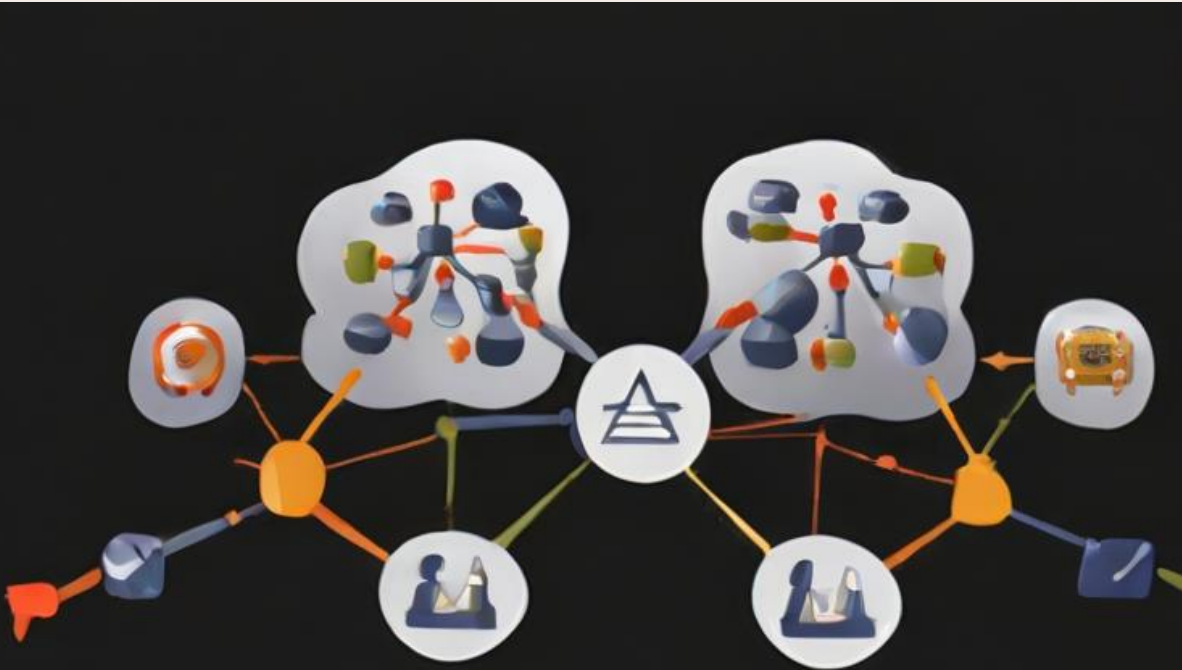


Multivariable System Design

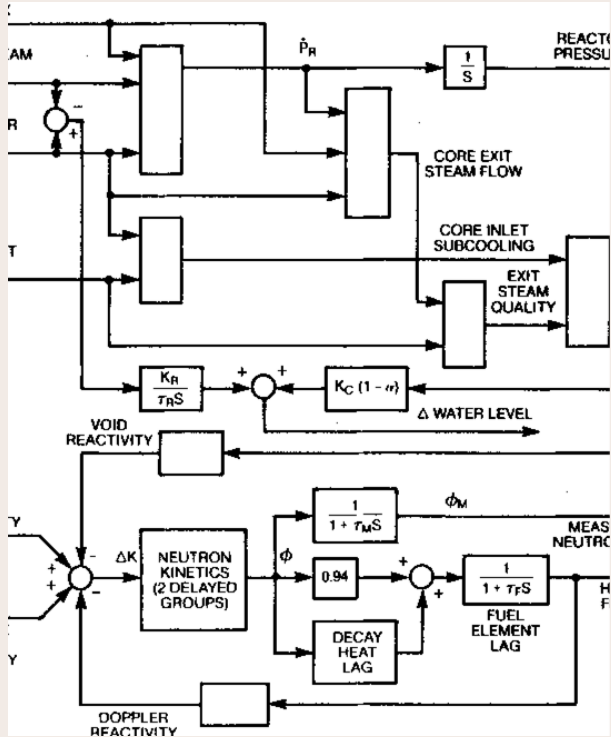


Hazırlayan:
Ensar Karabina
No: 213303010

Multivariable Control System nedir?

Çok değişkenli kontrol sistem tasarımı, eş zamanlı olarak birden fazla giriş ve çıkış değişkenini yöneten kontrol sistemlerinin tasarımını ve uygulanmasını içerir. Mühendislik ve kontrol teorisi açısından, bir sistem birden fazla girişe ve/veya birden fazla çıkışa sahipse, bu sistem çok değişkenli olarak kabul edilir. Bu sistemler genellikle tek girişli, tek çıkışlı (SISO) sistemlerden daha karmaşıktır ve analiz ve tasarım için özel teknikleri gerektirir.

Multivariable Control System Design



Tasarımın Temel Yönleri

- Kapsamlı sistem kontrolü için birden fazla giriş ve birden fazla çıkış içerir.
- Durum uzayı yöntemleri, transfer fonksiyonu matrisleri ve çok değişkenli frekans alanı analizi gibi teknikleri kullanır.
- Tüm giriş-çıkış çiftlerinde kararlılık, geçici yanıt ve kararlı durum hatası gibi performans özellikleri arasında bir denge gerektirir.

Çok Değişkenli Kontrol Sistemi Tasarımı



Çok değişkenli kontrol sistemi tasarımı, birden fazla giriş ve çıkış değişkenini aynı anda yöneten kontrol sistemlerinin tasarımını ve uygulanmasını içerir.



Çok değişkenli kontrol sistemi tasarımının temel yönleri arasında sistem temsili, analiz teknikleri, kontrolör tasarımı ve gerçek zamanlı uygulama yer alır.



Bu sistemler havacılıkta, kimyasal proses endüstrilerinde, otomotiv sistemlerinde, robotikte ve daha birçok alanda kullanılmakta olup tasarım ve analizleri için özel teknikler gerektirir.



Tasarım süreci, uygulama alanının özel gereksinimleri ve kısıtlamaları dikkate alınarak sıklıkla tekrarlanır.

Çok değişkenli kontrol sistem tasarımının temel yönleri şunları içerir:

Sistem Temsili:

- **Durum Uzayı Temsili:** Çok değişkenli sistemler, genellikle durum değişkenleri, girişler ve çıkışlar açısından sistemin davranışını tanımlayan durum uzayı denklemleri kullanılarak temsil edilir.
- **Transfer Fonksiyonu Temsili:** Transfer fonksiyonları, giriş ve çıkış arasındaki ilişkiyi frekans domain analizinde temsil etmek için kullanılabilir.

Analiz Teknikleri:

- **Frekans Domain Analizi:** Çok değişkenli sistemler, farklı frekanstaki dinamik davranışlarını anlamak için frekans domaininde analiz edilir.
- **Kararlılık Analizi:** Sistemin kararlılığını sağlamak kritiktir ve çok değişkenli sistemlere kararlılık analizi teknikleri uygulanır.

Multivariable Control Systems: An Engineering Approach P. Albertos A. Sala sayfa-1

https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=en&user=GgXFIOcAAAAJ&citation_for_view=GgXFIOcAAAAJ:4DMP91E08xMC

Kontrolör Tasarımı:

- Çok Değişkenli PID Kontrol: Oransal-İntegral-Türevsel (PID) kontrol teknikleri, çok değişkenli sistemlere genişletilebilir.
- Durum Uzayı Kontrolü: Çok değişkenli sistemler için kontrolör tasarımında genellikle durum uzayı yöntemleri kullanılır. Kutup yerleştirme ve optimal kontrol gibi teknikler uygulanabilir.

Merkezi ve Dağıtılmış Kontrol:

- Dağıtılmış Kontrol: Bazı durumlarda, sistem içindeki bireysel alt sistemler veya döngüler için ayrı kontrolörler tasarlamak pratik olabilir.
- Merkezi Kontrol: Merkezi kontrolör, değişkenler arasındaki bağımlılıkları dikkate alarak tüm girişleri ve çıkışları eş zamanlı olarak yönetecek şekilde tasarlanır.

Dayanıklılık ve Duyarlılık:

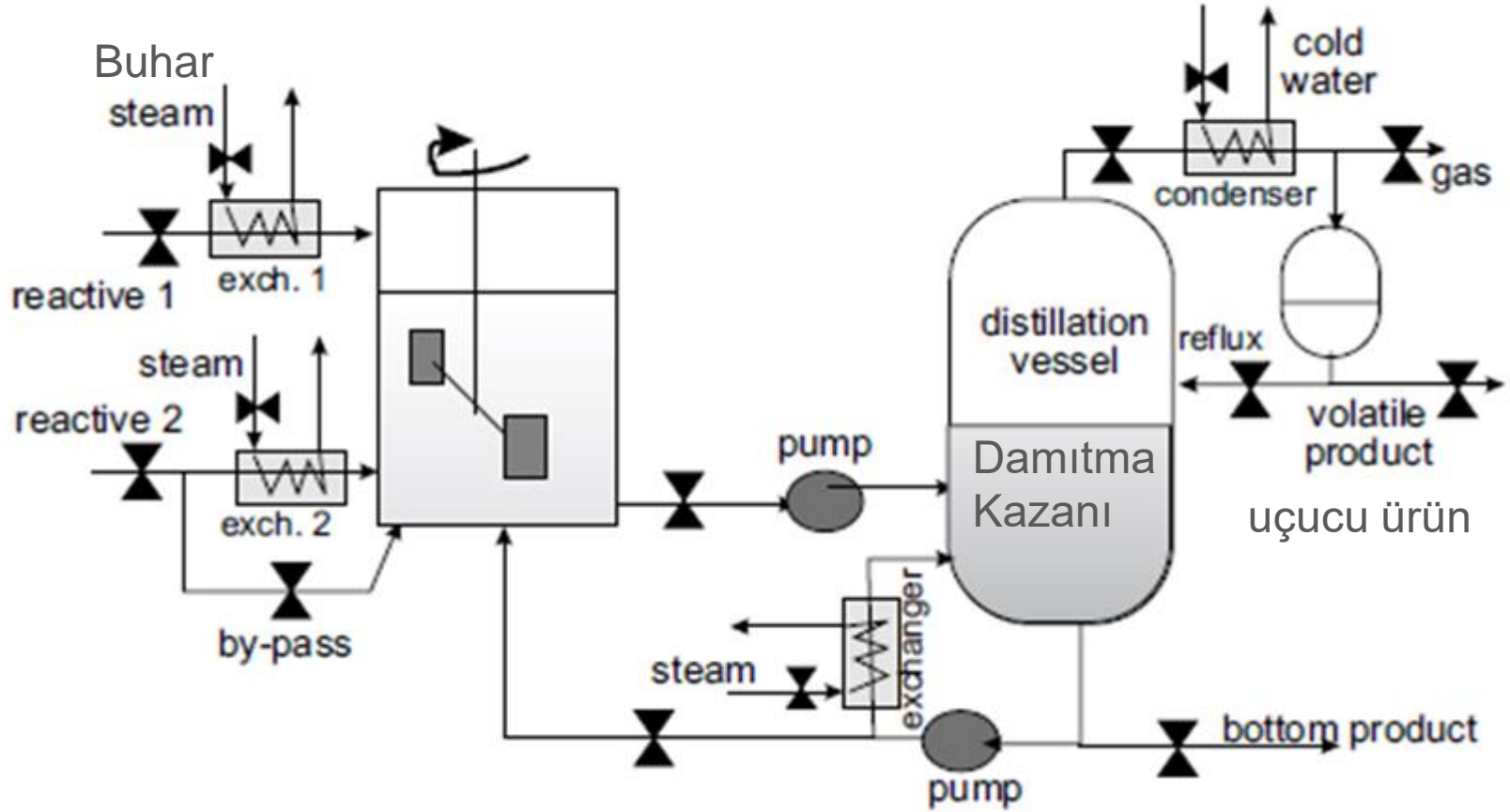
- Çok değişkenli sistemler genellikle değişikliklere ve bozucu etkilere daha duyarlıdır. Belirsizliklerin varlığında sistem kararlılığını ve performansını artırmak için dayanıklı kontrol teknikleri kullanılır.

Gerçek Zamanlı Uygulama:

- Çok değişkenli kontrol sistemlerinin uygulanması genellikle gerçek zamanlı işleme ve kontrol eylemlerini hesaplamak için karmaşık algoritmaların kullanılmasını içerir.

Çok değişkenli kontrol sistem tasarımının uygulama alanları havacılık, kimyasal proses endüstrileri, otomotiv sistemleri, robotik ve daha birçok alanda bulunabilir. Tasarım süreci genellikle istenen performans kriterlerine uygunluğu sağlamak için teorik analiz, şimülasyon ve pratik deneyimin bir kombinasyonunu içerir.

Örnek 1. Bir kimyasal ürünü rafine etmek için tipik bir işlem ünitesini düşünelim. İlk olarak, iki hammadde (reaktif) karıştırılır ve bir damıtma kolonuna beslenir; burada baş ve alt bileşenler elde edilir. Ünitenin çalıştırılabilmesi için, farklı malzeme akışlarını kontrol etmemiz, giriş akışlarına uygun sıcaklık sağlamamız ve kolondaki işletme koşullarını istenen şekilde ayarlayarak sürdürmemiz gerekmektedir. Bir dizi tamamlayıcı faaliyet de gereklidir, örneğin karışım tankındaki içeriği karıştırmak veya yardımcı veya ara depolama tanklarının tümünde uygun seviyeleri korumak. Ünitenin basit bir düzenlemesi Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1

Son kontrol hedefi, en iyi damıtılmış ürünleri (maksimum saflık) en iyi koşullar altında elde etmektir.(maksimum verim, safiyet(katışıksızlık), konsantrasyonlardaki azalma, ...) ayrıca maliyet ve çevresel kısıtlamaları da göz önünde bulundurarak. Ancak ürünleri elde etmeye başlamadan önce, tüm ekipman cihazlarını başlatmamız, reaktiflerin düzenli bir akışını sağlamamız, nominal işletme koşullarına ulaşmamız ve ardından ünitenin üretim altında istikrarlı kalmasını sağlamamız gerekmektedir. Ayrıca, ünitenin herhangi bir bölümündeki arızalara dikkat edilmelidir: valfler, karıştırıcı, ham madde varlığı, ısıtma sistemleri, vb.

Kontrol edilecek süreç, tasarımına bağlı olarak bir DC motoru veya bir su tankı gibi basit bir şeyden, mobil bir platform veya bir petrol rafinerisi gibi çok karmaşık bir sistem olabilen bir varlıktır. Kontrol gereksinimleri gözetilmiş olsun veya olmasın, kontrol tasarımı, ekipman modüllerinin olduğunu varsayar. Verilen ve zaten süreç uzmanlarının yönergelerine göre birbirine bağlı olan ekipman modüllerini içerir.

Bazı durumlarda, belirli bir kontrol sistemi ile beklenen performansın analizi, sürecin veya enstrümantasyonun (sensör ve aktuatörler) değişiklik yapılmasını önerir; örneğin, kontrol açısından, karışık malzemenin veya baş ürünün reflux'unun (cezir) sürekli bir şekilde beslenmesi belirli bir kolon tablasında daha iyi olabilir, ancak bu an için sabittir. Süreci kontrol etmek için, süreci istenen şekilde evrimleştirmek için kontrol eylemlerini tanıtmaya izin veren bazı manipüle edilebilir değişkenler bulunmalıdır. İlgileneceğimiz süreç türlerinde her zaman bir veya daha fazla manipüle edilebilir değişken bulunur, bu da süreci kontrol etme konusunda daha fazla zenginlik ve seçenek sağlar. Otomatik olarak kontrol edilen bir tesiste, bu manipüle edilebilir değişkenler, ilgili aktuatörler aracılığıyla sürece etki eder. Süreç hakkında bilgi edinmek için bazı içsel değişkenler ölçülmelidir ve bunlar çıkış değişkenleri olarak kabul edilir. Yine, birden fazla çıkış değişkeni dikkate alınacaktır. Kontrol hedefi, bu değişkenlerin kendileri veya bunlarla doğrudan ilgili diğer değişkenler olabilir: Bunları bir düzenleyici sistemde sabit tutmak, bir servo sistemlerinde bazı referansları izlemek veya bunları zamansal, harmonik veya stokastik(rastlantısal) özelliklere sahip belirli bir şekilde gerçekleştirmek.

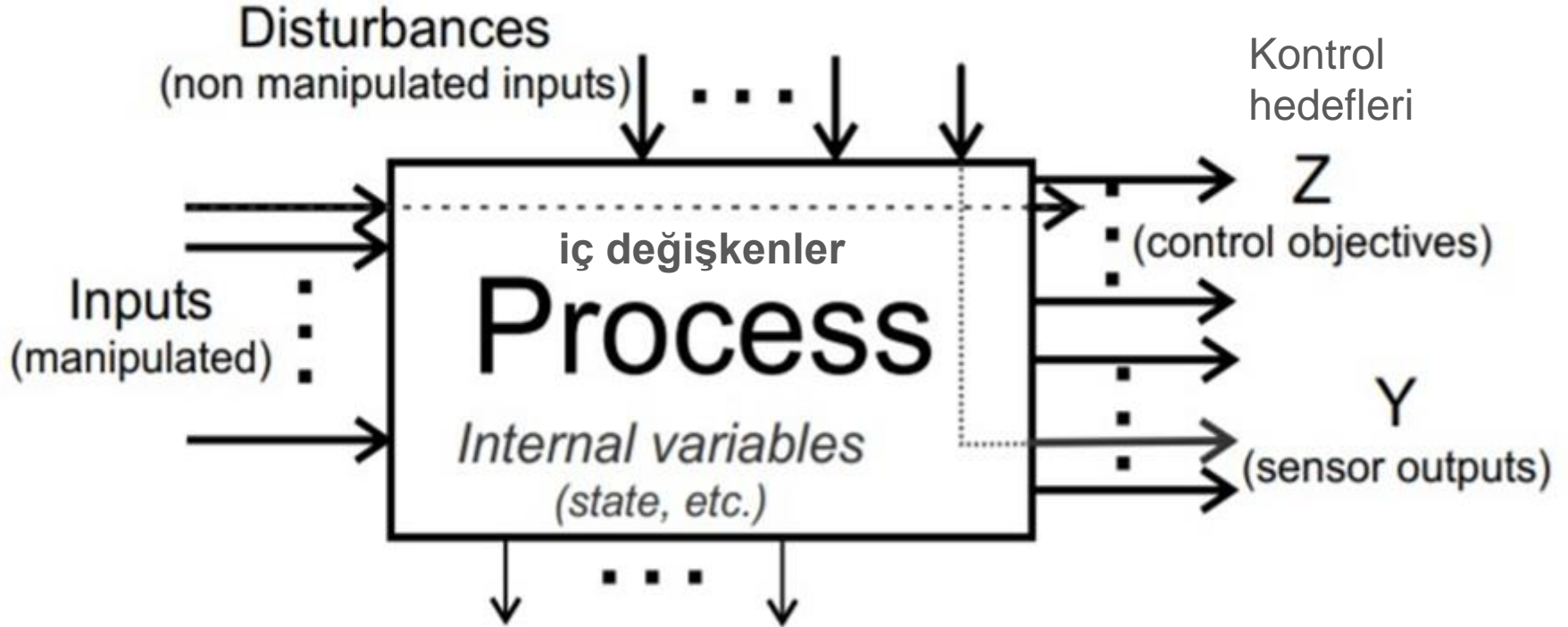
Distilasyon ünitesinde, Şekil 1'de, birçok giriş değişkeni bulunmaktadır. 14 valf, iki pompa ve bir karıştırıcı olmak üzere sayabileceğimiz kadar çok giriş değişkeni bulunmaktadır. Tüm bunlar, üniteyi çalıştırmak için kullanılabilir ve manipüle edilebilir değişkenler olarak kabul edilebilir, ancak çoğu yerel olarak kontrol edilecek veya manuel olarak sabitlenmiş ve kontrol stratejisine müdahale etmeyeceklerdir. Birim içinde farklı noktalarda sıcaklıklar, akışlar, seviyeler veya konsantrasyonlar, tesisin davranışı hakkında bilgi sağlayabilir, ancak hepsi ölçülmez. Daha da azı kontrol edilir. Ölçüm cihazları seti, ölçümleri koşullandırmak için gereken enstrümantasyon ile birlikte veri toplama sistemi oluşturur ve bu sistem, transdüserleri, iletişim hatlarını ve dönüştürücüleri içeren oldukça karmaşık olabilir. Bu cihazlar, uygun kontrolü sağlamada da temel rol oynayacaktır.

Dipnot

Transdüser: Algıladığı bilgiyi elektrik enerjisine çeviren cihazlara transdüser denir.

Sürece etki eden ancak kontrol hedeflerine ulaşmak için manipüle edilmeyen giriş değişkenleri veya sinyaller, müdahaleler olarak kabul edilmelidir. Bunlar genellikle diğer süreçlerin bir sonucu olarak belirlenir veya en basit durumda sabit olarak kabul edilir. Bu müdahaleler öngörülebilir (deterministik) olabilir veya olmayabilir. Örneğin, bir haddehane sürecinde, makaraların hızını etkileyen yeni bir bloğun gelmesi öngörülebilir ancak önlenemeyen bir olaydır. Ayrıca, müdahaleler ölçülebilir veya ölçülemez olabilir. Hatta müdahalenin bazı özellikleri önceden bilinebilir, eğer bir sinyal sınıfına aitse. Örneğin, distilasyon kolonunda ham madde konsantrasyonu hakkında bilgi edinebiliriz, ancak bu başka bir yerde sabittir ve manipüle edilebilir bir değişken olarak kabul edilemez. Ortam sıcaklığı da kısmen öngörülebilir bir müdahaledir.

(manipüle edilmeyen girişler)



Şekil 2

Süreç Değişkenleri

Bir sürecin davranışını incelemek, ilgili değişkenleri ve bunların ilişkilerini, değişken tarafından neyin temsil edildiğini ve süreç modellerini analiz etmektir. Daha önce de belirtildiği gibi, Şekil 2'de gösterilen süreçle ilgili olarak değişkenler şunlar olabilir: dışsal veya girdiler, diğer süreçler veya çevre tarafından belirlenen, süreç üzerinde etkili olan ve şu şekilde değerlendirilen:

manipüle edilen veya kontrol edilen değişkenler, u , eğer sürecin dinamikleri. Aktüatörler, tesisin davranışını değiştirmek için kontrol komutlarını uygun güç seviyelerine yükseltecek,

Bozulmalar, d , diğer alt sistemlerin kontrol edilemeyen çıktıları ise, içseldir, süreç girdilerine, sistem yapısına ve parametrelere bağımlıdır. Bu süreç değişkenlerinin davranışlarını değerlendirme ile ilgileniyoruz. Bunlar şu şekilde sınıflandırılabilir:

Bunlar şu şekilde sınıflandırılabilir:

Çıktılar veya ölçülen değişkenler, y , eğer algılanıyorlarsa ve süreç gelişimi hakkında bilgi sağlıyorlarsa, kontrol edilen değişkenler, z , eğer kontrol hedefleri bunlara dayanıyorsa. Sensörlerin mevcudiyetine ve yerleşimine bağlı olarak çıkış olabilirler veya olmayabilirler; durum değişkenleri ar, daha sonra uygun şekilde tanımlandığı gibi, girişlerin bilinmesi durumunda herhangi bir diğer dahili değişkenin hesaplanmasına izin veren minimum dahili değişkenler kümesidir.

Dinamik fiziksel sistemler zaman içinde sürekli olarak gelişir. Dolayısıyla, ilgili değişkenler, gerçek değişkenler gibi zamanın fonksiyonlarıdır ve sürekli zaman (CT) sinyalleriyle temsil edilir (örneğin, $u(t)$, $u \in R^m$, $t \in R$, bir m kümesini temsil eder) gerçek CT değişkenleri). Bununla birlikte, analizin amacına uygun olarak, sinyallerin yalnızca bazı özellikleri ilgi çekici olabilir. Örneğin, bu değişkenlerin yalnızca belirli bir zaman anında değeri ilgiliyse, değişkenlerin modeli ayrıktır ve ayrık zaman (DT) sinyalleriyle temsil edilirler; zaman bir tamsayı değişkendir ($t \in Z$).

Dijital kontrol sistemlerinde, dahili sayı gösteriminin sonlu kelime uzunluğundan dolayı sinyaller kuantize edilir ($u_i \in \mathbb{Z}$). Belki değişkenlerin yalnızca bazı düzeyleri alakalıdır. En basit durumda, yalnızca iki seçenek dikkate alınır ve karşılık gelen değişken, mantıksal veya ikili bir sinyal ($u_i \in \{0, 1\}$) ile temsil edilir. Damıtma ünitesi değişkenlerinin çoğu CT sinyalleri kullanılarak modellenir, ancak kontrol amacıyla dijital veya mantıksal olarak işlenebilir. Örneğin karıştırmacı hızı iki seçenekle temsil edilebilir:

Açık ve kapalı. Bazı değişkenler önceden belirlenmiş bir değer aralığının içinde yer alıyorsa CT sinyali olarak ele alınabilir; aralığın dışında ise doymuş veya sıfır olarak kabul edilir. Yani aynı fiziksel değişkenler, bağlı olarak farklı sinyallerle temsil edilebilir.

Dipnot

Kuantize: Bir şeyin nicelenmiş olması

Tedavilerinin amacı. Daha önce de belirtildiği gibi, bazı durumlarda bir değişkenin zamanın bir fonksiyonu olarak aldığı değer konuyla ilgili değildir ve biz, frekans bileşenleri gibi büyüklük veya faz bakımından bazı periyodik özelliklerle ilgileniriz. Harmonik analiz (Fourier dönüşümü) bu nedenle uygundur. Diğer bazı durumlarda ise değişkenlerin yalnızca stokastik özellikleri ilgi çekicidir. Örneğin bir damıtma ürününün konsantrasyonunu düşünün. Kullanıcının ilgisi, konsantrasyonun belirli bir zamandaki anlık değerinden daha fazla, makul bir aralıktaki ortalama konsantrasyonun yanı sıra olası maksimum sapmalardır. Çok değişkenli sistemlerde, kontrol eylemlerini hesaplamak için farklı "hataların" kullanılması gerekiyorsa, bunları karşılaştırılabilir hale getirmek için değişkenlerin büyüklüğünü ölçeklendirmek de zorunludur. Genellikle önemli değişken aralıkları normalleştirilir, böylece belirli bir hatanın 1'den düşük olması durumunda bazı performans ölçümlerinin yerine getirildiği söylenebilir. Bu, hızlı karşılaştırmalı analiz için uygundur.

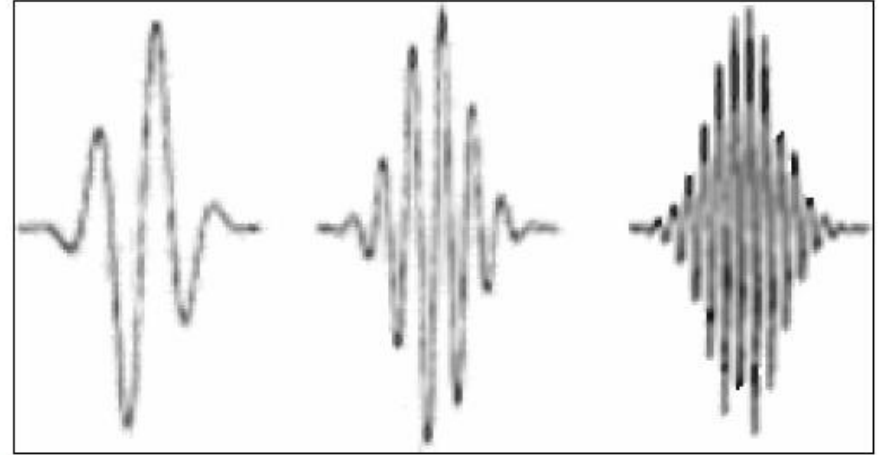
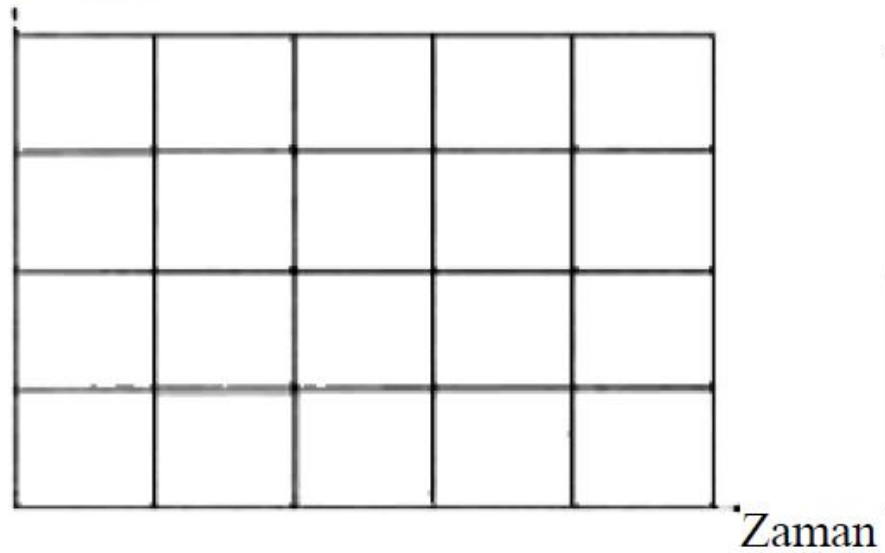
Fourier Dönüşümü nedir?

Standart Fourier dönüşüm yöntemi sinyal işlemenin birçok alanında başarıyla kullanılır. Peki Fourier Dönüşümü nedir?

Fourier Dönüşümü;

Standart Fourier dönüşüm yöntemi sinyal işlemenin bir çok alanında başarıyla kullanılır. Fakat, sinyal sonlu süreli olduğunda iyi bir frekans çözünürlüğüne sahip değildir. Gabor'un geliştirdiği KSFD olarak adlandırılan Fourier dönüşümünün iyileştirilmiş bir sürümü, sonuçları daha iyi bir hale getirmiştir (Allen ve Rabiner, 1977). Bu yöntemde, sinyal; $x(t)$, bir pencere fonksiyonu, $g(t)$, ile evriştirilmiştir. Böylece Fourier dönüşümü, bir çok üstünlüğe sahip merkezlenmiş zaman bölgesi evriştirilmiş sinyalin üzerinden alınır. Bu yöntemin zaman frekans çözünürlüğü Şekil 3'de verilmiştir (Rioul ve Vetterli, 1991). Şekilden de görülebileceği gibi, KSFD ile bir boyutlu sinyal, iki boyutlu fonksiyon uzayına eşlenmiştir.

Frekans



Şekil 3

Yani Fourier dönüşümü sinyaller işlenirken, frekans-zamana dönüştürülmesinde kullanılabilen matematiksel araçtır. Fourier dönüşümü sadece sinyallerde değil başka matematiksel ifadelerde de kullanılabilir.

Doğrusallık (Lineerlik)

Bu en önemli basitleştirmedir. Bir sürecin (herhangi bir operatör gibi) aşağıdaki doğrusallık ilkelerini sağlaması durumunda doğrusal olduğu söylenir:

1. Yanıt girişle orantılıdır. Yani, belirli bir girdi için, $u(t)$, yanıt $y(t)$, bir $\alpha u(t)$ girişi için yanıt $\alpha y(t)$, $\alpha \in \mathbb{R}$ 'dir.
2. Çeşitli girdilerin etkisi katkılıdır. Yani, eğer belirli bir giriş $u_1(t)$ için yanıt $y_1(t)$ ise ve $u_2(t)$ girişi için yanıt $y_2(t)$ ise, $u(t) = \alpha_1 u_1(t) + \alpha_2 u_2(t)$ yanıt şu şekildedir: $y(t) = \alpha_1 y_1(t) + \alpha_2 y_2(t)$.

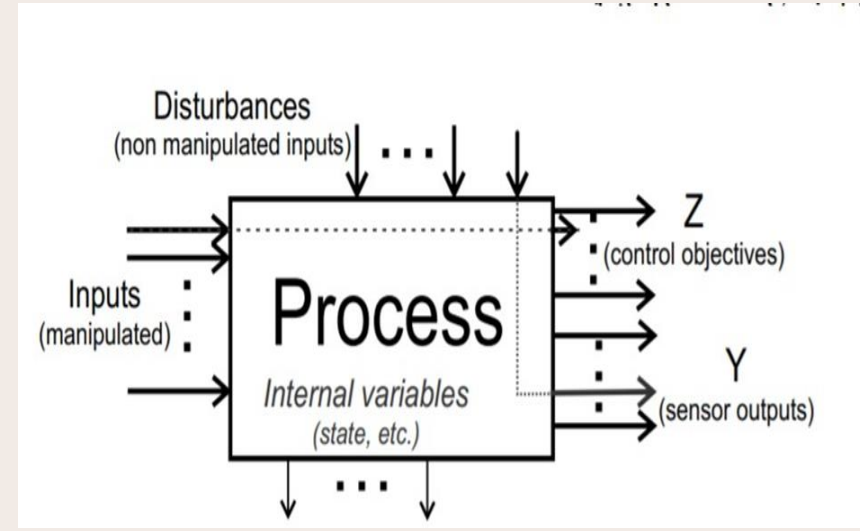
Zaman Değişmezliği

Bu, süreç modelinde görünen parametrelerin ve fonksiyonların zamanla değişmediğini ima eden başka bir pratik varsayımdır. Genellikle süreç davranışı zamanla değişir çünkü sabit olduğu varsayılan bazı parametreler zamanla yavaş yavaş değişir. "Görünür" zaman değişiminin bir başka nedeni de doğrusal olmamadır: çalışma noktasının değiştirilmesi yaklaşık doğrusal davranışı değiştirir. Yavaş, modellenmemiş, doğrusal olmayan dinamikler de çalışma noktası değişiklikleri olmasa bile bu şekilde ortaya çıkabilir.

Toplu Parametreler

Bu durumda, zaman benzersiz bağımsız fiziksel değişken olarak kabul edilir ve cihazların dinamikleri genellikle yaygın olarak bulunan süreçlerin mekansal doğasını dikkate almadan anlık olaylar olarak modellenir: iletişim hatları, üç boyutlu tesisler, taşıma sistemleri vb. Birçok durumda, mekansal ayrıştırma (sonlu elemanlar, sonlu farklar), yaklaşık modeller kurmamıza olanak tanır, bu da bu varsayımı daha iyi kabul etmemize olanak tanır.

Şekil 2'deki damıtma ünitesi, işletme seçeneklerinin tam aralığı dikkate alındığında son derece doğrusal olmayan bir süreçtir. Ancak stabil üretim etrafındaki evrimini düşünürsek, giriş varyasyonlarının iç değişkenler üzerindeki etkilerini ilişkilendirmek için yaklaşık bir lineer model kurulabilir. Damıtma tesisi aynı zamanda tipik bir dağıtılmış sistem olarak düşünülebilir.



Sütun sıcaklığından bahsedebiliriz, ancak bu sıcaklık içsel olarak noktadan noktaya değişir, aynı zamanda değiştiricilerdeki metal elementlerin sıcaklıkları da öyledir. Taşıma gecikmeleri bulunur ve örneğin, anlık sütun giriş akış konsantrasyonu ve sıcaklığı karıştırıcının çıkışındakilerden biraz farklı olabilir. Yine de, değerleri ortalama olarak veya mekansal ayrıştırma yaparak, bir toplu parametre modeli kullanışlı olacaktır.

Laplace Dönüşümü nedir?

Laplace dönüşümü, özellikle diferansiyel denklemlerin çözümü ve kontrol sistemlerinin analizi gibi alanlarda matematiksel bir araç olarak kullanılan bir dönüşüm yöntemidir. İsmi Fransız matematikçi Pierre-Simon Laplace'dan almıştır.

Laplace dönüşümü, bir zaman alanındaki fonksiyonu, s kompleks düzlemdeki bir değişken (Laplace değişkeni) cinsinden ifade eder.

$$F(s) = \mathcal{L}\{f(t)\} = \int_0^{\infty} e^{-st} f(t) dt$$

Burada s kompleks bir değişkendir ve t zaman değişkenidir. Laplace dönüşümü, özellikle diferansiyel denklemlerin çözümü için kullanışlıdır, çünkü diferansiyel denklemler Laplace dönüşümü alındığında cebirsel denklemlere dönüşebilir, bu da çözümlerini daha kolay hale getirir.

Çoklu değişkenli kontrol sistemlerinde Laplace dönüşümü, sistemlerin matematiksel modelleme ve analizi için yaygın olarak kullanılır. İşte bu alanda Laplace dönüşümünün bazı önemli uygulamaları:

- **Diferansiyel Denklemlerin Çözümü:** Laplace dönüşümü, diferansiyel denklemleri cebirsel denklemlere dönüştürerek çözümlerini daha kolay hale getirir. Bu, çoklu değişkenli kontrol sistemlerinin dinamik modellerini oluştururken ve çeşitli giriş sinyallerine karşı sistem tepkilerini analiz ederken sıkça kullanılır.
- **İletişim ve Kontrol Sistemlerinin Analizi:** Laplace dönüşümü, iletişim ve kontrol sistemlerinin frekans alanındaki davranışlarını analiz etmek için kullanılır. Sistem cevapları, transfer fonksiyonları ve frekans tepkileri Laplace dönüşümü kullanılarak incelenir.
- **Transfer Fonksiyonları ve Blok Diyagramları:** Laplace dönüşümü, sistemlerin transfer fonksiyonlarını ifade etmek için sıkça kullanılır. Transfer fonksiyonları, giriş ve çıkış arasındaki ilişkiyi ifade eden önemli bir kontrol sistemleri kavramıdır. Blok diyagramları çizilirken Laplace dönüşümü kullanılarak sistemin blok diyagram ifadesi elde edilir.

- **Stabilite Analizi:** Laplace dönüşümü, kontrol sistemlerinin kararlılık analizi için kullanılır. Sistem kararlılık analizinde sıkça kullanılan kök konum yöntemi, Laplace dönüşümü ile transfer fonksiyonlarının kök yerleştirmesiyle ilgilidir.
- **Zaman Alanından Frekans Alanına Geçiş:** Laplace dönüşümü, zaman alanındaki sistem davranışını frekans alanındaki davranışa dönüştürür. Bu, sistem tepkilerini ve karakteristiklerini daha iyi anlamak ve kontrol etmek için önemlidir.

Laplace dönüşümü, kontrol sistemlerinin analizi ve tasarımında güçlü bir matematiksel araç olarak kullanılır ve sistemin çeşitli yönlerini anlamak için geniş bir uygulama alanına sahiptir.

Özet ve Sunuma Ek Bilgi

Çoklu değişkenli kontrol sistem tasarımı, birden fazla giriş ve çıkışa sahip sistemlerin kontrolünü ele alır. Bu sistemler genellikle birçok değişkeni etkileyen karmaşık dinamiklere sahiptir. Aşağıda, çoklu değişkenli kontrol sistem tasarımının temel konseptlerini özetleyen ana noktaları bulabilirsiniz:

Çok Değişkenli Sistem Modelleri:

Çoklu değişkenli kontrol sistemi tasarımı, sistemin matematiksel modelini anlamakla başlar. Bu modeller genellikle diferansiyel denklemler veya diferansiyel-algebraik denklemler şeklinde ifade edilir. Sistem modelleri, genellikle doğrusal olmayan ve zamana bağlı sistemlerde kullanılan diferansiyel denklemlerden türetilir.

Transfer Fonksiyonları ve Blok Diyagramları:

Sistem modelleri üzerinden transfer fonksiyonları çıkartılır. Transfer fonksiyonları, sistemin giriş ve çıkışları arasındaki ilişkiyi cebirsel bir ifade ile gösterir. Blok diyagramları, sistem bileşenlerini ve geri besleme yapılarını görselleştirmek için kullanılır.

Frekans ve Zaman Alanında Analiz:

Tasarım aşamasında, sistem genellikle frekans ve zaman alanlarında analiz edilir. Frekans analizi, sistem cevaplarını, kararlılık ve bant genişliği gibi önemli özellikleri incelemek için kullanılır. Zaman alanındaki analiz ise sistem tepkilerini ve dinamik davranışları gösterir.

Çoklu Değişkenli Kontrol Stratejileri:

Çoklu değişkenli kontrol sistem tasarımında kullanılan stratejiler arasında, çok değişkenli PID kontrol, lineer kuadratik regülasyon (LQR), H^∞ kontrolü ve model tahmin kontrolü gibi yöntemler bulunabilir. Bu stratejiler, belirli performans kriterlerini karşılayacak şekilde kontrol parametrelerini ayarlamayı amaçlar.

Sistem Kararlılığı ve Performansı:

Tasarım sürecinde, sistem kararlılığı büyük önem taşır. Kontrol tasarımı, sistemin belirlenen performans özelliklerini (örneğin, hızlı cevap, minimum salınımlar) karşılamasını sağlamak için yapılır.

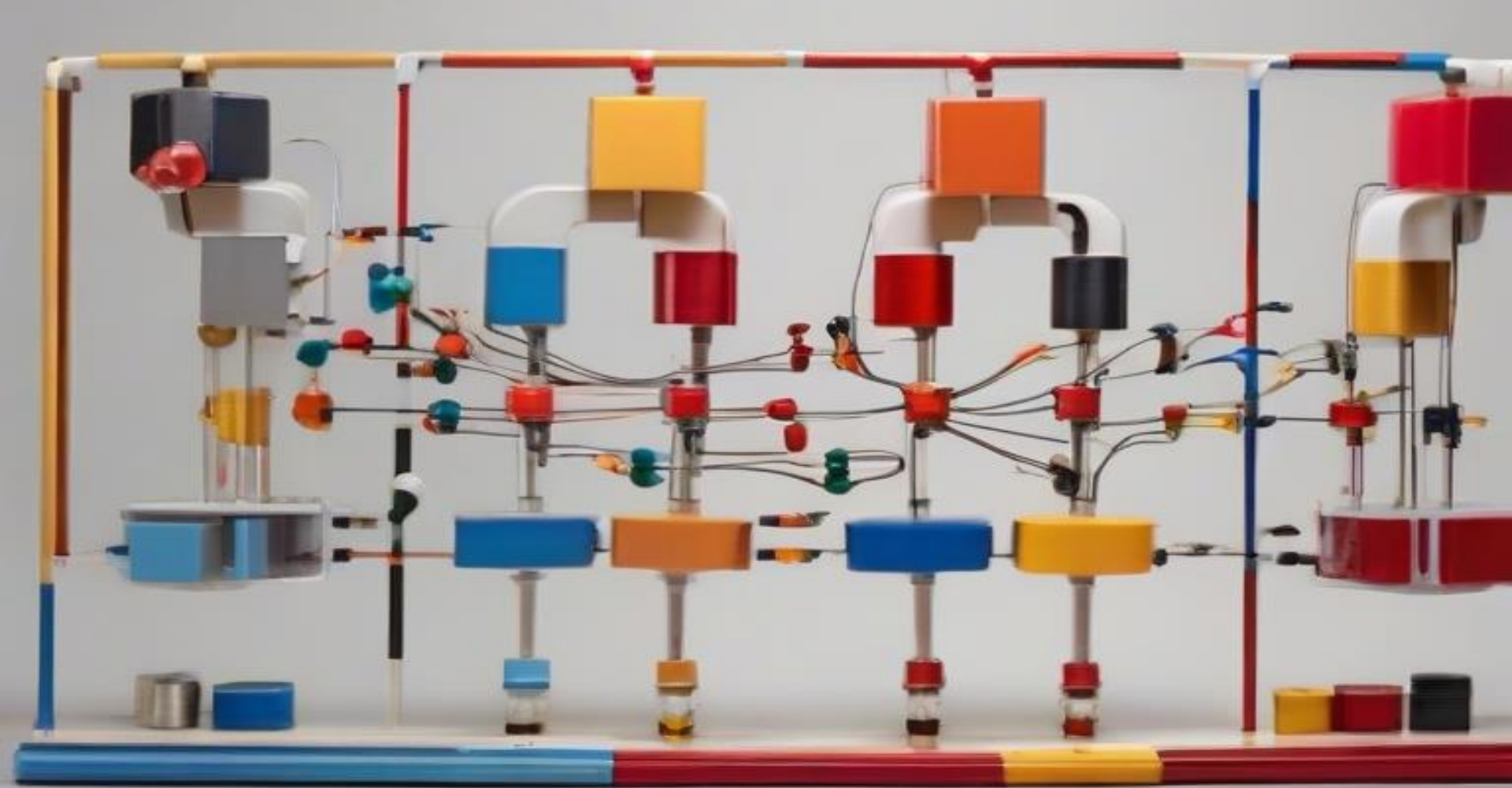
Simülasyon ve Deneyler:

Tasarım aşamasında, geliştirilen kontrol stratejileri simülasyonlar ve deneylerle test edilir. Bu, tasarımın gerçek dünya uygulamalarına uygunluğunu ve etkinliğini değerlendirmek için önemlidir.

Çoklu değişkenli kontrol sistem tasarımı, karmaşık sistemlerin kararlı, hassas ve güvenilir bir şekilde kontrol edilmesini sağlamak için geniş bir matematiksel ve mühendislik disiplini içerir.

Kaynakça

- <https://dergipark.org.tr/en/pub/deumffmd/issue/40866/493390>
- Multivariable Control Systems: An Engineering Approach P. Albertos A. Sala
- <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/1098737>



**Dinlediğiniz için teŖekkür
ederim.**

*Hazırlayan:
Ensar Karabina
No: 213303010*