş Enerjisi Enstitüsünde doktora başlamıştır, tez aşamasındadır. 2011-2013 yılları arasında aynı üniversitede gönüllü olarak Laboratuvar Araştırmacısı olarak görev yapmıştır. Aynı zamanda FESTO İzmir şubesinde 6 ay boyunca kısmi zamanlı olarak sektör araştırmacısı olarak çalışmıştır. 2013-2015 yılları arasında TÜBİTAK projesinde araştırmacı bursiyer olarak görev almıştır. 2015'te DEU Park'ta Innolife firmasında da 7 ay boyunca araştırma-geliştirme yöneticisi olarak görev yapmıştır. 2016 yılından beri Ege Üniversitesi Ege MYO Mekatronik Programında Öğretim Görevlisi Uzman olarak görev yapmaktadır. Akıllı sistemler, görüntü işleme, yenilenebilir enerji teknolojileri, mekanik ve kontrol sistemleri alanında çalışmaktadır. Çalışmalarına Ege MYO Mekatronik Laboratuvarında devam etmektedir. Önümüzdeki yıl doktora çalışmaları için Fraunhofer ISE / Almanya'da bulunacaktır.