

**ÇOKLU TANK SİSTEMLERİNDE GÖZLEYİCİ TABANLI
SİSTEM ARIZASININ TESPİTİ VE İZOLASYONU**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Müh. Murat AYDEMİR
(504001263)**

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Fikret ÇALIŞKAN

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 8 Mayıs 2006
Tezin Savunulduğu Tarih : 9 Haziran 2006**

**Tez Danışmanı : Yrd.Doç.Dr. Fikret ÇALIŞKAN
Diğer Jüri Üyeleri Prof.Dr. Chingiz HAJIYEV
Doç.Dr. Hakan TEMELTAŞ**

ÖNSÖZ

Yapılan bu çalışmada, lineer sistemlerde arıza tespit gözleyicisi kullanılarak Arıza Tespit ve İzolasyon yöntemi incelenmiştir. Birinci bölümde Arıza Tespit ve Teşhis yöntemi hakkında bilgi verilmiş bu sistemin geçmişten günümüze olan gelişim süreci değerlendirilmiştir.

İkinci kısımda Arıza Tespit ve Teşhis sistemlerinin entegrasyonu anlatılmış, ilgili yaklaşımlar hakkında bilgi verilmiştir.

Üçüncü bölümde lineer sistemler için Arıza Tespit ve İzolasyon yöntemi incelenmiş, arıza tespit gözleyicileri kullanılarak bir sistemin arızalarının nasıl bulunacağı anlatılmıştır.

Dördüncü bölümde ise üçüncü bölümde anlatılan arıza tespit yöntemi dörtlü tank sistemine uygulanmış ve sistemdeki kaçak ve tıkanmaların gözleyicilerle tespit ve teşhisine ait simülasyonlara yer verilmiştir.

Son bölümde ise, tezde elde edilen veriler yorumlanmış ve önerilerde bulunulmuştur.

Tezimin hazırlanması sırasında yardımını hiçbir zaman esirgemeyen değerli hocam Yrd. Doç. Dr. Fikret ÇALIŞKAN'a teşekkürü bir borç bilirim.

MAYIS 2006

Murat AYDEMİR

İÇİNDEKİLER

TABLO LİSTESİ	V
ŞEKİL LİSTESİ	vi
SEMBOL LİSTESİ	vii
1. ARIZA TESPİTİ VE TEŞHİSİNE GİRİŞ.....	1
1.1 Giriş	1
1.2. Arıza Tespit ve Teşhisinin Kapsamı	3
1.3. Arıza Tespit ve Teşhisinin Performansı	6
1.4. Sağlamlık.....	7
2. ARIZA TESPİT VE TEŞHİS YÖNTEMLERİNİN ENTEGRASYONU.....	10
2.1. Arıza Tespiti ve Ayrımı	10
2.2. Arıza Tespiti ve Teşhisinde Yaklaşımlar	12
2.2.1. Modele Dayanmayan Metotlar.....	12
2.2.2. Model – Tabanlı Arıza Bulma Metotları.....	13
2.2.3. Model-Tabanlı Arıza Belirleme Metotlarının Uygulanabilirliği.....	15
2.2.3.1. Model-tabanlı arıza belirleme yaklaşımları	15
2.2.3.2. Arıza modelleme	17
2.2.3.3. Nicel model-tabanlı arıza belirleme metotlarının uygunluğu	18
2.2.4 Farklı Arıza Belirleme Metotlarının Entegrasyonu	19
3. LİNEER SİSTEMLER İÇİN ARIZA TESPİT VE İZOLASYON	21
3.1. Problem Formülasyonu	21
3.1.1. Arıza modları ile birlikte sistem modeli.....	21
3.1.2 Gözleyici kullanarak arıza tespiti.....	22
3.2. Arıza Tespiti İçin Gözleyici	23
3.2.1. Tespit gözleyicilerinin tanımı	23
3.2.2 Arıza tespit edilebilirliği	24
3.3. Arıza İzolasyon Mantiğı.....	24
3.3.1. Arıza izolasyon problemi	24
3.3.2 Arıza izolasyon mantığı	25
3.4. Algılayıcılar.....	25
3.4.1. Seviye Algılayıcıları	26
3.4.1.1. İletkenlik ile Seviye Ölçümü.....	26
3.4.1.2. Kapasitif Seviye Ölçümü	26
4. SİSTEMİN TANITIMI VE SİMÜLASYONLAR	27
4.1 Arızasız Durum	30
4.2 Kaçak Durumu	34
4.3 Tıkanma Durumu	40
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	46
KAYNAKLAR	47

EK (PROGRAM).....	48
ÖZGEÇMİŞ.....	54

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 4.1: Pilot sisteme ait arıza imza matrisi.....	28

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1: : Arıza tespiti ve teşhisinin görevleri.....	5
Şekil 2.1: : Model bazlı arıza tespit ve teşhisinin safhaları.....	14
Şekil 4.1: : Dört-tank sistemi... ..	26
Şekil 4.2: : Arızasız durumdaki tank seviyelerinin değişim grafiği.....	29
Şekil 4.3: : Arızasız durumda elde edilen tank seviyeleri	30
Şekil 4.4: : 3 Arızasız durumdaki gözleyicilerin durumu	30
Şekil 4.5: : Arızasız durumdaki hata grafiği (Ayrıntılı).....	31
Şekil 4.6: : 3. tankta 30. dakikadan sonra 25 cm ² kaçak olduğu zaman tanklardaki su seviyelerinin değişimi	32
Şekil 4.7: : 3. tankta kaçak varken gözleyicilerin durumu	33
Şekil 4.8: : Tankta meydana gelen arıza durumunda hata grafiği	33
Şekil 4.9: : Normal (kırmızı), Hatasız Gözleyici (yeşil) , Hatalı tank (mavi) çıkışlarının; Her bir tank için ayrı ayrı grafiklerde gösterilmesi	34
Şekil 4.10: : Her tank için oluşan Hatanın ayrı ayrı grafiklerde gösterilmesi	34
Şekil 4.11: : 3. tankta tüm olayların (Normal, Gözleyicili, Arızalı) durumlar ve bu tanktaki Hatanın grafikte gösterilmesi	35
Şekil 4.12: : 3. tankta 30. dakikadan sonra 25 cm ² tıkanma olduğu zaman tanklardaki su seviyelerinin değişimi	36
Şekil 4.13: : 3. tankta tıkanma varken gözleyicilerin durumu.....	37
Şekil 4.14: : Tankta meydana gelen arıza durumunda hata grafiği	37
Şekil 4.15: : Normal (kırmızı), Hatasız Gözleyici (yeşil) , Hatalı tank (mavi) çıkışlarının; Her bir tank için ayrı ayrı grafiklerde gösterilmesi	38
Şekil 4.16: : Her tank için oluşan Hatanın ayrı ayrı grafiklerde gösterilmesi	38
Şekil 4.17: : 3. tankta tüm olayların (Normal, Gözleyicili, Arızalı) durumlar ve bu tanktaki Hatanın grafikte gösterilmesi	39

SEMBOL LİSTESİ

$x(t)$	: n boyutlu durum vektörü
$u(t)$	: Giriş vektörü
$y(t)$	: m boyutlu çıkış vektörü
L_i	: Bir sabit matris, [4x8] boyutlu
m_i	: Bilinmeyen zaman değişken vektörü
A_i	: i. tankın kesiti, 500 cm ² (tüm tanklar)
x_i	: i. tankın su seviyesi, cm
u_1	: 1. tanka su akışı, c.c./s
g	: Yerçekimi sabiti
A	: Sistem matrisi
B	: Kontrol giriş matrisi
C	: Ölçme matrisi

ÇOKLU TANK SİSTEMLERİNDE GÖZLEYİCİ TABANLI SİSTEM ARIZASININ TESPİTİ VE İZOLASYONU

ÖZET

Bu çalışmada, üretim tesisleri, makineler, taşıtlar, aygıtlar vs gibi mühendislik sistemlerinde oluşabilecek arızaların tespit ve teşhis yöntemleri incelenmiştir. İnsanoğlunun kullandığı makinelerde oluşan arızaları tespit etmesi tarihsel süreç boyunca değişik metotlarla sağlanmıştır. Önceleri duyularımızla yapılan bu işlem yerini zamanla daha teknik bir boyuta bırakmıştır. Bu tezde arıza tespit yöntemleri hakkında bilgi verilmiş ve lineer sistemler için arıza tespit ve izolasyon yöntemi incelenmiş, arıza tespit gözleyicileri kullanılarak bir sistemin arızalarının nasıl bulunacağı anlatılmıştır. Uygulama olarak da; arıza tespit yöntemi dörtlü tank sistemine uygulanmış ve sistemdeki kaçaklar ve tıkanmalar gözleyiciler sayesinde tespit edilen simülasyon sonuçları grafiksel olarak verilmiştir.

A FAULT DETECTION AND ISOLATION METHOD OF AN OBSERVER BASED SYSTEM IN MULTITANK SYSTEM

SUMMARY

In this thesis, fault detection and isolation techniques are investigated at production establishment, machines, vehicles etc. Mankind has used several methods for finding faults at using machines in the course of time. Previously fault detections were proved by human senses, but after the technological development it has been replaced by technical methods. Fault detection and isolation methods for the linear systems are defined and examined in this study. And also it is explained that how to find fault of a system using the fault detection observers. For the application, fault detection method is applied to a four-tank system and leakage and clogging in the system are detected by the fault detection scheme. And also, result of the application is simulated in the graphics.

1. ARIZA TESPİTİ VE TEŞHİSİNE GİRİŞ

1.1 Giriş

İnsanlar makineler yapmaya başladıklarından beri, onların durumları hakkında doğal olarak endişeli olmuşlardır. Yüzyıllarca, kusurlu işlevleri ve onların oluşum yerlerini öğrenmenin tek yolu biyolojik duyularla mümkün olmuştur (ki bu hala geniş çapta uygulanan bir yaklaşımdır): şekil yada renkteki değişimleri görme, güç yada şiddet açısından anormal sesleri dinleme, ısı yada titreşimi hissetmek için dokunma ve kaçak yada aşırı ısınmadan kaynaklanan pis kokulu gazları koklama. Daha sonraları, önemli fiziksel değişkenler hakkında daha fazla tam bilgi sağlayan ölçüm cihazları ortaya çıkmıştır. Ancak, bu cihazlar da (sensörler) kusurlu işlemeye eğilimli çıkmış ve yanlış alarmlar ikilemine sebep olmuştur. Sensörler, arızalarının etkilerinin daha doğrudan ve harap edici olabileceği ve insan faktörünün genellikle süreçten çıkarıldığı makinelerin otomatik kontrollerinde uygulandıklarında, arıza potansiyelleri daha da kritik bir mevzu haline gelmiştir. [1]

Etkili bir gelişme, bilgisayarın gelişi ve gerçek zamanlı uygulamasının çoğalması ile ortaya çıkmıştır. Makinelerin otomatik gözetim ve denetimi bilgisayarlara emanet edilmeye başlamıştır. Bilgisayarlar farklı kaynaklardan gelen bilgileri birleştirerek daha karmaşık bir sistemde bile, yanlış alarmlardan sorumlu sensörler de dahil olmak üzere her türlü arızalı bileşenin yerini saptamasına olanak sağlamıştır. Bilgisayarın hızlanmaları, makinelerin işleminde mühim aksamalara sebep olabilecek arızaların tespit edilmesine olanak sağlamıştır. (Bilgisayarların hızı da ayrıca makineler çalışırken önemli bozulmalara sebep olmadan önce, arızalar gelişirken bunların yakalanması mümkün hale getirmesidir.) [1]

Başlangıçta, bilgisayarlar karmaşık ve pahalı olup özel bir işletim ortamı gerektirirdi. Sadece kendileri de karmaşık olan ve bilgisayarlara ayarlanması pahalı olan makinelere uygulanabilirlerdi. İlk olarak, enerji santralleri, petrol rafinerileri, kimya fabrikaları,

elik imalathaneleri ve kağıt yapım makineleri gibi büyük endüstriyel tesisler bilgisayarlı durum gözetim sistemi ile donatılmıştı. Bunu büyük gemiler ve uçaklar gibi başlıca ulaşım gereçlerindeki benzer uygulamalar takip etti. Bu tarz sistemlerde, merkezi bir bilgisayar yüzlerce hatta binlerce ölçüm okur ve onlarca yada yüzlerce kontrol döngüsünü denetlerdi. [1]

Mikroişlemcinin gelişiyile durum oldukça değışti. İşlemciler, çeşitli cihazlara eklenmesi pahalı olmayan, her türlü durumda işleyebilecek sade bileşenler haline geldiler. Bu gelişme, ileri iletişimin gelişiyile birleşince, büyük endüstriyel izleme ve kontrol sistemlerinin merkezilikten uzaklaşmasına sebep oldu. Daha da önemli olarak, otomobiller, ısıtma ve klima cihazları ve hatta ev aletleri gibi yığınla üretilen tüketici ürünlerinde mikro bilgisayarlar ortaya çıktı. Böylece, birçok insanın farkına varmadığı bilgisayarlı durum denetimi gelişmiş tüketici toplumunda günlük hayatın bir parçası haline geldi. [1]

Mühendislik proseslerinin otomatik kontrolünde denetim fonksiyonlarının vazifesi; istenilmeyen ve sakıncalı proses durumlarını ve uygun sistem operasyonlarını düzenli olarak koruyarak, zarar ve kazalardan kaçınmak için alınan hareket yaklaşımlarını göstermektir. Aşağıdaki denetim fonksiyonları, sistem güvenilirliği ve doğruluğu için zaruri sayılmıştır:

- (a) **İzleme sistemi:** Ölçülebilir değışkenler, toleranslar dikkate alınarak kontrol edilir ve operatör için alarmlar oluşturulur.
- (b) **Otomatik koruma:** Tehlikeli bir proses durumunda, izleme sistemi fonksiyonu otomatik olarak karşı koyucu bir yaklaşım başlatmaktadır.
- (c) **Arıza teşhis gözlenmesi ile denetim:** Ölçümlemiş değışkenlerin kullanımı ile, özellikler hesaplanmış, değışikliklerin bulunması yolu ile bulgular oluşturulmuş ve hata teşhisleri etkisiz hale getirmek için alınan kararlar ile yapılmıştır.

Prosesin kapsamlı olarak gözetlenerek denetimi için (a) ve (b) klasik metotları elverişlidir. Toleransların ayarlanabilmesi; bulunan anormal sapma değeri ve değışkenlerin normal yükselip alçalması nedeniyle oluşan gereksiz alarmlar arasındaki uyuşumlar ile yapılabilir. Eğer proses işlemleri ortalama değışmez bir durumda

ise çoğunlukla basit limit değeri kontrolleri yapılmıştır. Bununla birlikte, eğer prosesin çalışma noktası hızlı olursa bu durum daha kapsamlı olmaktadır. Ayrıca, bir derinlik ile arıza teşhisi, çoğu kez uygun değildir. Bu nedenle, denetlemenin gelişmiş metotları ve fonksiyon (c)'nin arıza teşhisi aşağıdaki gerekleri gerektirmektedir:

- (i) Ufak arızaların erken fark edilmesi ile ani veya yeni başlayan zaman ilişkisi.
- (ii) Tahrik sistemi, sensör ve proses komponent arızalarının teşhisi.
- (iii) Kapalı-devre sistemlerinde arızaların teşhisi.
- (iv) Proseslerin geçici varyasyonlara uğramasının gözetlenip idare edilmesi.

Erken tespit ve teşhisin amacı, karşı koymak uğruna benzeri diğer işlemler; yeniden biçimlendirme, bakım ve tamir için yeterli zamana sahip olmaktır. Arızalar toplanan yeni bilgilerle, örneğin, matematik model formlarının ölçülebilir nicel değerleri arasındaki analitik ilişkilerin kullanılması ile erken fark edilebilir. Etkin arıza teşhisinde bütün bilgilerin sebep-sonuç ilişkilendirilmesi kullanılmalıdır. Tahrik sistemleri ve sensör arızalarının bulunması ve izolasyonu için birçok metot sınırlandırılmış olmakla beraber, bu metotlar geniş sınırlara sahip tespit ve izolasyon özelliklerine sahiptirler. Bazı metotlar sadece özel arıza tespitleri için uygulanabilir ve diğer metotlar arıza izolasyonu için çok iyi değildir. Bununla birlikte, farklı metotların uygun bileşimi ile, avantajlarından yararlanılabilir, dezavantajları minimize edilebilir. [2]

1.2. Arıza Tespit ve Teşhisinin Kapsamı

Üretim tesisleri, makineler, taşıtlar, aygıtlar vs gibi mühendislik sistemlerinin (uygun teknik donatım) yada kendi ölçüm ve kontrol enstrümanının içerisinde oluşabilecek arızaların tespit ve teşhisi ile ilgileniyoruz. Bu kısımda, arızalar denince neyin kastedildiğini tarif edeceğiz ve tespit ve teşhisin görevlerini belirteceğiz. [1]

Arıza türleri: Arızalar genellikle sistemdeki yada enstrümanındaki normal davranıştan sapmalardır. Arızalar aşağıdaki kategorilerden birine ait olurlar:

- Toplamsal proses arızaları: Bunlar, genellikle sıfır olan ve mevcutken bilinen girdilerden bağımsız olarak sistem çıktılarında değişikliğe neden olan, sistemi

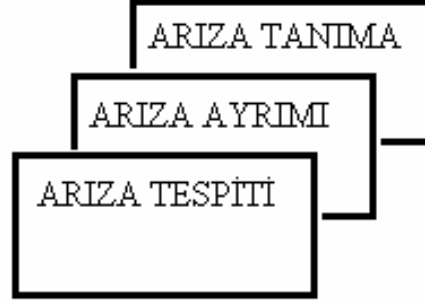
etkiyen bilinmeyen girdilerdir. Bu tarz arızalara en uygun örnekler; kaçaklar, yüklenmeler vs.dir. [1]

- Çarpımsal proses arızaları: Bunlar, bazı sistem parametrelerindeki değişimlerdir (ani veya derece derece). Aynı zamanda bilinen girdilerin büyüklüğüne de bağımlı olan sistem çıktılarında değişime neden olurlar. Bu tarz arızalara en uygun örnekler; yüzey kirliliği, tıkanma, kısmi veya komple enerji kaybı gibi sistem donatımındaki kötüleşmelerdir. [1]
- Sensör arızaları: Bunlar, bireysel sistem değişkenlerinin ölçülen ve gerçekleşen değerleri arasındaki tutarsızlıklardır. Bu arızalar genellikle toplamsal olarak ele alınır (ölçülen büyüklükten bağımsız), ancak bazı sensör arızalarının (takılma yada komple arıza gibi) çarpımsal olduğu görülür. [1]
- Tahrik Sistemi arızaları: Bunlar, bir tahrik sistemi giriş ve çıkışı arasındaki tutarsızlıklardır. Bu arızalar genellikle toplamsal olarak ele alınır, ancak bazı tür arızalarının (takılma ya da komple hata gibi) çarpımsal olduğu görülür. [1]

Arıza tespit ve teşhis sistemleri aşağıdaki görevleri gerçekleştirirler (Şekil 1.1):

1. Arıza tespiti: Görüntülenen sistemde bir şeyin yanlış gittiğinin göstergesi;
2. Arıza ayrımı (izolasyonu): Arızanın (arızalı bileşenin) tam yerinin belirlenmesi;
3. Arıza kestirimi: Arızanın büyüklüğünün belirlenmesi.

Ayrım ve kestirim görevlerinin ikisine birden “arıza teşhisi” denir. Herhangi pratik bir sistemde tespit zorunlu bir gerek ve ayrım da hemen hemen aynı derecede önemli iken, arıza kestirimi (yararlı olmasına rağmen) gerektirdiği ekstra çabayı göremeyebilir. Bu yüzden, çoğu pratik sistem sadece arıza tespiti ve ayrımı safhalarını içerir. Ayrıca, birçok vakada “teşhis”, “ayrım”ın eş anlamlısı olarak kullanılır. [1]



Şekil 1.1: Arıza tespiti ve teşhisinin görevleri

Genellikle arıza tespit ve teşhis faaliyeti gerçek zamanlı olur. Bu iki görev paralel olarak veya ardı ardına sergilenebilir. Bazı teşhis sistemlerinde, tek bir karar sadece bir arızanın mevcut olduğu gerçeğini değil ama aynı zamanda yerini de bildirir. Diğer sistemlerde, teşhis görevi sadece bir arızanın varlığının tespitinde tetiklenirken, tespit görevi sürekli olarak işler. [1]

Özellikle model tabanlı arıza tespit ve teşhisinde şu prensipler benimsenir: [1]

1. Arızaların başlangıçta sistemde var olmadığı ancak ileriki zamanda oluştuğu varsayılır. Bu arızalar genellikle bilinmeyen gerekirci zaman fonksiyonları olarak tanımlanır. Önemli özel vakalar, büyüklükleri ve oluşma zamanları bilinmeyen atlama-arızası (basamak fonksiyonu) ve kayma-arızadır (rampa fonksiyonu).
2. Yine sisteme gerekirci ve bilinmeyen girdiler olan toplamsal bozuculardan da bahsedilebilir. Toplamsal arızalar ve bozucular arasındaki fark öznelidir: arızalar tespit ve ayırt etmeyi dilediğimiz bilinmeyen girdiler iken, bozucular görmezden gelmeyi istediğimiz istenmeyen girişlerdir.
3. Sistemden, sensörlerden veya tahrik sistemlerinden kaynaklanan her gürültü sıfır ortalama ile rasgele dikkate alınır (sıfır olmayan her ortalama bir arıza veya bozucu olarak ele alınır).
4. Modelleme hataları, model (model parametreleri) ve gerçek sistem arasındaki tutarsızlıklardır. Sistemin kaynaklarının en başından beri mevcut olabilir yada çalışma-noktası değişimlerinden dolayı ortaya çıkabilirler. Model yanlışları bastırmak istediğimiz baş belalarının etkisidir. Model yanlışları, yine model ve

gerçek sistem arasındaki tutarsızlıklar olan ancak tespit etmeyi dilediğimiz çarpımsal arızalara tezatla çarpımsal bozucular olarak düşünülebilirler.

Teşhis tekniğinin tespit performansı birkaç önemli ve ölçülebilir kıstasla nitelendirilebilir, yani:

- Arıza duyarlılığı: Tekniğin makul küçüklükteki arızaları tespit edebilme becerisi;
- Tepki hızı: Tekniğin arızaları çıktıktan sonra makul zamanda tespit edebilme becerisi;
- Dayanıklılık: Tekniğin gürültü, bozucu, modelleme yanlışları ve az miktarda yanlış alarm ortamında işleme becerisi.

Arıza duyarlılığı, tepki hızı ve sağlamlık, bir tarafta arızalar diğer tarafta gürültü, bozucu ve modelleme hatalarının arasındaki karşılıklı etkileşimden ortaya çıkarlar ve de tespit algoritmasının dizaynından etkilenirler.[1]

İzolasyon performansı, teşhis sisteminin arızaları ayırt etme becerisinin sistemin fiziksel özelliklerine, arızaların, gürültünün, bozucuların ve model hatalarının büyüklüğüne ve de algoritmanın dizaynına bağlı olmasıdır. Genelde çoklu ve eş zamanlı arızaları ayırmak tek arızaları ayırmaktan daha zordur. Ayrıca, arızalar ile gürültü, bozucular ve modelleme yanlışlarının arasındaki karşılıklı etkileşim, kesin ve doğru olmayan kararlara götürebilir. Bundan başka, bazı arızalar, sistemi fiziksel olarak ayrımsız şekilde etkilediği için birbirlerinden ayırt edilemez olabilir. [1]

1.3. Arıza Tespit ve Teşhisinin Performansı

Arıza tespit ve teşhisi düzeninin performansını ölçmedeki bazı kriterler şunlardır:

- a) Tespitin çabukluğu
- b) Yavaş gelişen arızalara duyarlılık
- c) Yanlış alarm oranı
- d) Kaçırılmış arıza tespitleri
- e) Doğru olmayan arıza tanımlama

- f) Hesaplama yükü
- g) Sağlamlık
- h) Olgunluk ve kanıtlanmış algoritmalar

Çabukluk konusu kritik bir önem teşkil edebilir. Bazı uygulamalarında, arıza çok çabuk tespit edilmelidir, aksi takdirde sonucu çok kötü olabilir. Başka uygulamalarda ufak çaplı arızaların güvenilir tespiti adına hızdan ödün verilebilir. Diğer yandan, kullanılan algoritmadaki hesaplama yükünün makul seviyede olması da önemlidir. O yüzden, gerçek zamanlı işletimdeki uygulamalarında çabukluk ve hesaplama yükü göz önüne alınır. Tespit sistemi tasarımı; yanlış alarm oranı yeni başlayan arızalara duyarlılık ve tespit çabukluğu arası uyuşma, görüntülenen sistemin en önemli performans kriterlerinin anlaşılmasına bağlıdır. [3]

1.4. Sağlamlık

Sağlamlık kavramından söz etmeden önce, sağlamlık ve duyarlılık arasındaki ilişkiye açıklık getirmekte fayda vardır. [3]

Duyarlılık, bir sistemin eğilimini nominal parametre değerlerinde sabit bir miktar olarak niteler. Sağlamlık, bir küme veya bölgede tanımlanan bir sistem özelliğinin uyumunu, sonlu yapısal veya bir parametre değişimi sınıfı altında gösterir. Bu yüzden, sağlamlık, bir sistemin küresel bir özelliğidir, ve duyarlılık, belli bir sonsuz küçük parametre değişimleri vakası açısından sağlamlık olarak yorumlanabilir. [3]

Bir Arıza Tespit ve Ayrım düzeninin sağlamlığı, küçük parametrik değişimlere, modellenmemiş lineer olmamaya veya belirsiz dinamiklere, bozucu ile gürültüye ve arıza türlerine duyarsızlık olarak tanımlanabilir. Durum tahmini teknikleri kullanan Arıza Tespit ve Ayrım düzenleri, genellikle lineer sistem kuramına dayalıdır. Bu durum tahmincileri, örneğin filtreler/gözleyiciler, aslında sistemlerin sorgulanan matematiksel modelleridir. O yüzden sistemin birçok fiziksel karakteristiklerinin değerlerine son derece bağımlıdır. Eğer tam hassasiyetle bilinirse, durum tahminleri doğru ve eksiksiz olacak ve Arıza Tespit ve Ayrım düzeni küçük ve yavaş gelişen arızalara duyarlı ve yanlış alarmlara karşı korunur olabilecektir. [3]

Ancak, işleyen çoğu sistemde, bazı fiziksel parametre değerleri sadece yaklaşık olarak bilinmektedir. Bu yüzden, durum tahminleri hata içinde olabilir. Durum tahminlerini işleyen Arıza Tespit ve Ayrım düzeni bu halde yanlış alarmlar üretebilir veya eğer buna karşı korunaklıysa da arızayı kaçırabilir. Bu, parametre belirsizliklerine ilişkin doğruluk problemi'dir. [3]

Modellenmemiş nonlinearlıklara veya belirsiz dinamiklere, bulanıklık ile gürültüye ve arıza türlerine ilişkin oluşan sağlamlık problemleri aşağıdaki gibi açıklanabilir:

- 1) Tüm dinamik sistemlerin nonlinear olduğu bir gerçektir. Eğer sistem nominal işletim noktasının etrafında dar bir dağılımda işliyorsa, o zaman lineer olduğu söylenebilir. Ancak, bu dağılımın dışında, nonlinear etkiler belirir ve de lineer işletim için modellenmiş Arıza Tespit ve Ayrım şeması doğru arıza tespit ve tanımlaması yapamaz hale gelir.
- 2) Sistem girdi sinyallerinden başka sinyallere maruz kalabilir. Bozucular denen bu girdiler, genellikle rüzgardaki iniş çıkışlar gibi rasgele işlevlerdir. Bundan başka, ölçülen çıktı değerleri gürültüdür, çünkü sensörlerin elektronik gürültüsü vardır. Bu gürültü de rasgeledir ve bozucularla ilişkisizdir. Bu bilinmeyen girdiler genellikle durağan Gaussçu proses olarak dikkate alınır ve de Arıza Tespit ve Ayrım düzeni, bu prosesin bilinen istatistiksel parametrelerine göre tasarlanmıştır. Eğer bozucular ve gürültü, hareketli, gayri Gaussçu ise, o halde Arıza Tespit ve Ayrım düzeni beklenenden farklı performans gösterecektir. İşte bu, bozuculara ve gürültüye ilişkin sağlamlık problemi'dir.

Modellenmemiş dinamikler, gürültü ve bozucular yüzünden oluşan sağlamlık problemleri, filtre/gözleyicilerin görüntüleme için kullanıldığı vakalarda kombine edilebilir. Sistem dinamikleri denklemlerle gösterildiğinde, [3]

$$\dot{x} = Ax + Bu + \Gamma w \quad (1.1)$$

Γ matrisi, modellenmemiş dinamikleri içeren belirsiz bozucu dağılım matrisini temsil eder.

- 3) Eğer Arıza Tespit ve Ayrım düzeni, sadece kısıtlı bir repertuardaki arıza tiplerini tespit etmeye tasarlanmışsa, bu repertuarda olmayan arızalar Arıza Tespit ve

Ayrım düzenince tespit edilemeyecektir. İşte bu, arıza türlerine ilişkin sağlamlık problemidir.

Arıza Tespit ve Ayrım düzeninin tasarımı sırasında, tasarımcı pratik problemleri ve sorgulanma halindeki sistemi anlamalıdır. Repertuarda ne kadar çok arıza tipi varsa, arızaların tespitinde de o kadar gecikme olur. Bu yüzden, repertuarda limitli sayıda arıza türü bulunmalıdır. Dolayısıyla, en kritik ve sık arıza türleri repertuara ilk eklenendir ve de bu arıza tiplerinin oluşları önce Arıza Tespit ve Ayrım düzeninde kontrol edilir. En kritik ve sık arıza tiplerini seçmede bilgi bazlı yaklaşım da kullanılabilir. [3]

2. ARIZA TESPİT VE TEŞHİS YÖNTEMLERİNİN ENTEGRASYONU

2.1. Arıza Tespiti ve Ayrımı

Güvenilir sistemler tasarlanmanın bir yolu da yüksek kalitede bileşenler kullanmaktır. Ancak, yüksek kalitede bileşenler kullanımı tek başına sistem arızası ihtimalini azaltmaz. Sistemdeki arızalara tolerans gösterecek metotlar sağlanmalıdır. [3]

Arıza, bir unsurun çeşitli arızalar sebebi ile kendisi yada çevresinde oluşan hatalar yüzünden tasarlanmış işlevini sergileyememesidir. Arıza, fiziksel bir haldir. Sebepleri arasında; sistemin ayrıntısında veya uygulamasındaki yanlışlar gibi tasarım hataları, imalat sorunları, aşınma, çürüme; ve sert çevre koşulları, elektromanyetik parazit, beklenmedik girdiler gibi dış bozulmalar vardır. Hata, bir unsurunun mantıksal konumunun istenilen değerden farklılaştığı bir sistemdeki belirtidir(Nelson, 1990).[4]

Bir arızanın süresi, gelip geçici, aralıklı yada kalıcı olabilir. Genellikle dış bozucuların bir sonucu olan gelip geçici bir arıza, sonlu bir zaman dilimi boyunca var olur. Aralıklı bir arıza, arızalı ve arızasız işletimler arasındaki salınımları içerir ve genellikle stabil olmayan cihaz işletiminden kaynaklanır. Kalıcı yada kuvvetli arızalar komponent arızaları, fiziksel hasar veya tasarım yanlışlarının sonucudur. Gelip geçici ve aralıklı arızalar, kalıcılardan daha sık oluşur ve hatalara sebep olduktan sonra kaybolabildikleri için tespit edilmeleri daha zordur. [3]

Güvenilirlik, bir sistemin $t=0$ zamanda tam çalışırken, t zamanda da tasarlanmış işlevini sergileyebilme olasılığıdır. Birçok gerçek zamanlı sistem, yüksek güvenilirlik gerektirir çünkü tek bir yanlış ölümcül olabilir. Görev sırasında güvenilirliğin sürdürülmesi için yedek kaynaklarla otomatik tamirler yapılmalıdır. Bu tamirler esnasında biraz performans düşürme uygun görülebilir. [3]

Modern sistemler, önemli miktarda kendini test eden donanım ve arıza toleransı için çıkarım içerir. Kendini test etme ve arıza toleransı kavramlarıyla ilişkili mantıksal

işlevler, dijital veya mikro-işlemcili donanım kullanılarak daha kolay uygulanabilir ve işte o zaman; tüm kontrol sistemini dijital olarak uygulamak daha verimli ve maliyet-etkin olur. [3]

Arıza toleransı hem pasif hem de aktif teknikleri içerebilir. Pasif teknikler sağlamlığı garanti eder. Aktif teknikler ise ya modüler çıkarım ile oylamayı kullanarak arıza gizlemeyi temel alır yada çöküş tespiti ve yeniden konfigürasyona dayanır. Eğer sistemdeki çöküşün etkisi oldukça büyükse, pasif teknikler arıza toleransına ulaşmaya genellikle yeterli olmayabilir. Bundan dolayı, birçok durumda çöküş tespiti ve yeniden konfigürasyon tek seçenek olabilir. [3]

Arıza Tespit ve Ayrımı konusundaki öncü çalışmalar, 1970'lerin başlarında ortaya çıkmış [5, 6] ve yakın zamana kadar devam etmiştir. [1, 7]

Arıza Tespit ve Ayrımında kullanılan arıza tespit ve ayırım algoritmaları, dijital bilgisayarlar ve basit olarak sinyal işleme tekniklerinde uygulanır. Bilgisayarın ve fiziksel bileşenlerin güvenilirliği asıl sistemin işletimi için önemlidir. Bilgisayar alt sistemleri, rotalar, sensörler, kontrol yüzeyleri ve/veya tahrik sistemlerinde bir arıza meydana gelebilir. Biz, arıza tespiti sorununu kontrol mühendislerinin bakış açısından incelediğimiz için; arızaların bilgisayar alt sistemleri ve rotalarda oluşmadığını ancak tahrik sistemleri, kontrol yüzeyleri ve sensörlerde meydana geldiği varsayılmıştır. [3]

İzleme şemasının amacı sistemin durumunu daimi olarak değerlendirmektir. Gözleyici ve yenilikçi bazlı yaklaşım, eşitlik alanı yaklaşımı, arıza tespit filtresi yaklaşımı vs gibi pek çok görüntüleme metodu vardır. Tespit, arızanın varlığının keşfi eylemidir. Arıza, bir sistem yada alt sistemin belirlenmiş işlevini sergileyememesi olarak tanımlanabilir. Arızanın tespiti, sistemin bir takım özelliklerinin bir sınırla karşılaştırılması aracılığıyla yapılır. Bu sınır - statik yada dinamik - tespit sürecinde önemli bir kavramdır. [3]

Teşhis, tespit edilen hatadan sorumlu arızalanmış unsurun ayrımıdır. Hata moduna duyarlı gözleyiciler, arızalanmış unsurları teşhis ve ayırt etmek için kullanılabilir ve böylece arıza tanımlama işi kısaltılabilir. [3]

2.2. Arıza Tespiti ve Teşhisinde Yaklaşımlar

Arıza tespiti ve teşhisinin metotları iki ana grupta sınıflandırılabilir: sistemin matematiksel modelinden yararlananlar ve yararlanmayanlar. [1]

2.2.1. Modele Dayanmayan Metotlar

Sistemin matematiksel modelini kullanmayan arıza tespit ve ayırım metotları arasında fiziksel çıkarım, özel sensörler, limit kontrolü, spektrum analizi ve mantıksal muhakeme vardır.

Fiziksel çıkarım. Bu yaklaşımda, birçok sensör aynı miktarı ölçmek için kurulmuştur. Ölçümler arasındaki herhangi ciddi bir tutarsızlık, bir sensör arızasının göstergesidir. Üç sensör kullanıldığında, arızalı sensörü ayırt edebilecek bir oylama şeması oluşturulabilir. Fiziksel bolluk ekstra donanım maliyeti ve ekstra ağırlık içerir. [1]

Özel sensörler, tespit ve teşhis için kolaylıkla ayarlanabilir. Bunlar, donanımda limit kontrolü sergileyen limit sensörleri (örneğin sıcaklık yada basınç ölçümü) olabilir. Diğer özel sensörler ise ses, titreşim, uzama gibi arızalara işaret eden fiziksel miktarları ölçebilir. [1]

Limit kontrolü. Uygulamada sıkça kullanılan bu yaklaşımda, sistem ölçümleri önceden ayarlanmış limitlerle bilgisayar tarafından karşılaştırılır. Sınırı geçmek, bir arıza durumunun göstergesidir. Birçok sistemde, önceden uyarı ve acil reaksiyon başlatma olmak üzere iki limit seviyesi vardır. Limit kontrolü ile, seçilmiş değişkenlerin zaman trendlerini görüntülemeye gidilebilir. Bu kadar basit ve açık olmasına rağmen, limit kontrolü iki ciddi dezavantajla karşı karşıyadır:

- Sistem değişkenleri, normal girdi varyasyonları yüzünden çokça değişebileceği için, test sınırları oldukça muhafazakar bir şekilde ayarlanmalıdır.
- Tek bir bileşen arızasının etkisi, birçok sistem değişkenine yayılabilir ve kafa karıştırıcı bir alarm yığını başlatarak ayırımı son derece güç hale getirebilir.

Sistem ölçümlerinin **spektrum analizi** de, tespit ve ayırım için kullanılabilir. Çoğu sistem değişkeni normal işletim şartları altında tipik bir frekans spektrumu izler ve

bundan herhangi bir sapma bir anormallik göstergesidir. Belli arıza tipleri, ayrımı kolaylaştırıcı bir karakteristik imzaya bile sahip olabilir. [1]

Mantıksal muhakeme teknikleri, yukarıda ana hatları verilen metotlara tamamlayıcı geniş bir sınıf oluşturur. Öyle ki, onlar tespit donanımı yada yazılımının elde ettiği bulguları değerlendirmeyi amaçlar. En basit teknikler, “ EĞER – bulgu – VE – bulgu – O HALDE – sonuç ” tipinin mantıksal kural ağaçlarından oluşur. Nihai sonuca erişilene kadar, her sonuç bir sonraki kuralda bulgu görevi görebilir. Sistem, donanın/yazılım tarafından sunulan bilgileri işlemlerden geçirebilir yada, bir kullanıcıdan belirli bulgular hakkında bilgiler alarak ona tüm mantıksal süreç boyunca rehberlik edebilir. [1]

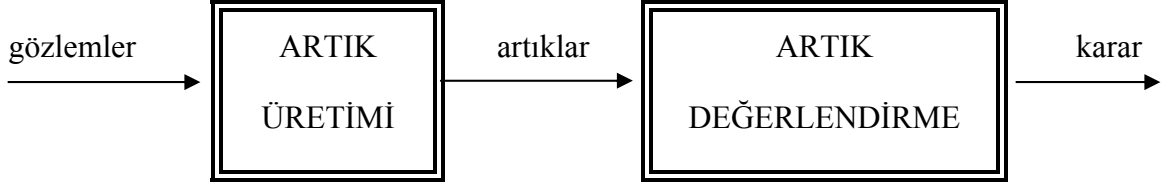
2.2.2. Model – Tabanlı Arıza Bulma Metotları

Bu kısımda, arıza bulma metotları tabanlı proses ve sinyal modellerinin kısa bir gözden geçirimi verilmektedir. Temel metotlar kısaca anlatılmış ve hangi uygun sınırlarda gezmesinden uygulamaların gerçek varsayımları verilmiştir. [2]

Model tabanlı arıza tespit ve teşhis metotları denetlenen sistemin matematiksel modelinden bariz bir şekilde yararlanır. Üretim tesisleri, makineler vs., daimi-zamanlı işletimle nitelendirilen dinamik sistemlerdir. Doğal matematiksel tanımları, diferansiyel denklemler biçiminde yada eş değerde değiştirilmiş temsilleri şeklindedir. Ancak, denetleme bilgisayarları numune verileri kullanarak örneklendirilmiş bir şekilde işler. Dolayısıyla, denetlenen sistemleri ayrık zamanda diferansiyel denklemler biçiminde yada eş değerde değiştirilmiş temsilleri şeklinde tanımlamak geleneksel ve pratik olacaktır. Ancak bazı durumlarda daimi-zamanlı modele atıfta bulunulacaktır. Ayrıca, çoğu fiziksel sistem lineer olmasa da, matematiksel tanımları genellikle lineer tanımlarına dayanır. [1]

Çoğu model tabanlı arıza tespit ve teşhis metodu, analitik çıkarım kavramına dayanır. Paralel sensörlerden gelen ölçümlerin kıyaslandığı fiziksel çıkarımla karşılaştırıldığında, sensör ölçümlerinin bu sefer değişkenin kendi değerlerinin analitik hesaplamalarıyla kıyaslandığını görürüz. Bu tarz hesaplamalar, diğer değişkenlerin mevcut ve/veya evvelki ölçümlerini ve de bunların ölçülen değişkenle olan nominal ilişkisini tanımlayan matematiksel sistem modelini kullanır. Bu düşünce, farklı değişken kümelerinden elde edilmiş ve analitik olarak türetilmiş iki miktarın karşılaştırılması ile de genişletilebilir.

Her iki durumda da, ortaya çıkan farklar, yani artıklar, sistemdeki arızaların mevcudiyetinin göstergesidir. Model bazlı metotların diğer bir sınıfı ise doğrudan parametre tahminine dayanır. [1]



Şekil 2.1: Model bazlı arıza tespit ve teşhisinin safhaları

Tespit ve ayırım kararlarına ulaşmak için artık üretimini artık değerlendirmesi takip etmelidir (Şekil 2.1). Hiç arıza yoksa bile, gürültü ve model hatalarının mevcudiyetinden dolayı artıklar hiçbir zaman sıfır olmaz. Bu yüzden, tespit kararının deneysel yada kuramsal incelemelerle elde edilmiş sınırlar karşısında test edilmesi gerekir. [1]

Arıza ayırımının kolaylaştırılması için, artık üreticileri genellikle yapısal ve yönsel özellikler sergileyen ayırım fazlalaştırılmış artıklara göre tasarlanırlar. Bu sayede, ayırım kararları, işin içine istatistiksel unsurlar katılsın ya da katılmasın, yapısal (Boolean) veya yönsel (geometrik) bir çerçevede elde edilebilirler. [1]

Sağlamlık meseleleri. Yukarıda belirtildiği gibi, arızaları göstermesi için üretilen artıklar, gürültü, bozucular ve model yanlışlarının mevcudiyetine tepki gösterebilir. Artıkları bu kaynaklara uyuşturmak, tespit ve teşhis algoritmasının tasarımındaki en önemli konulardan biridir. Özellikle:

- Gürültünün etkilerinin üstesinden gelmek için, artıklar filtreden geçirilebilir ve değerlendirmelerinde istatistiksel teknikler uygulanabilir. Ancak, ikinci teknik, gürültü ve sistemin gürültü transferi dinamikleri hakkında yeterli bilgi olmamasından dolayı güçleşebilir.
- Bozuculuktan çözme, artık üreticisinin tasarımında yer alabilir, fakat eldeki tasarım serbestliği açısından “ayırım fazlalaştırma” ile yarışır.
- Modelleme hataları karşısında sağlamlık, model tabanlı arıza tespit ve ayırımının en temel sorunudur. Genellikle bir tür optimizasyona dayanan çeşitli metotlar

mevcuttur. Ama maalesef ki, bu sorun kendini kolay çözümlere teslim etmez ve de bilinen teknikler sadece kısıtlı şartlar altında etkilidir.

2.2.3. Model-Tabanlı Arıza Belirleme Metotlarının Uygulanabilirliği

Bu bölümde model-tabanlı arıza belirleme metotları gerçek teknik yöntemler doğrultusunda tartışılmıştır. Metotlara ait farklı özellikler ne olursa olsun gerçek arıza tipleri ve belirlenen modeller içine tasarlanması ve dolayısıyla ortaya çıkan bulgular çok önemlidir. [2]

2.2.3.1. Model-tabanlı arıza belirleme yaklaşımları

Model-tabanlı arıza belirleme metotları yöntem ve model arasındaki farklılıkları gösteren artanları (kalanları) kullanır. Genel bir yaklaşım, büyük oranda kendi öz stokastik karakterine nazaran bir tespitin mümkün olabilmesi için kalanların önemli oranda değiştirilmiştir. Bu, bir arızanın ortaya çıkmasından sonra kalanın yeterince büyük ve dedekte edilebilecek kadar uzun ömürlü olması anlamına gelmektedir. Bu, “önemli bir değişiklik” olarak adlandırılabilir.[8] Göz önüne alınan tüm metotlar yöntemin matematiksel bir modelle tanımlanabilmesini gerektirir. Yöntem ve onun modeli arasında hemen hemen hiçbir zaman tam bir uyum olmadığından model uyumsuzluklarının çeşidi ve büyüklüğü en önemli ilgi kaynağıdır. [2]

Parametre tahmini

- Model yapısı bilinmelidir
- Özellikle girdi ve çıktı sinyallerindeki çarpımsal ve ek arızalara uygun olmalıdır
- Farklı parametre değişiklikleri tek başına belirlenebilir olmalıdır
- Hızlı ve yavaş gelişen arızaların da belirlenebilmesini kapsayan çok küçük değişiklikler belirlenebilir olmalıdır
- Derin arıza teşhisleri mümkün olmalıdır (fiziksel katsayılar)
- Çok hızlı olmayan yöntemler için on-line gerçek-zamanlı uygulama mümkün olmalıdır
- Dinamik yöntem parametreleri için girdi uyarımı gerekmektedir

Durum tahmini

- Parametreleri kapsayan model yapısı hemen hemen eksiksiz bilinmelidir
- Özellikle çoklu-çıkıtlı sinyalleri gerektiren ek arızalar için uygun olmalıdır
- Ani arızalardan sonra hızlı reaksiyon vermelidir
- Sadece bir takım parametre değişiklikleri belirlenebilir (diğer parametrelerle bir arada bulunan durum parametrelerinin seçimine bağlı olarak)
- Eğer çok fazla gözlemci gerektirmiyorsa hızlı yöntemler için on-line gerçek-zamanlı uygulama mümkün olmalıdır
- Ek arızalar hiçbir girdi sinyal değişikliğini gerektirmez (fakat o zaman belirlenebilir olmayan bazı parametreler değişir, örn., zaman sabitleri)
- Büyük çoğunlukla göreceli olarak büyük arızalar belirlenebilir

Eşlik eşitlikleri

- Model yapısı ve parametreleri bilinmeli ve yöntemine uygun olmalıdır
- Özellikle ek arızalar için uygun olmalıdır
- Ani arızalardan sonra hızlı reaksiyon vermelidir
- Hızlı yöntemler için on-line gerçek-zamanlı uygulama mümkün olmalıdır
- Ek arızalar hiçbir girdi sinyal değişikliğini gerektirmez (fakat o zaman bazı parametre değişimleri belirlenemez)
- Belirlenebilir bazı arızalar çok küçük olabilir (örn., ek arızalar ve artışlar), bazıları büyük olmalıdır (örn., zaman sabitleri)
- Lineer filtrelerin kullanılmasıyla denklik eşitlikleri gözlemci temsiline dönüştürülebilir.[2, 7]

Beklenmeyen arızalarla karşılaşıldığında yukarıda tanımlanan temel metotlar için durum tahmini ve denklik eşitlikleri parametre tahmininden daha hızlı tepki verir. Bu nedenle, parametre tahmini sabit değerlerin tahmininde ve zamanla bozukluk etkisini uzaklaştırmak için tasarlanmıştır. Bununla birlikte eğer parametre tahmini unutilan bir

faktörü kullanarak yada parametreler için dinamik bir durum modelini kapsayarak zaman değişkenli parametreler için dizayn edilmişse, bozukluğun geri çevrilmesinde beklenmeyen parametre değişimlerini hızlı bir şekilde takip edebilme yeteneğine sahiptir. Durum tahmini tasarımları, hızlı durum değişimlerini izleyerek bozuklukların daha iyi elimine edilmesinde de kullanılabilir. Bu nedenle, beklenmedik değişiklikleri hızlı şekilde takip edebilme yeteneği tasarım üzerindeki hem parametre hem de durum tahminine bağlıdır.

Bu tartışma göstermektedir ki, farklı yöntemlerin uygulanabilirliği büyük oranda yöntem çeşidine ve arıza tiplerine bağlıdır. Bu durum, uygulanabilirliğin gerçek yöntemler bağlamında tartışılması gerektiği ve inandırıcı sonuçlara ancak deneyler sonucunda ulaşılabileceği anlamına gelmektedir. [2]

2.2.3.2. Arıza modelleme

Proses modeli içindeki arıza etkilerini kapsayacak gösterim, proses dinamiklerinin gerçek tabiatından çok kullanılan belirleme metoduna daha çok bağlıdır. Bu nedenle sonraki arıza teşhis varsayımları için iyi bir başlangıç noktası ve gerçekçi bir yaklaşım, gerçek arızaların tabiatının anlaşılması, sistem konumları, ortaya çıkan kalanların içinde tasarlanmalarını yada belirtilere bağlı olarak tanımlanmalarını gerektirir. Bu, birinci basamakta sadece gerçek proseslerin incelenmesi, fiziğin anlaşılması ve bir arıza-belirti-ağaç analizinin anlaşılmasıyla sağlanabilir. Arızaların ortaya çıkmasının pek çok sebebi vardır. Örneğin,

- (i) Yanlış tasarım ve düzenleme
- (ii) Yanlış işlem, bakımsızlık
- (iii) Yaşlanma, korozyon, normal işlem süresince aşınma

Isermann (1993c), farklı teknik proseslere ait deneysel deneyimlere dayanarak matematiksel proses modeli üzerindeki gerçek arıza etkilerini özetlemiştir. Araştırılan durum çalışmaları, DC motorlar, devir daim pompaları, borular, besleme sürücüler, robotlar, ısı değiştiriciler, servo hidrolik karıştırıcılar, araç süspansiyonu, farklı elektrik ve pnömatik işletimleri kapsayan makine parçalarını (kesme, öğütme, delme)

içermektedir. Pek çok durumda bir proses girdisi (işletim girdisi) ve bir proses çıktısı (sensör sinyali) ve bazı durumlarda bunların arasındaki bazı değişkenler ölçülür. [2]

Prosesler: Genellikle proses parametreleri arızalardan doğrudan etkilenir. Örnekler, elektriksel direnç yada indüktivite, mekanik sürtünme katsayısı yada rijitlik, akışkan direnç katsayıları ve ısı değiştirici katsayılarıdır. Bu nedenle, çarpımsal arızalar olarak ortaya çıkarlar. Durum değişkenleri çoğu zaman arızalardan doğrudan etkilenmez. Örneğin kısa devreler için elektrik akımları yada kaçaklar için kütle akışıdır. [2]

Tahrik sistemleri: Eğer girdi, çıktı sinyalleri gibi ölçülebiliyorsa aynı durum prosesler için olduğu gibi işletimleri de kapsar. Bununla birlikte eğer işletimin çıktısı ölçülemiyorsa işletim, örneğin bir artış ve bir zaman sabitli olmak üzere prosesin yalnızca bir elemanıdır. Eğer sadece artış değişirse bu, ek arıza sinyali yada çarpımsal hata sinyali modellenebilir. [2]

Sensörler: Sensörler ve toplam ölçüm ekipmanları genellikle ölçüm değer çıktısının gözlemlenebilir olduğu dinamik prosesleri oluşturur. İç ve dış bozukluklar sensörün dinamik ve statik davranışını etkiler. Statik sensör çıktısı, değere yada yöne bağlı bir sabit denge tarafından etkilenebilir. Bu arızalar, ek çıktı hata sinyalleri tarafından modellenebilir.

Örneğin kirlenmelerden kaynaklanan dinamik değişimler çarpımsal arızalardır. [2]

2.2.3.3. Nicel model-tabanlı arıza belirleme metotlarının uygunluğu

Tekli girdi tekli çıktı prosesleri için sonuçlar şu şekilde özetlenebilir. Parametre tahmini özellikle çarpımsal arızalar için uygun olduğundan, bu belirleme metodu temel olarak proseslerdeki uygun işletim ve sensör dinamiklerini değiştiren arızalar için tavsiye edilir. Bununla birlikte, ek girdi ve çıktı arızaları, statik işletim ve sensör arızaları için olduğu gibi parametre tahmin planının içine dahil edilebilir. Durum tahmini ve denklik eşitlikleri özellikle ek arızalarda avantaj sağlar ve bu nedenle bazı durumlarda proses arızalarına ve sensörlerdeki uygun arızalara uygulanabilir. Çoklu girdi çoklu çıktı proseslerinde ölçülen girdiler ve çıktılar arasındaki analitiksel fazlalık artar. Bu durum, gerçek girdi sinyalinin bilinmediği durumlarda özellikle sensör arızalarının belirlenmesinde avantaj sağlar. Fazlalıktaki bu artış, işletim çıktısı ölçülemiyorsa işletim

arızalarında da avantaj sağlamaktadır. Bununla birlikte diğer taraftan çok değişkenli prosesler için çapraz kavramalar ile kesin proses modelleri elde etmek daha zordur. Pek çok modelin uygulanabilirliğine dair bu tartışmanın sonunda verilen ifadelerin doğrulanmamış olduğunu ve daha fazla araştırma gerektirdiğini belirtmekte yarar vardır. Sonuç olarak, sadece gerçek prosesler ve gerçek arızaların söz konusu olduğu somut uygulamalar inandırıcı sonuçlar verebilir. [2]

2.2.4 Farklı Arıza Belirleme Metotlarının Entegrasyonu

Ön değerlendirme göstermiştir ki, parametre tahmini ve diğer taraftan durum tahmini ve denklik eşitlikleri farklı arıza tiplerinin belirlenmesine bağlı olarak avantaj ve dezavantajlara sahiptir. Bu nedenle, eğer tüm arızalar belirlenebilir nitelikteyse avantajlarından yararlanmak için uygun şekilde entegre edilmelidirler. Yine de pek çok durumda model parametreleri bilinmeyen olduğundan, önce parametre tahminini uygulamak doğal olarak en uygundur. Model-tabanlı arıza belirleme metodlarının aşağıdaki kombinasyonları şu sonuçları vermektedir [8]

I) Ardışık parametre ve durum tahmini

- Modeli elde etmek için parametre tahmini
- Yavaş yada hızlı ek arızalar yada değişimler için durum tahmini
- Bozukluk ve arızalar birleştiğinde durum tahmini (sağlamlık problemi)

II) Ardışık parametre tahmini ve denklik eşitlikleri

- Modeli elde etmek için parametre tahmini
- Daha az ölçümlü değişim belirlemesi için denklik eşitlikleri
- “Derin” arıza teşhisleri için parametre tahmini (talep üzerine)

III) Paralel parametre ve durum tahmini

- Çarpımsal ve ek arızalar için
- Girdi uyarılarına bağlı olarak

Entegrasyon şekli arızaların belirlenebilir olduğu ve ölçümsel çabaya izin veren proseslere oldukça bağlıdır. Benzer şekilde bazı durumlarda proses model tabanlı ve

sinyal model tabanlı belirleme metotlarının entegrasyonu oldukça iyi bilgiler vermektedir:

IV) Parametre tahmini ve titreşim analizi

- Parametre tasarlama arızaları için parametre tahmini
- Dengesizlik, darbe ve gürültüler gibi farklı tip arızalar için titreşim analizi (bu durum özellikle döner makinelerde caziptir)

Uygun belirleme metotlarının bu yolla entegre edilmesiyle, konuyla ilgili analitik belirtiler ortaya çıkarılabilir ve entegre edilmiş arıza teşhisleri için kullanılabilir. [2]

3. LİNEER SİSTEMLER İÇİN ARIZA TESPİT VE İZOLASYON

3.1. Problem Formülasyonu

3.1.1. Arıza modları ile birlikte sistem modeli

Bu bölüm tespit gözleyicisinin tanımı onun yapısal durumu ve çözümleri hakkındadır. Bir tespit gözleyicisi kümesinin dizayn metodu tanımlanan arıza ayırma yeterliliğinin maksimum sonucu vermesidir. Dizayn yaklaşımı arıza ayırma mantığı tarafından yönlendirilir ve bu arıza ayırma mantığı özel bir arıza denetleme metodu ile ilgili değildir, fakat başka bir arıza ayırma metodu ile kullanılabilir. Düşünülmüştür ki bu arıza ayırma mantığı adetsel modelleri temel alan arıza bulma şema dizaynı için temel rehber olarak kullanılabilir. Bu arıza ayırma mantığı tek başına arıza tespit gözleyicileri tipi için kullanılmaz. [2]

Genel form olarak, bir lineer zaman-sabit sistem ve onun arıza modları ile birlikte şu şekilde yazılabilir;

$$\left. \begin{aligned} \dot{x}(t) &= Ax(t) + Bu(t) + \sum_{i=1}^k L_i m_i(t) \\ y &= Cx(t) \end{aligned} \right\} \quad (3.1)$$

burada

A; Sistem matrisi

B; Kontrol Giriş matrisi

C; Ölçme matrisi

$x(t)$; n boyutlu durum vektörü

$u(t)$; giriş vektörü

$y(t)$; m boyutlu çıkış vektörü

$u(t)$ ve $y(t)$ sensör ile ölçülür.

$L_i m_i(t)$, $(1 \leq i \leq k)$, i . arıza modudur. L_i bir sabit matris olup, sistem üzerinde i modunun bilinen etkilerini ifade eder. m_i bilinmeyen zaman değişken vektörü olup sistem üzerinde i arıza modunun tahmin edilmeyen etkilerini ifade eder. k 'da gözlemlenmiş arıza modlarının sayısıdır. i arızası olmadığı zaman $m_i(t) = 0$, i arızası olduğunda $L_i m_i(t) \neq 0$ 'dır. [2]

3.1.2 Gözleyici kullanarak arıza tespiti

Model tabanlı arıza bulma görevi bir matematiksel modeli $m_i(t)$ 'nin sıfır yada sıfırdan farklı olduğunu belirlemek için elde edilebilir. $u(t)$ girişleri ve $y(t)$ ölçümleri ile birlikte kullanmaktır. [2]

3.1'de ki sistem için bir lineer Luenberger gözleyici şu şekilde tanımlanır.

$$\left. \begin{aligned} \dot{z}(t) &= Fz(t) + Gy(t) + TBu(t) \\ w(t) &= Kz(t) + Qy(t) \end{aligned} \right\} \quad (3.2)$$

F, G, T, K ve Q matrisleri Luenberger şartlarını sağlar.

$$\left. \begin{aligned} TA - FT &= GC \\ KT + QC &= W \\ F &\text{ kararlı} \end{aligned} \right\} \quad (3.3)$$

bazı W matrisi için.

(3.1)'deki sistemde arıza yoksa W seçilir, çıkış gözleyicisi aşağıdaki ifadeyi sağlar.

$$\lim_{t \rightarrow \infty} [w(t) - Wx(t)] = 0 \quad (3.4)$$

Arıza olduğu zaman (3.4)'deki eşitlik sağlanmaz. Sistem arızalarını ortaya çıkartmak için aşağıdaki mantık kullanılabilir.

$$w(t) - Wx(t) \begin{cases} \geq \varepsilon; & \text{sistemde arıza var} \\ < \varepsilon; & \text{sistemde arıza yok} \end{cases} \quad t > t_0 \quad (3.5)$$

burada $t_0 > 0$ arıza anını ve $\varepsilon > 0$ 'da eşik değerini göstermektedir.

Bu bölümde (3.1)'deki sistemde arızaların bulunmasında kullandığımız tek metot eşitlik (3.5)'te verilen artıklar için bir eşik değeri uygulamaktır. [2]

3.2. Arıza Tespiti İçin Gözleyici

3.2.1. Tespit gözleyicilerinin tanımı

Tüm lineer gözleyiciler arıza bulma için uygun değildir. Sistem arızalarını bulmak için kullanabildiğimiz bu lineer gözleyicilere tespit gözleyicileri denir. [2]

(3.5) eşitliği arıza bulma için kullanılır. On-line elde edilen bilgi eşitlik (3.5)'te test edilebilir $y(t)$ ve $u(t)$ 'dir. $Wx(t)$, $w(t)-Wx(t)$ 'nin değerini değerlendirebilmek için $y(t)$ 'ye lineer olarak bağlıdır. Sıradan bir durum gözleyicisi için şu ilginçtir ki, $y(t)$ tarafından sağlanmayan durum bilgisini elde etmek için $y(t)$ 'nin $Wx(t)$ 'nin lineer bağımsız olması gerekir. Bu yüzden (3.1)'de sistemin tüm lineer gözlemleyicileri 2 gruba ayrılır: Durum gözleyicileri ve Tespit gözleyicileri. [2]

Bu yüzden, eğer (3.2)'deki eşitlik bir tespit gözleyicisi ise, H gibi matris şu şekilde olmalıdır.

$$Wx(t) = Hy(t); \quad \forall t > t_0 \quad (3.6)$$

(3.1) ve (3.6) eşitlikleri şu eşitliğe götürür

$$W = HC \quad (3.7)$$

buda gösterir ki

$$P = Q - H \quad (3.8)$$

ve

$$e(t) = w(t) - Wx(t) \quad (3.9)$$

Eşitlik (3.2), (3.6) ve (3.8)'i eşitlik (3.9) içine; eşitlik (3.7) ve (3.8)'i eşitlik (3.3)'e koyduğumuzda bir tespit gözleyicisinin tanımı şu şekilde elde edilir. [2]

Tanım 3.1: (Tespit Gözleyicisi) Sistem (3.1)'deki tespit gözleyicileri (F, G, T, K, P) 'dir ve şu şekilde tanımlanır. [2]

$$\left. \begin{aligned} \dot{z}(t) &= Fz(t) + Gy(t) + TBu(t) \\ e(t) &= Kz(t) + Py(t) \end{aligned} \right\} \quad (3.10)$$

yapısal şartları tabi tutar

$$\left. \begin{aligned} TA - FT &= GC \\ KT + PC &= 0 \\ K &\neq 0 \\ F &\text{ sabit} \end{aligned} \right\} \quad (3.11)$$

(3.10) eşitliğindeki $e(t)$ gözetleme sinyali olarak adlandırılır. (3.5)'deki eşitlik tekrar şu şekilde yazılır.

$$e(t) \begin{cases} < \varepsilon; & \text{sistemde arıza yok} \\ \geq \varepsilon; & \text{sistemde arıza var} \end{cases} \quad t > t_0 \quad (3.12)$$

3.2.2 Arıza tespit edilebilirliği

Eğer bir gerçek arıza $e(t)$ artık sinyali üzerinde bir etkisi yoksa, bu arıza tespit gözleyicisi ile bulunamaz ve ortaya çıkarılamaz, aksi taktirde ortaya çıkarılır diye ifade edilir. Tam olarak aşağıdaki tanımı kullanırız. [2]

Tanım 3.2. (Arıza Tespit Edilebilirliği) Eğer i arıza modu için $(1 \leq i \leq k)$, i arızası olduğu zaman

$$\lim_{t \rightarrow \infty} e(t) \neq 0 \quad (3.13)$$

bir tespit gözleyicisi varsa i arızası tespit gözleyicisi ile bulunabilir. Diğer türlü i arızası tespit gözleyicisi tarafından bulunamaz. [2]

3.3. Arıza İzolasyon Mantığı

3.3.1. Arıza izolasyon problemi

Eşitlik (3.12)'den, bir sistemin normal çalışıp çalışmadığını bilmek önemlidir. Eğer bir sistemde arıza varsa, hangi tip arıza veya arızaların ortaya çıktığını kesin olarak bilmek önemlidir. Örneğin, sistemin hangi parçalarının hataya sebep olduğunu bilmek önemli

olabilir. Bizim problem formülasyonunda hangi $m_i(t) = 0$ ve hangi $m_i(t) \neq 0$, ($i = 1, 2, \dots, k$), kararını vermek önemli bir yer tutar. [2]

Biz bunu arıza izolasyonu diye adlandırırız. Bu bölümde, herhangi bir arıza tespit metoduna özgü olmayan bir arıza izolasyon mantığı tanımlanmıştır. Bu arıza izolasyon mantığının amacı, hiçbir özel arıza tespit metoduna bakmadan maksimum arıza izolasyon bilgisini elde etmektir. [2]

3.3.2 Arıza izolasyon mantığı

Genel bir arıza izolasyon mantığı oluşturmak için tespit sinyali ve arıza hassasiyeti gibi bazı genel terminolojilere ihtiyacımız vardır. [2]

Hangi arıza tespit metodu kullanılırsa kullanılsın her zaman en nihai amaç bazı arızaların oluşup oluşmadığını gösteren bir takım mantıksal sinyaller üretmektir. Bu yüzden aşağıdaki tanımlar bütün model-tabanlı arıza tespit metotları için aynı derecede uygulanabilir. [2]

Tanım 3.3. (Tespit Sinyali) Arıza tespit sistemi tarafından üretilen bir mantıksal sinyal $d(t)$, tespit sinyali olarak adlandırılır. Arıza tespit sinyali 1'e eşit olduğu zaman bazı arıza veya arızaların elde edildiğini gösterir; tespit sinyali 0'a eşit olduğu zaman tespit sinyali tarafından hiçbir arızanın elde edilmediğini gösterir. [2]

Tanım 3.4. (Arıza Hassasiyeti) Kesin bir arıza elde edildiği zaman, arıza hassasiyeti 1'e eşit ise bu tespit sinyali o arıza için hassastır diye söylenir. Aksi halde, o arıza için hassas değildir diye söylenir. [2]

Eğer her bir arıza modu için, bu arıza için hassas fakat diğer tüm arıza modları için hassas olmayan bir tespit sinyali üretebilirsek, o zaman hangi arızanın elde edilip hangi arızanın elde edilmediğini tam olarak söyleyebiliriz. [2]

3.4. Algılayıcılar

Algılayıcılar fiziksel ortam ile endüstriyel amaçlı elektrik/elektronik cihazları birbirine bağlayan bir köprü görevi görürler. Bu cihazlar endüstriyel proses sürecinde kontrol, koruma ve görüntüleme gibi çok geniş bir kullanım alanına sahiptirler...

Günümüzde üretilmiş yüzlerce tip algılayıcıdan söz edilebilir. Mikro elektronik teknolojisindeki inanılmaz hızlı gelişmeler bu konuda her gün yeni bir buluş ya da yeni bir uygulama tipi geliştirilmesine olanak sağlamaktadır.

3.4.1. Seviye Algılayıcıları

Sıvı seviyeyi çoğunluk uzunluk boyutuyla, sıvı yüzeyinin her hangi bir referans noktasına göre yüksekliği olarak verilir. Sıvı seviye ölçümleri ile ilgili hesaplar rahatlıkla bir mikroçip tarafından yapılabilir. Böylece eğer tankın geometrisi ve ölçüleri biliniyorsa sıvının hacmi, eğer ağırlığı da biliniyorsa özkütlesi bulunabilir.

3.4.1.1. İletkenlik ile Seviye Ölçümü

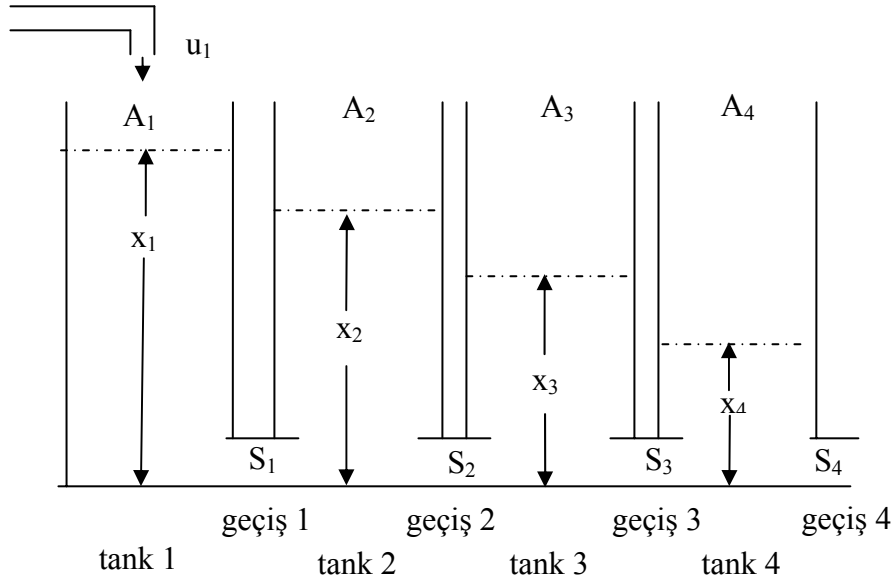
Elektriği ileten bir sıvının seviye ölçümü kontakt halindeki iki elektrodun arasındaki resistans değişimi izlenilerek ölçülebilir. Bu yol ile sürekli seviye ölçümleride de ayrık seviye ölçümleri gibi ölçülebilir. Hatta eğer tankın duvarları metal ise İki elektrot olarak kullanılabilir.

3.4.1.2. Kapasitif Seviye Ölçümü

Bir sıvının dielektrik sabiti hava, gaz veya diğer sıvılardan farklıdır. Eğer bir veya daha çok çift elektrot bir sıvıya batırılırsa, dielektrik sıvı seviyesindeki artma veya azalmalara bağlı olarak çeşitlilik gösterir ve bu elektrot çiftleri arasında kapasitans farkı oluşturur. Bu prensip ile hem sürekli seviye hem nokta seviye algılanması yapılır. Eğer birden fazla çift elektrot kullanıldıysa algılayıcı element alternatif tüplü iki ya da dört koaksiyel tüp ile beraber çalıştırılabilir Çoğunlukla bir kolu seviye algılamayı yapan bir element ile oluşturulan dört kollu AC köprü network kullanılır.

4. SİSTEMİN TANITIMI VE SİMÜLASYONLAR

Bu bölümde mühendislik sistemlerinde büyük kolaylık sağlayan arıza tespit yönteminin 4 tank sistemine uygulanması anlatılacaktır. Bu sistemde her biri ayrı su seviyesine sahip 4 tank ve bir su kaynağı bulunmaktadır. Sistemdeki kaçak ve tıkanmalar sisteme özel tasarlanan gözleyicilerle kolayca tespit edilebilmektedir. Aşağıdaki örnekte 3 nolu tanktaki kaçak ve tıkanma durumu simüle edilmiştir.



Şekil.4.1: Dört-tank sistemi

Şekil 4.1’de su seviyeleri sırayla 400-300-200-100 cm olan 4 tank bulunmaktadır. Dört tank birbirine bağlı olup birinci tanka u_1 su kaynağından 1 ton/saat’lik su akışı olmaktadır. Tanklar arasındaki su geçişleri s borularıyla sağlanmaktadır. Normal çalışmada s_4 borusundan düzenli olarak su çıkışı, u_1 den de düzenli olarak su girişi olmaktadır. Analizini yaptığımız bu durumda, s_3 borusundaki tıkanma ve A_3 tankındaki kaçak durumları incelenmiştir.

Şekil 4.1’de 4’lü tank sistemi görülmektedir. Dört tank birbirine bağlı olup birinci tanka su girişi $u(t)$ olmaktadır. Sistem için verilen veriler aşağıdaki gibidir.

Nominal $u_1(t)=227.8$ c.c./s (1 ton / saat) olarak varsayılmıştır.

A_i - i. tankın kesiti, 500 cm^2

x_i - i. tankın su seviyesi, cm

u_1 – 1. tanktaki su akışı, c.c./s

g – yerçekimi sabiti

A matrisindeki faktör, modelleme hatasını azaltmak için tanımlanan parametre tarafından değiştirildiği zaman, lineerleştirmedeki nominal işlem noktası aşağıdaki matrisleri verir: [2]

$$A=0.0179553 \begin{bmatrix} -1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & -2 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & -2 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & -2 \end{bmatrix}$$

$$B= \begin{bmatrix} 0.002 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad C= \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Arıza modları $L_i m_i(t)$, $i=1,2,\dots,8$, tablo 4.1 ve aşağıdaki arıza fonksiyonları ile modellenmişlerdir.

$$m_i(t)=\left(\bar{S}_i / A_i\right) \sqrt{2g\left(x_i-h_i\right)}, i=1,2,3,4 \quad (4.1)$$

$$m_{i+4}(t)=-s_i^* \sqrt{2g\left(x_i-x_{i+1}\right)}, i=1,2,3, m_s(t)=-s_4^* \sqrt{2gx_4} \quad (4.2)$$

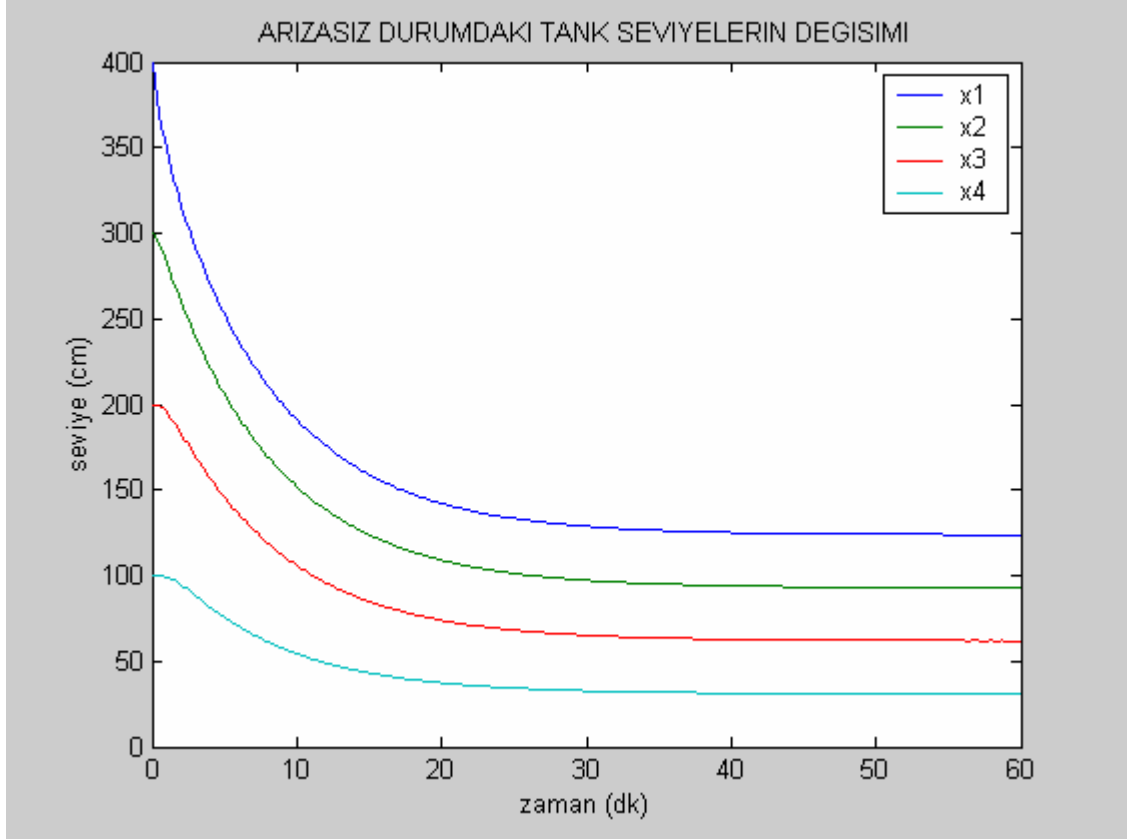
$\bar{S}_i$ ve h_i kesitlerdir ve i. tanktaki sızıntı yüksekliği, sırasıyla, ve s_i^* , $i=1,2,3,4$ için i.geçişin tıkanmasından dolayı kesitteki azalmadır.

i	1	2	3	4	5	6	7	8
L_i	1	0	0	0	$1/A_1$	0	0	0
	0	1	0	0	$-1/A_2$	$1/A_2$	0	0
	0	0	1	0	0	$-1/A_3$	$1/A_3$	0
	0	0	0	1	0	0	$-1/A_4$	$1/A_4$

Tablo 4.1: Pilot sisteme ait arıza matrisi

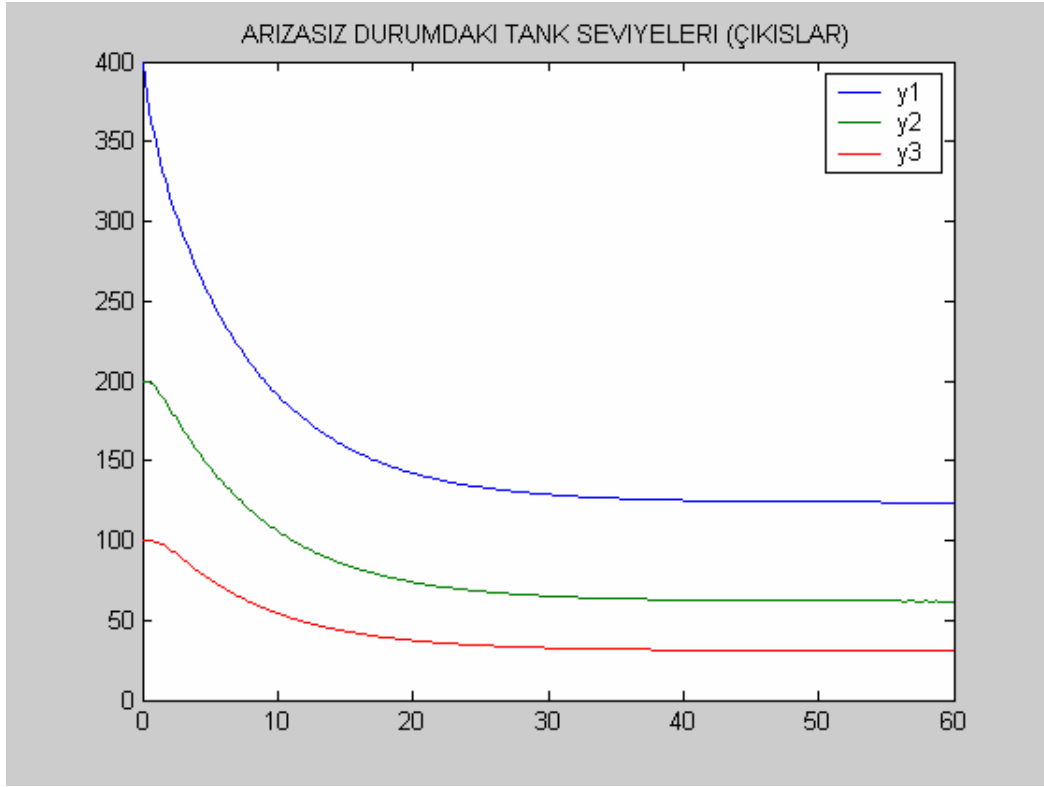
4.1 Arızasız Durum

Yukarıda verilen problemi çözdüğümüz zaman elde ettiğimiz grafikler aşağıdaki gibidir.



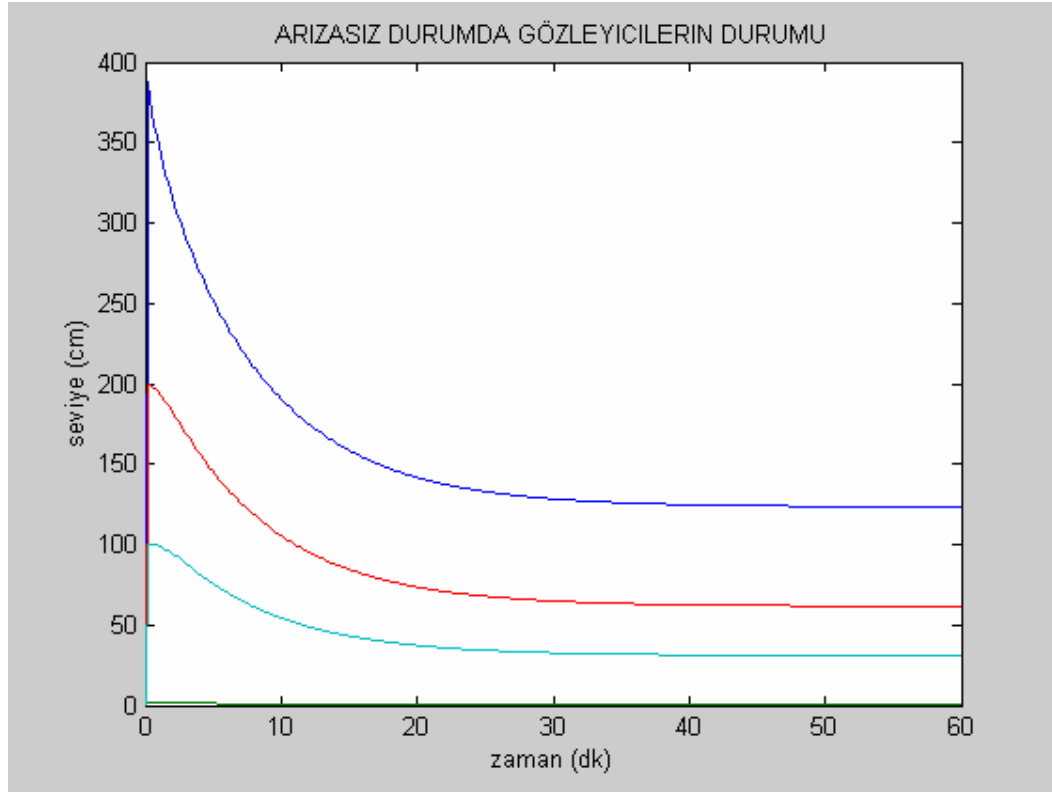
Şekil 4.2: Arızasız durumdaki tank seviyelerinin değişim grafiği

Şekilde arızasız durumdaki tank seviyelerinin değişimi verilmiştir. x1, x2, x3 ve x4 tank seviyelerini göstermekte ve sırayla 1., 2., 3. ve 4. tanklara aittir. Tanklar sırayla 400, 300, 200 ve 100 cm yükseklikteki su seviyesinden başlamış olup sistemde herhangi bir kaçak yada tıkanma yok iken seviyelerin değişimi şekildeki gibi elde edilmiştir. Seviye değişimini incelediğimizde 25-30 dk arasında sistemimiz dengeye oturmaya başlamış ve bundan sonra bu seviyede kalmıştır.



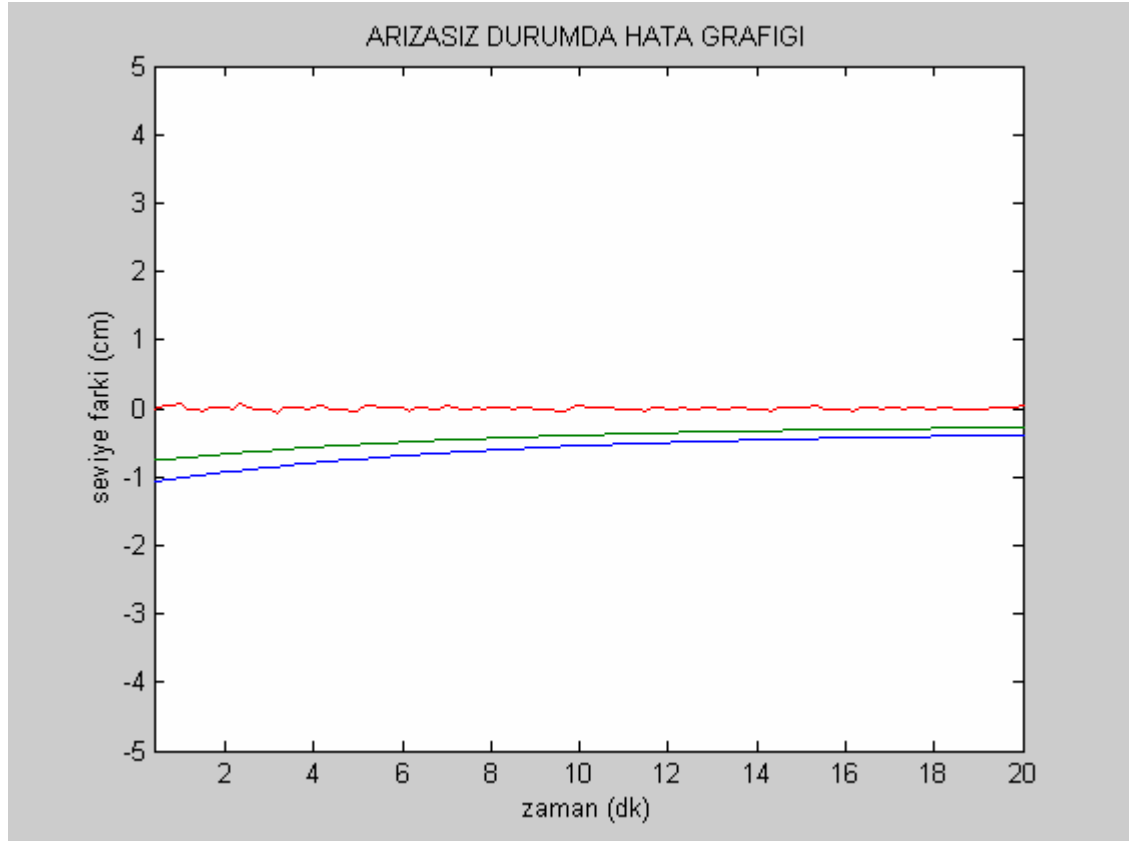
Şekil 4.3: Arızasız durumda elde edilen tank seviyeleri

Şekil 4.3'te sistemde herhangi bir arıza yok iken çıkıştaki tank seviyelerinin değişimi yer almaktadır. C matrisinden dolayı sistemimiz 2 nolu tankın su seviyesi ile ilgilenmemektedir. Bu yüzden çıkışta 1, 3 ve 4 nolu tankların su seviyelerinin değişimi yer almıştır.



Şekil 4.4: Arızasız durumdaki gözleyicilerin durumu

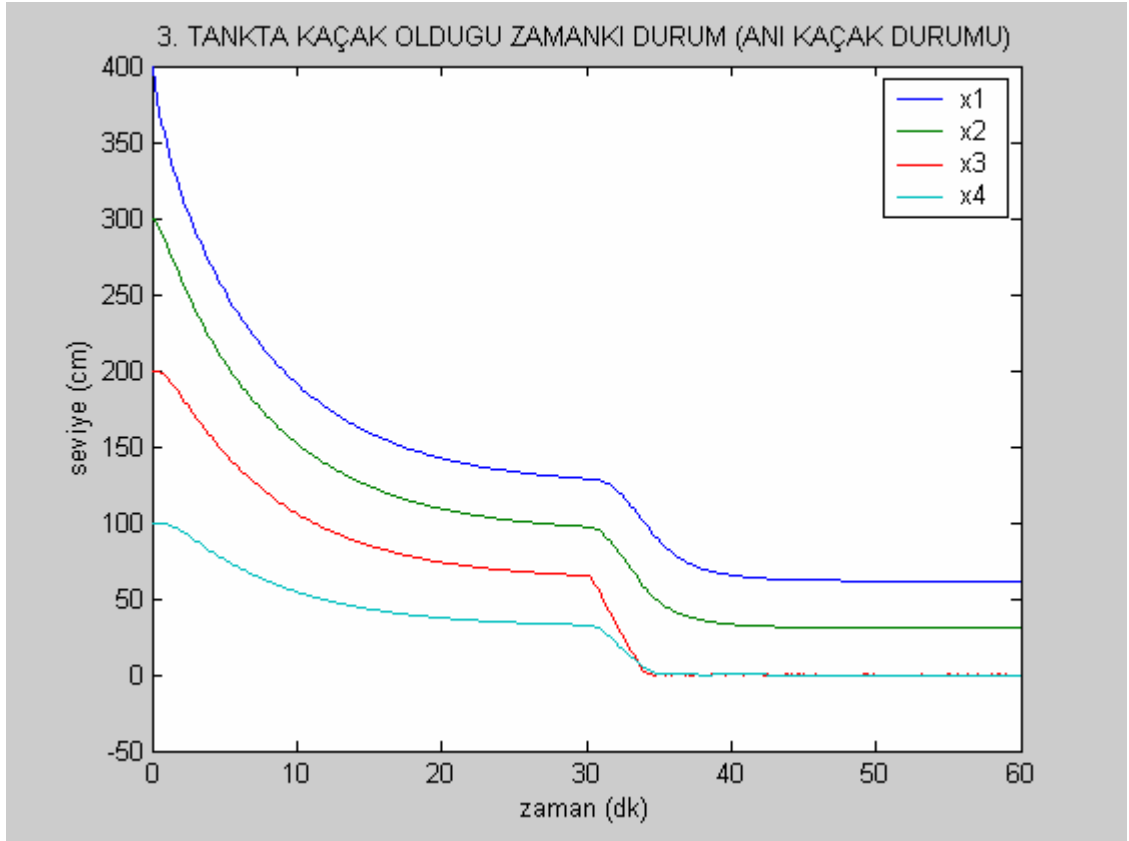
Sistemimizi esas gözleyiciler ile gözlemlemekteyiz. Sistem için tasarladığımız gözleyiciler tanklardaki su seviyelerini incelemektedir. Şekil 4.4.'te sistem için tasarladığımız gözleyicilerden elde edilen neticesinde 1, 3 ve 4 nolu tanklardaki su seviyelerinin değişimi yer almıştır.



Şekil 4.5: Arızasız durumdaki hata grafiği (Ayrıntılı)

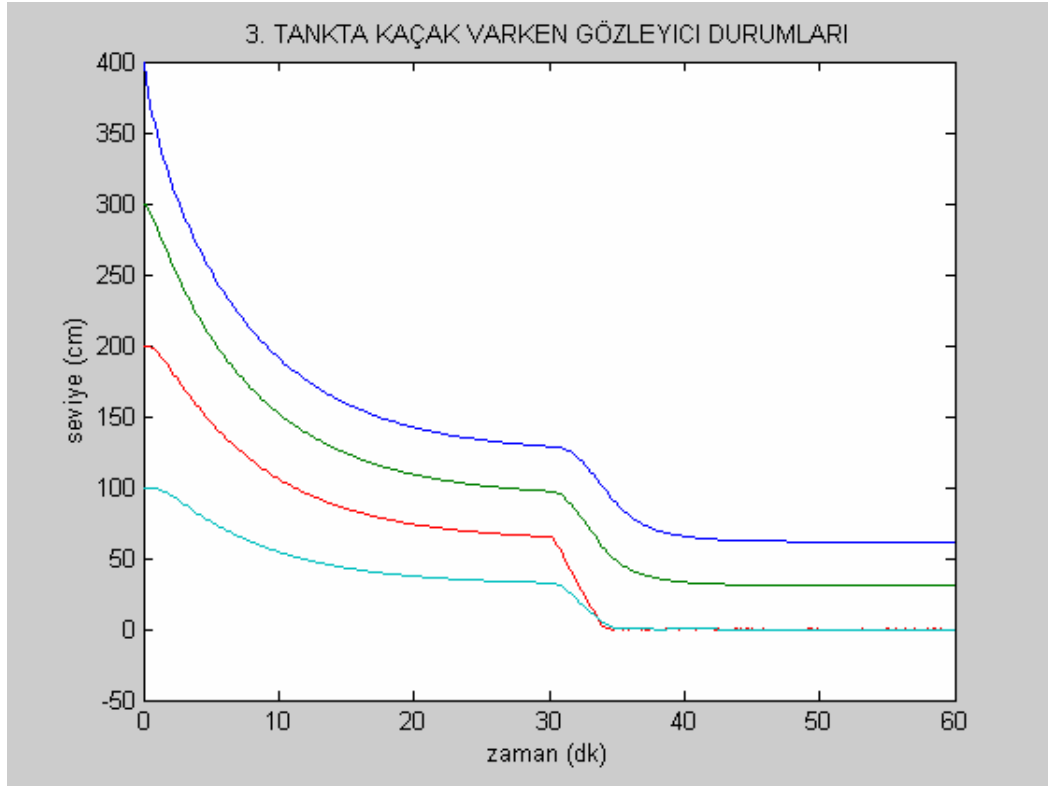
Arızasız durumda sistemin grafikleri yukarıdaki gibidir. Burada da görüldüğü gibi, sistemde herhangi bir kaçak yada tıkanma olmadığı için, tanklardaki su seviyeleri normal olarak azalmaktadır. Sistem için tasarladığımız gözleyicinin grafiği şekil 4.4'te verilmiştir. İdeale yakın bir gözlemleyici tasarlandığı için hata seviyesi minimum olarak ortaya çıkmıştır.

4.2 Kaçak Durumu



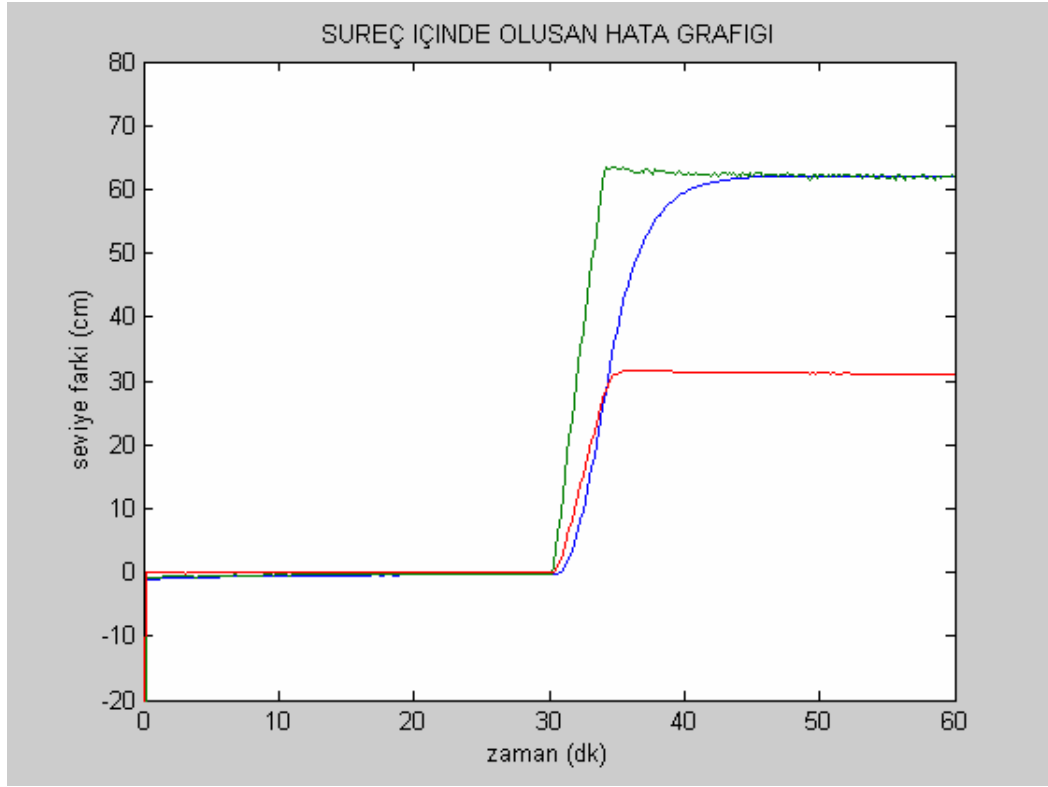
Şekil 4.6: 3. tankta 30. dakikadan sonra 25 cm² kaçak olduğu zaman tanklardaki su seviyelerinin değişimi

Sistemimizde kaçak olma durumu ele alınmıştır. Şekil 4.6.'da 3. tankta aniden bir kaçak söz konusu olduğunda sistemin davranışı incelenmiştir. Şekil 4.6.'yı incelediğimizde 3. tankta kaçak olduğu zaman 200 cm yükseklikte su seviyesinden başlayan ve kırmızı renk ile gösterilen grafikte ani bir düşüş meydana gelmiştir. Diğer seviyelerde 3. tanka nazaran bu düşme daha yavaş meydana gelmiştir.



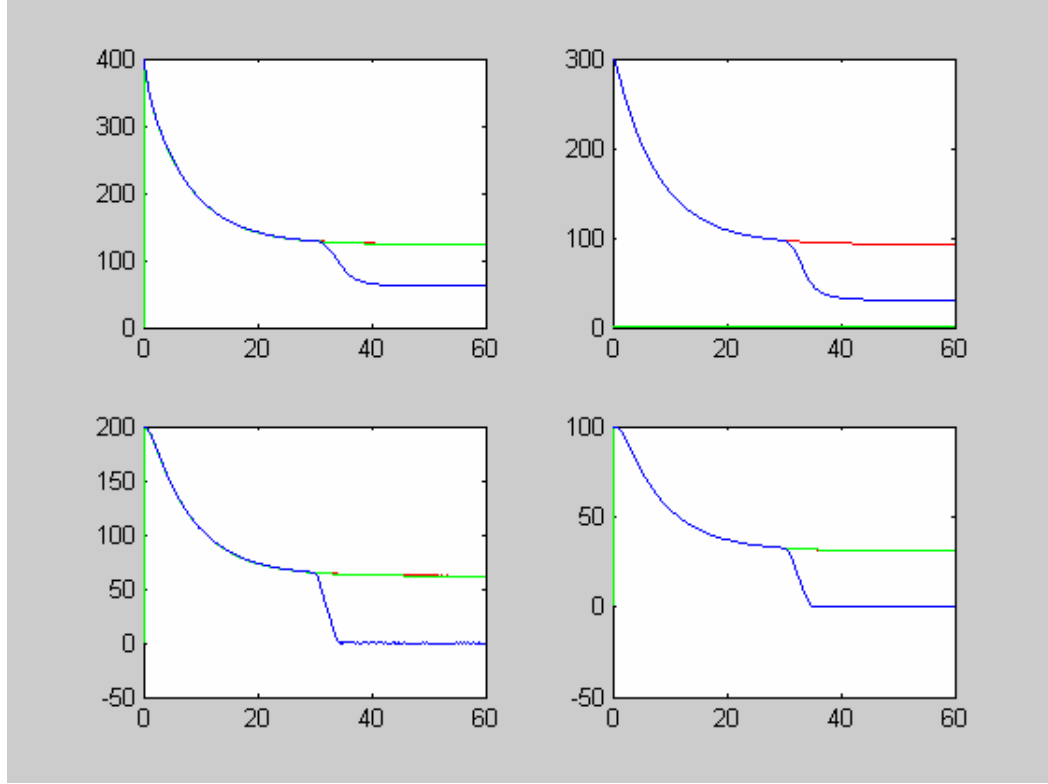
Şekil 4.7: 3. tankta kaçak varken gözleyicilerin durumu

Sistemimizde gözleyiciler olduğu zaman ani kaçak durumunda gözleyicilerden elde edilen seviye değişimi yukarıdaki şekilde gibidir. Buradaki şekilde de Şekil 4.6. daki gibi sistemin davranışı aynıdır. 3. tankta meydana gelen seviye değişimi ani şekilde azalmış ve yaklaşık 35. dakikadan sonra seviye sıfıra inmiştir. Gözleyicilerden elde edilen verilerin doğru olduğunu anlamak için hata grafiğine bakmak gerekir.



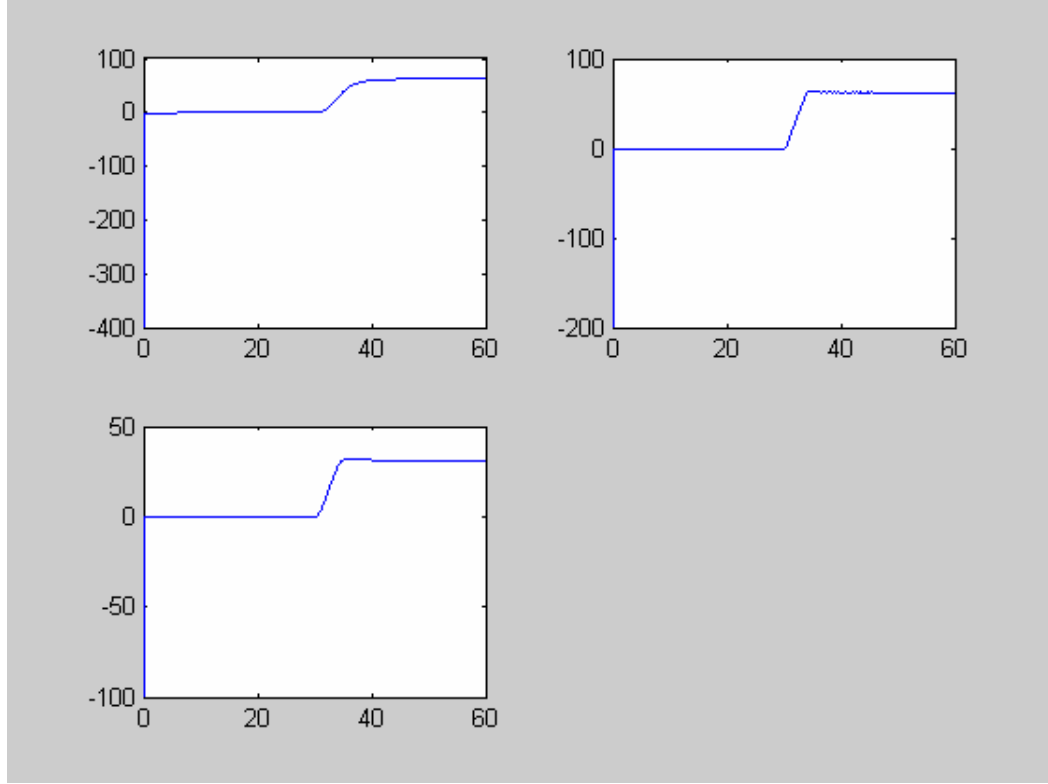
Şekil 4.8: Tankta meydana gelen arıza durumunda hata grafiği

Şekilde tank sisteminde 30. dakikada ani kaçak meydana geldiğinde oluşan hata grafiği ekte yer almıştır. Sistemimizde 1, 3 ve 4. tank seviyeleri incelendiğinden hata grafiği olarak bu üç tankın durumu grafiksel olarak izlenmiştir. Yeşil renkli olan 3. tank mavi renkli olan birinci tank ve kırmızı renkli olan ise 4. tankta meydana gelen hatanın durumlarıdır. Kaçak 3. tankta olduğu için en çok hata da 3. tankta görülmektedir.



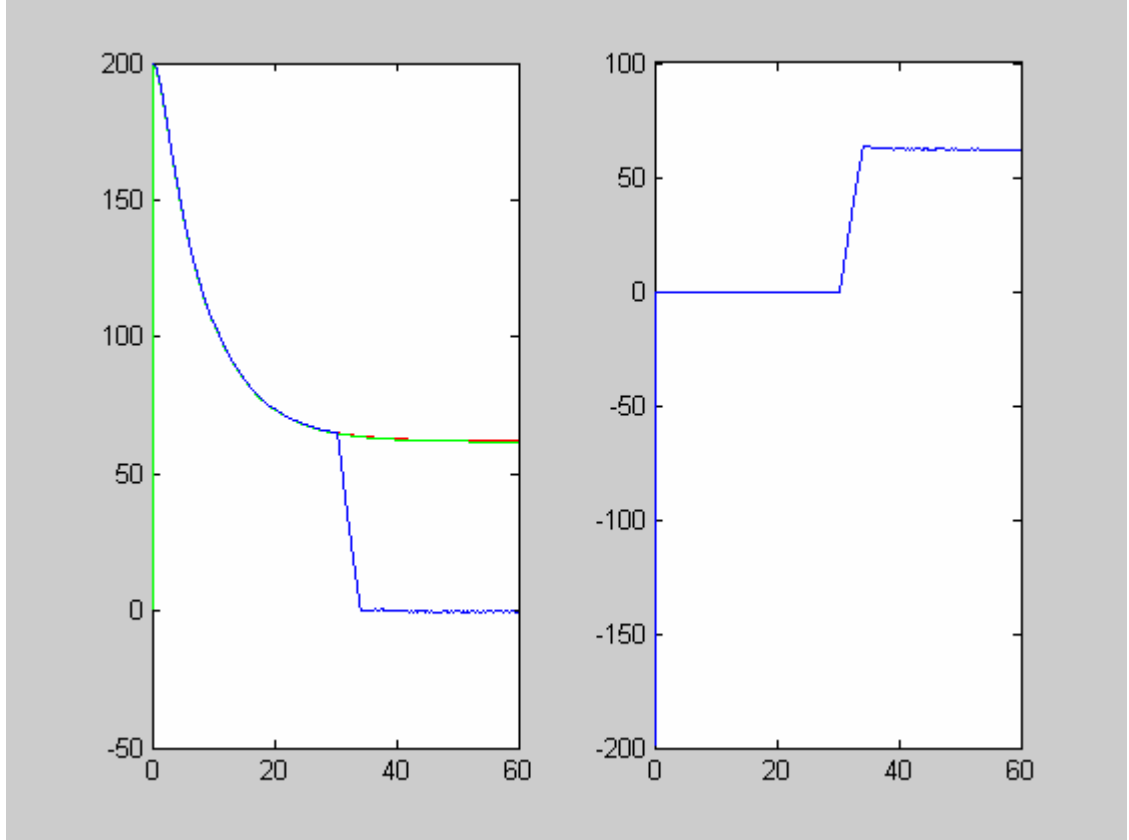
Şekil 4.9: Normal (kırmızı), Hatasız Gözleyici (yeşil) , Hatalı tank (mavi) çıkışlarının; Her bir tank için ayrı ayrı grafiklerde gösterilmesi

Şekilde tüm sistemin davranışları incelenmiştir. Tanklardaki başlangıç su seviyelerine göre tankların durumu bilinmektedir (1. tank 400cm, 2. tank 300 cm, 3. tank 200 cm ve 4. tank 100 cm). Burada kırmızı renkli olan normal durumda sistemdeki su seviyesinin değişimi, yeşil renkli olan gözleyicilerden elde ettiğimiz veriler ve mavi renkli olan ise ani kaçak meydana geldiğinde sistemdeki su seviyesinin değişimi gösterilmiştir.



Şekil 4.10: Her tank için oluşan Hatanın ayrı ayrı grafiklerde gösterilmesi

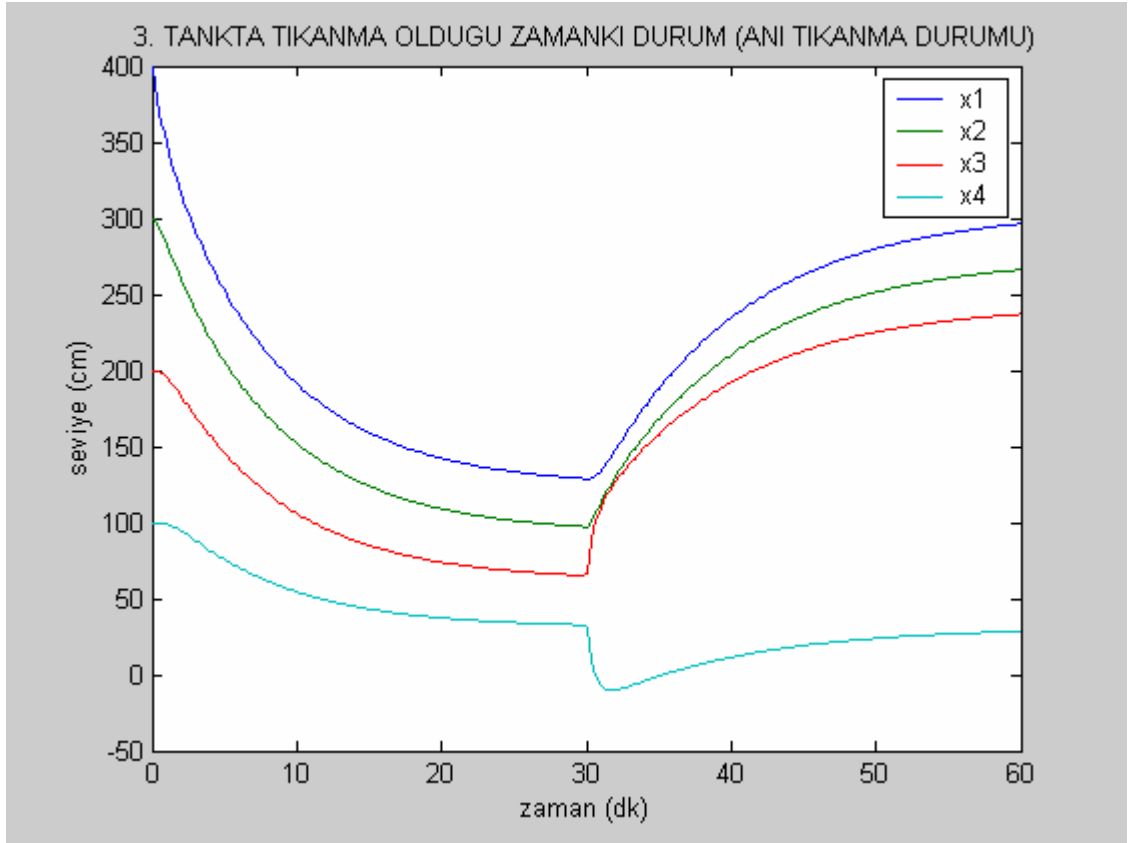
Şekil 4.10’da sistemde bir hata olduğunda bu hatanın değişimi verilmiştir. Sistemimiz 1, 3 ve 4. tankları gözlediği için sadece bu tanklara ait hata grafiği verilmiştir. Sistemimizdeki normal çıkışlar ile arızalı haldeki gözleyici çıkışları arasındaki farkı oluşturan hata grafiği yukarıdaki gibi elde edilmiştir.



Şekil 4.11: 3. tankta tüm olayların (Normal, Gözleyicili, Arızalı) ve Hatanın grafiklerle gösterilmesi 3. tankta tüm durumlar ve bu tanktaki Hatanın grafikte gösterilmesi

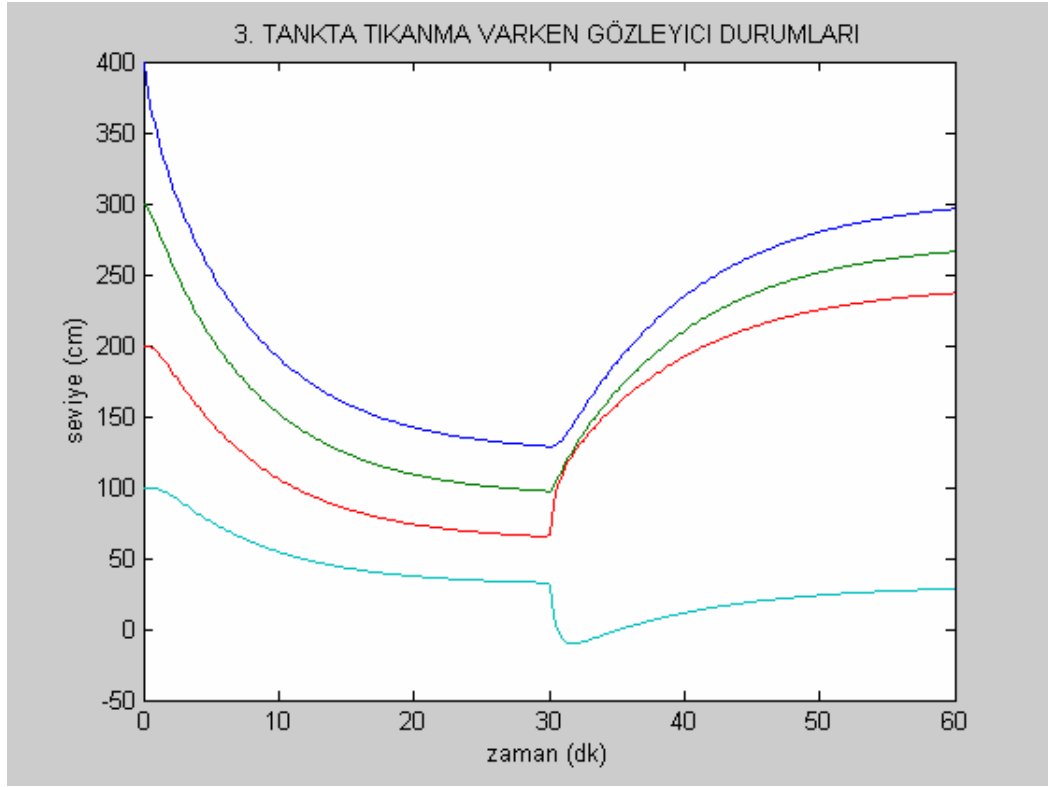
Gözleyicilerden alınan verilerle oluşan yukarıdaki grafikte görüldüğü gibi, sistemin 30. dakikasında ani bir değişim olmuştur. Sistem bu dakikaya kadar normal şekilde çalışırken 30. dakikada 3. tank seviyesinde keskin bir düşüş görülmüştür. Diğer tanklardaki su seviyelerini de etkileyen bu ani düşüşün 3. tankta olması, bize bu tankta bir su kaçağının olduğunu bildirmektedir. Sistem gözleyicileri arızadan dolayı oluşan hatayı şekil 4.8. deki gibi ortaya çıkarmıştır.

4.3 Tıkanma Durumu



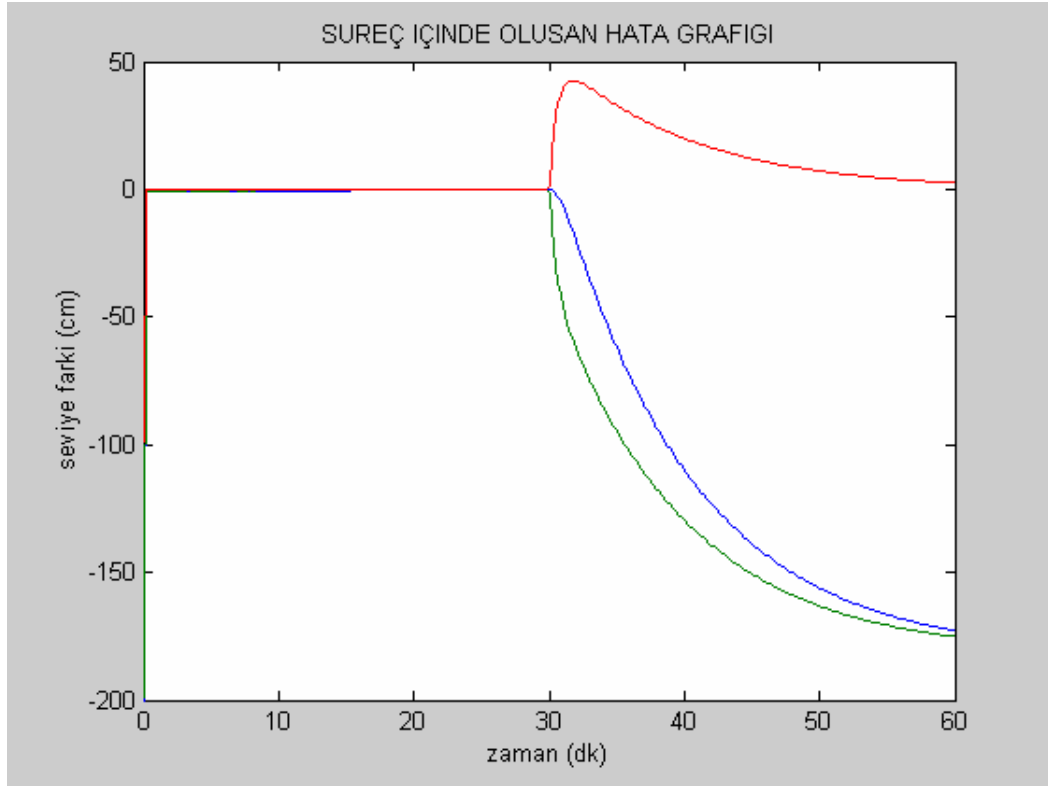
Şekil 4.12: 3. tankta 30. dakikadan sonra 25 cm² tıkanma olduğu zaman tanklardaki su seviyelerinin değişimi

Sistemimizde tıkanma olma durumu ele alınmıştır. Şekil 4.12.'de 3. tankta aniden bir tıkanma söz konusu olduğunda sistemin davranışı incelenmiştir. Şekil 4.12.'yi incelediğimizde 3. tankta tıkanma olduğu zaman 200 cm yükseklikte su seviyesinden başlayan ve kırmızı renk ile gösterilen grafikteki değişim birinci ve ikinci tanka göre daha keskin olmuştur. 4. tankta ise tam tersi olarak sadece kendisi boşaldığı için su seviyesinde azalma meydana gelmiştir.



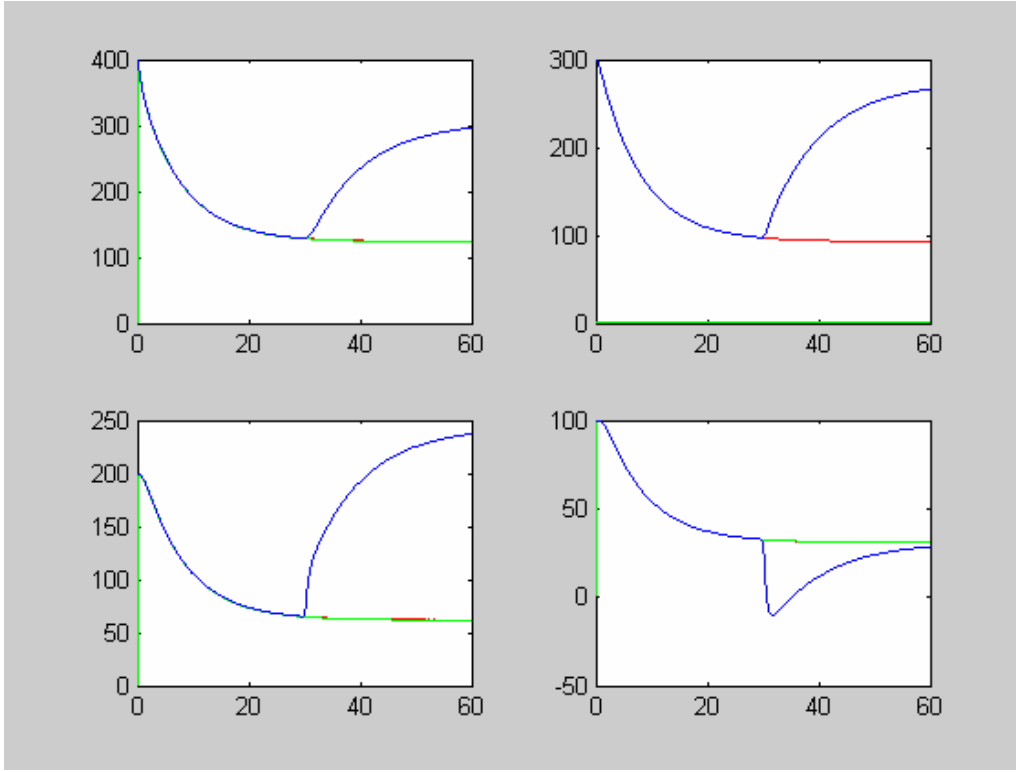
Şekil 4.13: 3. tankta tıkanma varken gözleyicilerin durumu

Sistemimizde gözleyiciler olduğu zaman ani tıkanma durumunda gözleyicilerden elde edilen seviye değişimi yukarı şekildeki gibidir. Buradaki şekilde de Şekil 4.12. deki gibi sistemin davranışı aynıdır. 3. tankta meydana gelen seviye değişimi birinci ve ikinci tanka göre daha keskin şekilde. Gözleyicilerden elde edilen verilerin doğru olduğunu anlamak için hata grafiğine bakmak gerekir.



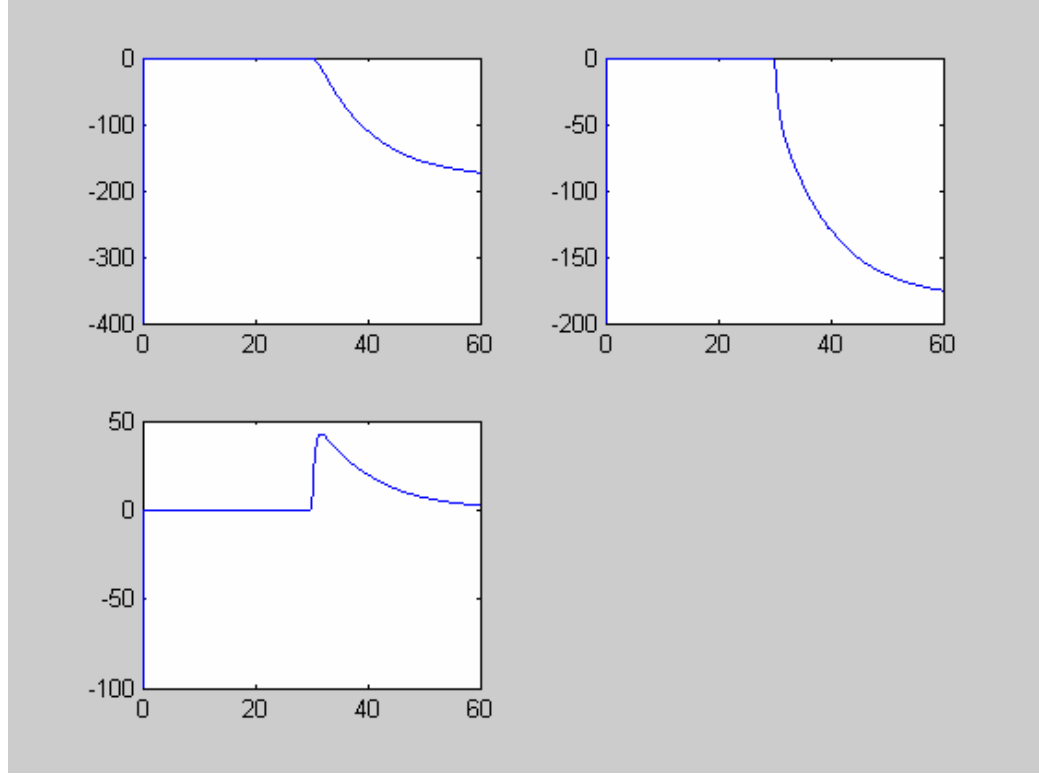
Şekil 4.14: Tankta meydana gelen arıza durumunda hata grafiği

Şekilde tank sisteminde 30. dakikada ani tıkanma meydana geldiğinde oluşan hata grafiği ekte yer almıştır. Sistemimizde 1, 3 ve 4. tank seviyeleri incelendiğinden hata grafiği olarak bu üç tankın durumu grafiksel olarak izlenmiştir. Yeşil renkli olan 3. tank mavi renkli olan birinci tank ve kırmızı renkli olan ise 4. tankta meydana gelen hatanın durumlarıdır. 3. tankta tıkanma olduğu için en büyük hata da 3. tankta oluşmuştur.



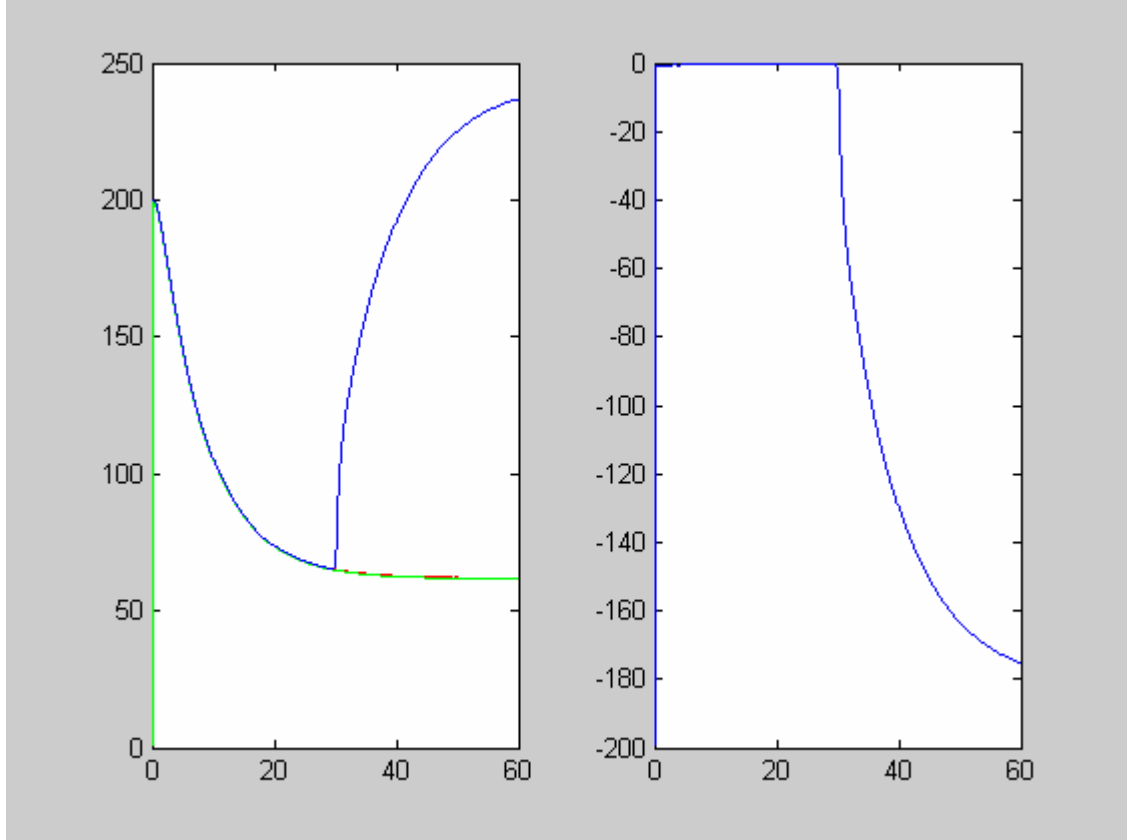
Şekil 4.15: Normal (kırmızı), Hatasız Gözleyici (yeşil) , Hatalı tank (mavi) çıkışlarının; Her bir tank için ayrı ayrı grafiklerde gösterilmesi

Şekilde tüm sistemin davranışları incelenmiştir. Tanklardaki başlangıç su seviyelerine göre tankların durumu bilinmektedir (1. tank 400cm, 2. tank 300 cm, 3. tank 200 cm ve 4. tank 100 cm). Burada kırmızı renkli olan normal durumda sistemdeki su seviyesinin değişimi, yeşil renkli olan gözleyicilerden elde ettiğimiz veriler ve mavi renkli olan ise ani kaçak meydana geldiğinde sistemdeki su seviyesinin değişimi gösterilmiştir. İncelediğimiz tüm durumlar bu grafikte gözükmektedir.



Şekil 4.16: Her tank için oluşan Hatanın ayrı ayrı grafiklerde gösterilmesi

Şekil 4.16’da sistemde bir hata olduğunda bu hatanın değişimi verilmiştir. Sistemimiz 1, 3 ve 4. tankları gözlediği için sadece bu tanklara ait hata grafiği verilmiştir. Sistemimizdeki normal çıkışlar ile arızalı haldeki gözleyici çıkışları arasındaki farkı oluşturan hata grafiği yukarıdaki gibi elde edilmiştir.



Şekil 4.17: 3. tankta tüm olayların (Normal, Gözleyicili, Arızalı) ve Hatanın grafiklerle gösterilmesi

Gözleyicilerden alınan verilerle oluşan yukarıdaki grafikte görüldüğü gibi, sistemin 30. dakikasında ani bir değişim olmuştur. Sistem bu dakikaya kadar normal şekilde çalışırken 30. dakikada, 1-2 ve 3. tanklardaki su seviyelerinde ani bir artış 4 nolu tankın su seviyesinde ise anormal bir düşüş görülmüştür. Bu durum bize 3. tankta bir tıkanmanın olduğunu göstermektedir. Şekilde sağ tarafta şekil 4.15’de verilen grafiğin sadece 3. tank için izlenmesi ve yanındaki grafikte de hatanın değişimi verilmiştir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada 4 tank sistemindeki tıkanma ve kaçak durumlarının gözleyicilerle takip edilip ortaya çıkarılmasını inceledim. 4 tank sistemine uygulanan arıza tespit ve teşhis yöntemi bize tanklarda oluşabilecek tıkanma/kaçak durumlarını anında göstermiş ve tedbir almamızı sağlamıştır. Yapılan çalışmada kaçak ve tıkanma durumu ayrı ayrı göz önüne alınmıştır. Sistemdeki tanklardan sadece 1, 3, 4 tanklarının durumları incelenmiş ve buradaki arızalar gözlenmiştir. Sistemde herhangi bir hata olduğunda sistemin hemen tepki verdiği grafiklerle gösterilmiştir. Sistemi denetlemek için gözleyici tasarlanmış ve gözleyiciler normale yakın şekilde sistemi gözlemişlerdir. Sistemde bir arıza olduğunda da hata sinyalinin davranışı incelenmiştir.

Yaptığım bu çalışmanın, kaçak ve tıkanmanın aynı anda olma durumlarının sisteme etkisi ve sistemdeki su seviyesine göre su kaynağındaki suyun akış miktarının ayarlanılabilirliği, Kaçak yada tıkanmanın zamanla arttığı durum olursa sistem davranışı, Arıza tespit edildiği zaman bir tespit sinyalinin üretilip sisteme alarm vermesi, Tespit edilen sinyalin hangi arızadan kaynaklandığının belirlenmesi gibi geliştirilebilecek projelere temel olmasını diliyorum.

KAYNAKLAR

- [1] **Gertler, J.**, 1998. Fault Detection and Diagnosis in Engineering Systems, Marcel Dekker, New York.
- [2] **Patton R. J., Frank P. M. and Clark R. N.**, 1989. Issue of Fault Diagnosis for Dynamic Systems.
- [3] **Çalışkan, F. and Hacıyev, Ch. M.**, 2003. Fault Diagnosis and Reconfiguration in Flight Control Systems. Kluwer yayınları
- [4] **Nelson, V.P.**, 1990. Fault-tolerant computing: Fundamental concepts, IEEE Computer, July, 19-25
- [5] **Beard, R.V.**, 1971. Failure accommodation in linear systems through self-organization. Man Vehicle Lab., Cambridge, M.A.
- [6] **Jones, H.L.**, 1973. Failure detection in linear systems, *PhD Thesis*, Dept. of aeronautics and astronautics, MIT, Cambridge, MA.
- [7] **Chen J., AND Patton R.J.**, 1999. Robust Model-Based Fault Diagnosis for Dynamic Systems, Kluwer Academic Publishers.
- [8] **Isserman, R.**, 1984. Process fault detection based on modelling and estimation methods, A Survey, Automatica, 20, 387-404.

EK (Program)

Yukarıda grafikleri elde etmemize yarayan program algoritması aşağıdaki gibidir.

hatadenklem.m

```
function dx=denklem(t,y)
global A
u=277.8;
A=0.0179553.*[-1 1 0 0;1 -2 1 0;0 1 -2 1;0 0 1 -2];
B=[0.002;0;0;0];
C=[1 0 0 0;0 0 1 0;0 0 0 1];
dx=A*y+B*u;

L=[1 0 0 0 1/500 0 0 0;0 1 0 0 -1/500 1/500 0 0;0 0 1 0 0 -1/500 1/500 0; ...
    0 0 0 1 0 0 -1/500 1/500];
S=[0;0;25;0]; %Tanktaki kacagin yuzey alani
s=[0;0;0;0]; %Tanktaki tikanikligin yuzey alani
YA=[500;500;500;500]; %Tanklarin taban yuzey alani
h=[100;100;100;100]; %Tanklardaki kacaklarin yerden yuksekligi
g=10;

mx(1)=-(S(1)/YA(1))*sqrt(2*g*(y(1)-h(1)));
mx(2)=-(S(2)/YA(2))*sqrt(2*g*(y(2)-h(2)));
mx(3)=-(S(3)/YA(3))*sqrt(2*g*(y(3)-h(3)));
mx(4)=-(S(4)/YA(4))*sqrt(2*g*(y(4)-h(4)));

mx(5) = s(1)*sqrt(2*g*(y(1)-y(2)));
mx(6) = s(2)*sqrt(2*g*(y(2)-y(3)));
mx(7) = s(3)*sqrt(2*g*(y(3)-y(4)));

mx(8) = s(4)*sqrt(2*g*y(4));
mx=mx';
mx = L*mx;
dx=dx+mx;
```

Denklem.m

```
function dx=denklem(t,y)
global A
u=277.8;
A=0.0179553.*[-1 1 0 0;1 -2 1 0;0 1 -2 1;0 0 1 -2];
B=[0.002;0;0;0];
C=[1 0 0 0;0 0 1 0;0 0 0 1];
dx=A*y+B*u;
```

Denklemz.m

```
function dx=denklemz(t,y)
global G
F=[-5 0 0 0;0 -6 0 0;0 0 -7 0;0 0 0 -8];
T=[1 0 0 0;0 1 0 0;0 0 1 0;0 0 0 1];
u=277.8;
A=0.0179553.*[-1 1 0 0;1 -2 1 0;0 1 -2 1;0 0 1 -2];
```

```
B=[0.002;0;0;0];
C=[1 0 0 0;0 0 1 0;0 0 0 1];
```

```
%Normal Çikislar
```

```
dx(1)=A(1,:)*y(1:4)+B(1)*u;
dx(2)=A(2,:)*y(1:4)+B(2)*u;
dx(3)=A(3,:)*y(1:4)+B(3)*u;
dx(4)=A(4,:)*y(1:4)+B(4)*u;
```

```
Y=C*y(1:4);
```

```
%Observer Çikislari
```

```
dx(5)=F(1,:)*y(5:8)+G(1,:)*Y(1:3)+T(1,:)*B*u;
dx(6)=F(2,:)*y(5:8)+G(2,:)*Y(1:3)+T(2,:)*B*u;
dx(7)=F(3,:)*y(5:8)+G(3,:)*Y(1:3)+T(3,:)*B*u;
dx(8)=F(4,:)*y(5:8)+G(4,:)*Y(1:3)+T(4,:)*B*u;
dx=dx';
```

faultdenklem.m

```
function dx=denklem(t,y)
```

```
global A
```

```
u=277.8;
```

```
A=0.0179553.*[-1 1 0 0;1 -2 1 0;0 1 -2 1;0 0 1 -2];
```

```
B=[0.002;0;0;0];
```

```
C=[1 0 0 0;0 0 1 0;0 0 0 1];
```

```
if t<1800
```

```
    dx=A*y+B*u;
```

```
else
```

```
    dx=A*y+B*u;
```

```
L=[1 0 0 0 1/500 0 0 0;0 1 0 0 -1/500 1/500 0 0;0 0 1 0 0 -1/500 1/500 0; ...
    0 0 0 1 0 0 -1/500 1/500];
```

```
S=[0;0;25;0]; %Tanktaki kacagin yuzey alani
```

```
s=[0;0;0;0]; %Tanktaki tikanikligin yuzey alani
```

```
YA=[500;500;500;500]; %Tanklarin taban yuzey alani
```

```
h=[100;100;100;100]; %Tanklardaki kacaklarin yerden yuksekligi
```

```
g=10;
```

```
if y(1)>0
```

```
mx(1)=-(S(1)/YA(1))*sqrt(2*g*(y(1)-h(1)));
```

```
else
```

```
    mx(1)=0;
```

```
end
```

```
if y(2)>0
```

```
mx(2)=-(S(2)/YA(2))*sqrt(2*g*(y(2)-h(2)));
```

```
else
```

```
    mx(2)=0;
```

```
end
```

```
if y(3)>0
```

```
mx(3)=-(S(3)/YA(3))*sqrt(2*g*(y(3)-h(3)));
```

```
else
```

```
    mx(3)=0;
```

```
end
```

```
if y(4)>0
```

```
mx(4)=-(S(4)/YA(4))*sqrt(2*g*(y(4)-h(4)));
```

```

else
    mx(4)=0;
end
mx(5) = s(1)*sqrt(2*g*(y(1)-y(2)));
mx(6) = s(2)*sqrt(2*g*(y(2)-y(3)));
mx(7) = s(3)*sqrt(2*g*(y(3)-y(4)));

mx(8) = s(4)*sqrt(2*g*y(4));
mx=mx';
mx = L*mx;

dx=dx+mx;
end

```

Seviye.m

```

global A
global G
x0=[400 300 200 100];
tspan=[0:10:3600];
td = tspan./60;

% 01 - Arizasiz Su seviyeleri
[t x]=ode45('denklem',tspan,x0);
figure(1),plot(td,x);
legend('x1','x2','x3','x4')
title('ARIZASIZ DURUMDAKI TANK SEVIYELERIN DEGISIMI')
xlabel('zaman (dk)')
ylabel('seviye (cm)')

%*****
% 02 - Arizasiz Durumdaki Cikislar
C=[1 0 0 0;0 0 1 0;0 0 0 1];
y=C*x';
figure(2),plot(td,y);
legend('y1','y2','y3')
title('ARIZASIZ DURUMDAKI TANK SEVIYELERI (ÇIKISLAR)')

%*****
% 03 - Devamli Kaçak-Tikanma Olmasi Durumunda
[t y]=ode45('hatadenklem',tspan,x0);

%*****
% 04 - Aniden Kaçak-Tikanma Olmasi Durumunda
[t z]=ode45('faultdenklem',tspan,x0);
figure(4),plot(td,z);
legend('x1','x2','x3','x4')
title('3. TANKTA KAÇAK OLDUGU ZAMANKI DURUM (ANI KAÇAK DURUMU)')    %Kaçak durumu
%title('3. TANKTA TIKANMA OLDUGU ZAMANKI DURUM (ANI TIKANMA DURUMU)')
%Tikanma durumu
xlabel('zaman (dk)')
ylabel('seviye (cm)')

F=[-5 0 0 0;0 -6 0 0; 0 0 -7 0; 0 0 0 -8];
T=[1 0 0 0; 0 1 0 0;0 0 1 0;0 0 0 1];

```

```

Sol=(T*A-F*T)*C';
Sag=C*C';
G=Sol*inv(Sag)

%*****
x0z=[400 300 200 100 1 1 1 1];
tspan=[0:10:3600];
%*****
% 05 - Arizasiz Durumda Observerin Durumu
[t z]=ode45('denklemlz',tspan,x0z);
figure(5),plot(td,z(:,5:8))
title('ARIZASIZ DURUMDA GÖZLEYİCİLERİN DURUMU')
xlabel('zaman (dk)')
ylabel('seviye (cm)')

%*****
% 06 - Arizasiz Durumda Hata Grafigi
clear y
y=C*z(:,1:4)';
P=[-1 0 0;0 -1 0;0 0 -1];
e=C*z(:,5:8)'+P*y(1:3,:);
figure(6),plot(td,e)
axis([0.4, 20, -5, 5])
title('ARIZASIZ DURUMDA HATA GRAFIGI')
xlabel('zaman (dk)')
ylabel('seviye farki (cm)')

%*****
[t o]=ode45('faultdenkleml',tspan,x0);
clear y
y=C*o(:,1:4)';

% 07 - Arizali (Tikanma & Kacak) Durumda Observerin Durumu
figure(7),plot(td,o(:,1:4));

title('3. TANKTA KAÇAK VARKEN GÖZLEYİCİ DURUMLARI')
%title('3. TANKTA TIKANMA VARKEN GÖZLEYİCİ DURUMLARI')
xlabel('zaman (dk)')
ylabel('seviye (cm)')

P=[-1 0 0;0 -1 0;0 0 -1];
e=C*z(:,5:8)'+P*y(1:3,:);

%*****
% 08 - Hata Grafigi
figure(8),plot(td,e)

axis([0, 60, -20, 80]) % Kacak durumu
%axis([0, 60, -200, 50]) %Tikanma durumu
title('SUREÇ İÇİNDE OLUSAN HATA GRAFIGI')
xlabel('zaman (dk)')
ylabel('seviye farki (cm)')

```

toplugrafik.m

```

global A
global G
x0=[400 300 200 100];
tspan=[0:10:3600];
td = tspan./60;

%Sonradan Bizim Ekledigimiz Kisim*****
[t x]=ode45('denklem',tspan,x0);

C=[1 0 0 0;0 0 1 0;0 0 0 1];
y=C*x';

F=[-5 0 0 0;0 -6 0 0; 0 0 -7 0; 0 0 0 -8];
T=[1 0 0 0; 0 1 0 0;0 0 1 0;0 0 0 1];
Sol=(T*A-F*T)*C';
Sag=C*C';
G=Sol*inv(Sag)

x0z=[400 300 200 100 1 1 1 1];

[t z]=ode45('denklemlz',tspan,x0z);

[t o]=ode45('farukdenklem',tspan,x0);

clear y
y=C*o(:,1:4)';

P=[-1 0 0 0;0 -1 0 0;0 0 -1];
e=C*z(:,5:8)+P*y(1:3,:);

figure(13)
subplot(1,2,1)
plot(td,x(:,1),'r-')
hold on
plot(td,z(:,5),'g-')
hold on
plot(td,o(:,1),'b-')
hold on
subplot(1,2,2)
plot(td,e(1,:))

figure(14)
subplot(1,2,1)
plot(td,x(:,3),'r-')
hold on
plot(td,z(:,7),'g-')
hold on
plot(td,o(:,3),'b-')
hold on
subplot(1,2,2)
plot(td,e(2,:))

figure(15)
subplot(1,2,1)
plot(td,x(:,4),'r-')

```

```

hold on
plot(td,z(:,8),'g-')
hold on
plot(td,o(:,4),'b-')
hold on
subplot(1,2,2)
plot(td,e(3,:))

```

% 10 - Normal , Hatasiz Observer, Hatali Tank Cikislarinin; Her tank icin ayri ayri grafiklerde gösterilmesi

```

figure(11)
subplot(2,2,1)
plot(td,x(:,1),'r-')
hold on
plot(td,z(:,5),'g-')
hold on
plot(td,o(:,1),'b-')

```

```

subplot(2,2,2)
plot(td,x(:,2),'r-')
hold on
plot(td,z(:,6),'g-')
hold on
plot(td,o(:,2),'b-')

```

```

subplot(2,2,3)
plot(td,x(:,3),'r-')
hold on
plot(td,z(:,7),'g-')
hold on
plot(td,o(:,3),'b-')

```

```

subplot(2,2,4)
plot(td,x(:,4),'r-')
hold on
plot(td,z(:,8),'g-')
hold on
plot(td,o(:,4),'b-')

```

% 11 - Her tank icin olusan Hatanin Ayri Ayri grafiklerde gösterilmesi

```

figure(12)
subplot(2,2,1)
plot(td,e(1,:))
subplot(2,2,2)
plot(td,e(2,:))
subplot(2,2,3)
plot(td,e(3,:))

```

ÖZGEÇMİŞ

Murat Aydemir, 1978 yılında Bolu'nun Gerede ilçesinde doğdu. Orta öğrenimini Ankara- Polatlı'da tamamladıktan sonra 1995 yılında Kocaeli Üniversitesi, Elektrik Mühendisliği bölümüne girdi. 1997 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi, Elektrik Mühendisliği bölümüne yatay geçiş yaptı. 2000 yılında adı geçen bölümde lisans öğrenimini tamamladı. Yine aynı yıl İTÜ Kontrol ve Otomasyon Mühendisliği Programında Yüksek Lisans çalışmasına başladı.