**4. TRANSFER FONKSİYONU VE BLOK DİYAGRAM İNDİRGEME**

* 1. **Hedefler**

Bu bölümün amacı;

1. Transfer fonksiyonu ile blok diyagramları arasındaki ilişki incelemek,
2. Fiziksel sistemlerin blok diyagramlarını elde etmek,
3. Blok diyagramlarının indirgenme yöntemlerinin tanıtmaktır.
   1. **Blok Diyagramları**

Hatırlanacağı üzere bir sistemin transfer fonksiyonu başlangıç koşulları sıfır kabul edilerek çıkış değişkenin Laplace dönüşümünün, sistem girişinin Laplace dönüşümüne oranı olarak tanımlanır. Eğer sistemin giriş değişkeni ve Laplace dönüşümü *R(s)*; çıkış değişkeni c(t) ve Laplace dönüşümü *C(s)* ise, Sistemin transfer fonksiyonu *G(s)* :



Transfer fonksiyonu sistemin girişi ile çıkışı arasındaki bağıntıdır ve blok diyagramı yardımı ile basit şekilde gösterilebilir,



Şekil 4.1 Bir sistemin blok diyagramı

Bir kontrol sistemi birçok elemandan oluşabilir. Kontrol mühendisliğinde, her bir elemanın yerine getirmiş olduğu işlevi (dinamiğini) göstermek için *blok diyagram* adı verilen dikdörtgen şeklinde diyagramlar kullanılır. Bir kontrol sisteminde herhangi bir eleman, giriş ve çıkış arasındaki ilişkiyi (Transfer fonksiyonu) gösteren bir blok diyagram ile gösterilebilir.

Şekil 4.1. bir kontrol sistemi elemanının ya da sistemin tamamının blok diyagram şeklinde gösterimidir. Kontrol sistemini oluşturan elemanların transfer fonksiyonları blok diyagramların içinde gösterilir ve elemanın fiziksel olarak bağlı olduğu diğer elemana yönleri oklarla belirtilen sinyal akış diyagramları ile bağlanırlar. Blok diyagrama yönelmiş ok tarafındaki değişken girişi, okun ayrıldığı taraftaki değişken ise çıkışı simgeler.

Herhangi bir doğrusal kontrol sistemi bloklar, toplama (Summing) ve dallanma (Branch) noktaları içeren blok diyagramları ile ifade edilebilir.

***Toplama Noktası (Summing Point):*** Blok diyagramlarında iki sinyalin toplam veya farkı Şekil 4.2’de gösterilen çember şeklindeki elemanla gösterilir. Bir sinyalin diğer sinyale ekleneceği ya da çıkarılacağı sinyali belirten okun ucuna toplam ya da fark işareti konulması ile belirlenir.



Şekil 4.2 Toplama noktası

***Dallanma Noktası (Branch Point).*** Bir sinyal bir bloğun çıkışından alınıp kontrol sisteminin başka bir kısmındaki toplama noktasında veya blokta kullanılabilir. Sinyalin ayrıldığı bu noktaya dallanma noktası adı verilir ve Şekil 4.3’te gösterilmiştir.



Şekil 4.3 Dallanma noktası

Bir sistemin blok diyagramı sistemi oluşturan her bir elemanın işlevini ve diğer sistem elemanları ile olan ilişkisini bloklar ve sinyal akış şemaları kullanarak resimsel olarak gösterimidir. Bu sayede tamamen matematiksel ifadeler ile sistemin anlamak yerine blok diyagramları vasıtası ile sistemin işleyişi daha net şekilde anlaşılabilir.

Bir blok diyagram sistemin dinamiği ile ilgili bilgi içermesine karşın sistemin fiziksel yapısı hakkında bir bilgi vermez. Bu nedenle birçok farklı ve birbiri ile benzerliği olmayan fiziksel sistem aynı blok diyagram gösterimine sahip olabilir. Bir blok diyagramda enerji kaynağı açık bir şekilde gösterilmez ve ayrıca aynı sistem farklı blok diyagramlar ile de ifade edilebilir. Aynı sistem için analiz yaklaşımına göre farklı blok diyagramlar elde edilebilir.

* 1. **Kapalı çevrim bir sistemin blok diyagramı**

Şekil 4.4’ kapalı çevrim basit bir sistemin blok diyagramı verilmiştir. Çıkış C(s) toplama noktasına geri beslenmektedir. Geri besleme işleminin yapılabilmesi için bir ölçüm cihazına ihtiyaç vardır ve burada H(s) ölçüm cihazının karakteristiğini belirtmektedir. Çıkış değeri C(s), ölçüm cıhazı karakteristiği ile çarpılarak R(s) ile aynı niceliğe getirilmekte ve toplam noktasına geri beslenmektedir. Geri besleme sinyali, toplam noktasında referans girişi R(s) ile kıyaslanmaktadır. E(s) ise gerçek çıkış değeri ve referans değeri arasındaki fark veya toplamdır.



Şekil 4.4 Basit bir geri beslemeli sistem blok diyagramı

Geri besleme sinyali *B(s)* ile hata sinyali *E(s)* oranına *açık-çevrim* (*open-loop)* transfer fonksiyonu adı verilir.

Açık çevrim transfer fonksiyonu = 

Çıkış *C(s)*’inhata sinyali *E(s)’*e oranına *ileri-besleme (feedforward) transfer fonksiyonu* denir ve aşağıdaki gibi ifade edilir:

İleri-besleme transfer fonksiyonu = 

Eğer H(s)=1 ise İleri-besleme transfer fonksiyonu ile Açık çevrim transfer fonksiyonu aynıdır.

**Kapalı Çevrim Transfer Fonksiyonu:** Şekil 4.4 ile verilen sistem transfer fonksiyonu  bulunarak tek bir blok ile gösterilebilir. Şekil 4.4 ile verilen basit bir kapalı çevrim sisteminin transfer fonksiyonunun bulunması aşağıda verilmiştir (C(s): Çıkış ve R(s): Giriş):



Yukarıdaki denklemlerden E(s) yok edilirse;



 Kapalı çevrim transfer fonksiyonu olarak elde edilir.

* 1. **İki Girişli Sistemler ( Gürültü Sinyali N(s) veya Bozucu giriş D(s)’in Sistem Üzerindeki Etkisi )**

Kontrol sistemleri çalışmalarında önemli bir konu da sisteme bozucu bir sinyal girişi olması durumudur. Bozucular genellikle kontrol sistemlerinin performanslarını kötü yönde etkilerler. Bozucu içeren basit bir kapalı çevrim sistem Şekil 4.5’te verilmiştir. Sistemde bozucu olması durumunda kontrolcü tasarlamadan önce bozucu N(s)’in sistem üzerindeki etkisinin incelenmesi gereklidir. Bunun için çok girişli sistemlerde Süperpozisyon ilkesi uygulanır.



Şekil 4.5 Bozucu giriş içeren basit bir kapalı çevrim sistemin blok diyagramı

Önce bozucu giriş N(s) = 0 alınarak sadece referans giriş R(s)’in ürettiği sistem çıkışı  elde edilir ve sonra da referans giriş R(s) = 0 olarak alınarak bozucu giriş N(s)’in ürettiği sistem çıkışı  elde edilir. Her iki giriş R(s) ve N(s)’in eş zamanlı sistem üzerine etki etmesi durumu Süperpozisyon ilkesi yardımıyla, elde edilen çıkışların toplanması ile bulunur:



1.  : R(s)’in tek başına sisteme etki ettiği durumdaki sistem çıkışı (N(s)=0):

*N(s)* = 0 olduğunda, blok diyagramın basitleştirilmiş hali,



(ii) Benzer şekilde sadece N(s) olduğu durumda elde edilen çıkış  (R(s)=0)

*R(s)* = 0 olduğunda, blok diyagramın basitleştirilmiş hali,





Doğrusal sistemler için sistemin toplam çıkış cevabı ayrı ayrı girişler için elde edilen çıkış cevaplarının toplamı ile bulunabilir:



 açık çevrim transfer fonksiyonudur. Sistemin karakteristik denklemi kapalı çevrim transfer fonksiyonun paydasıdır: 

**Gözlemler:**

1. ve olduğu durum için:

Bu durumda, kapalı çevrim transfer fonksiyonu  sıfıra çok yakın bir değer alır ve böylelikle bozucu etkisi bertaraf edilmiş olur:



Kapalı çevrim sistemlerin en büyük avantajlarından biri bozucu etkisini yok etmeye çalışmalarıdır.

1. Diğer yandan,  değeri arttıkça kapalı çevrim transfer fonksiyonu   ‘e yaklaşır.

Diğer bir ifade ile . ise



Kapalı çevrim transfer fonksiyonu  ,  ve’den bağımsız hale gelir. Bu kapalı çevrim sistemlerin diğer bir avantajıdır.  durumunda açıkça görülmektedir ki kapalı çevrim bir sistem giriş ve çıkışı eşitlemeye çalışır;

Geri besleme hatası: 

*  yapılarak geri besleme hatası etkin bir şekilde azaltılabilir.

Not: Bununla birlikte  kazancının belirli bir değerin üzerine çıkması sistemi kararsız yapabilir.

* 1. **Blok diyagram indirgeme yöntemleri**

Bir kontrol sisteminin transfer fonksiyonu blok diyagramının sadeleştirilerek tek bir bloğa indirgenmesi ile bulunabilir. Karmaşık blok diyagramlar için kıyaslama elemanının (Fark yada toplam elemanı) veya dallanma noktasının yer değiştirilmesi indirgeme işlemini kolaylaştırır. Aşağıdaki tabloda blok diyagram indirgeme kurallarının en yaygınları verilmiştir:.







