

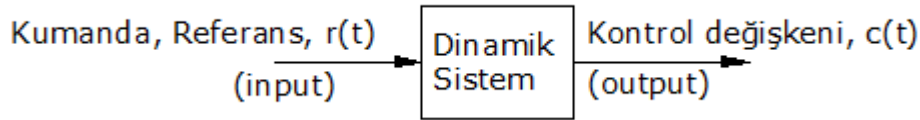
Sistem Dinamiği vizeye hazırlık soruları

1- Kontrol sistemi nedir? Açıklayınız.

Kontrol sistemi, diğer cihaz veya sistemlerin davranışlarının doğrudan veya dolaylı olarak yöneten, **kontrol** eden bir cihaz veya cihaz grubudur.

2- Kontrol sistemi blok diyagramını çizip açıklayınız.

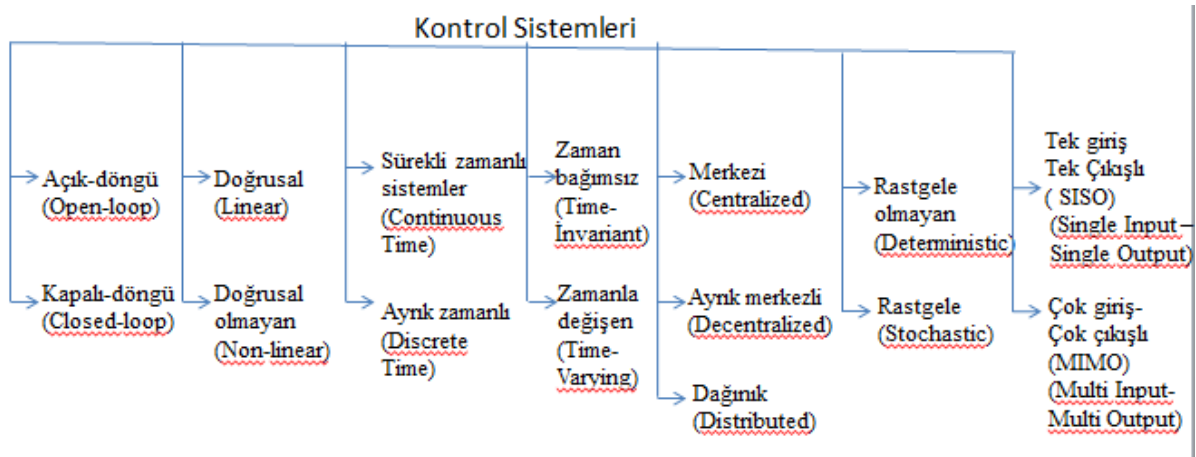
- **Kontrol Sistemi:** Kendisini veya bir diğer sistemi kumanda etmek, yönlendirmek veya ayarlamak üzere birleştirilen sistemler kümesidir.



Şekil 1.1 Basit bir kontrol sistemi

3- Kontrol sistemlerini sınıflandırınız.

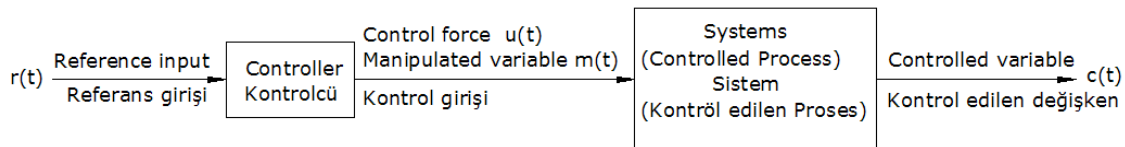
Otomatik kontrol sistemleri kullanım amacına ve sistemlerin çalışma şekline göre çeşitli şekillerde sınıflandırılabilirler. Örneğin çıkış sinyalinin kontrol girişi üzerindeki etkisine göre kontrol sistemleri **açık-döngü (open-loop)** veya **kapalı-döngü (closed-loop)** sistemleri olarak sınıflandırılabilir. Kontrol sistemleri için diğer sınıflandırma yöntemleri



- Kontrol sistemleri ayrıca tasarım şekline göre de sınıflandırılabilirler:

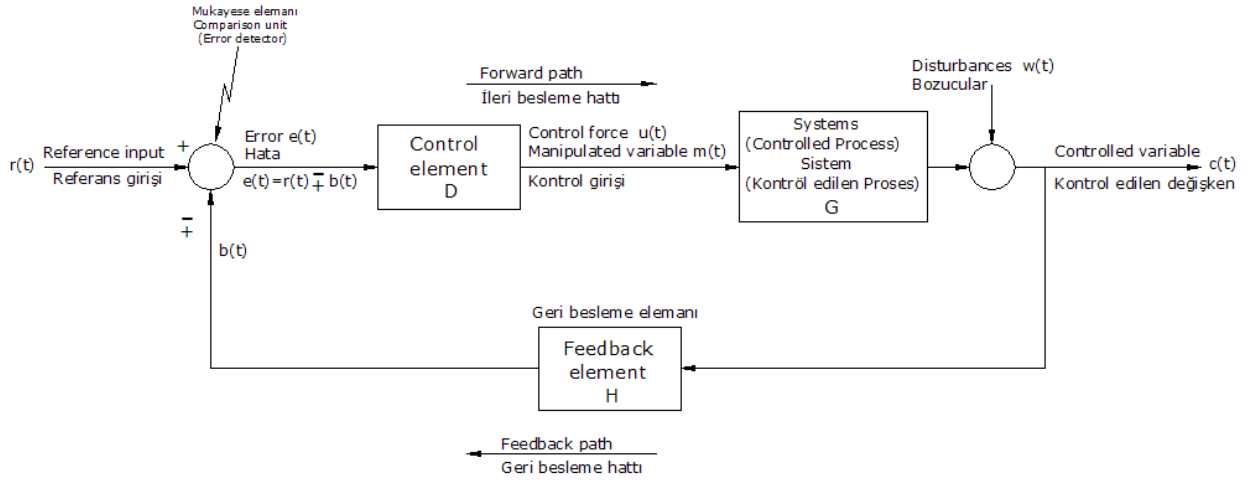
Akıllı (İntelligent) Kontrol, Uyarlamalı (Adaptive), Gürbüz (Robust), Optimal Kontrol, v.b.

4- Açık çevrim kontrol şekil çiz ve açıkla



- **Şekil 1.2.** Basit bir Açık Döngü kontrol sistemi: Kontrol işlemi çıkış değerinden bağımsızdır.
- Geri besleme yoktur !! Açık-Döngü kontrol sistemi: Çıkış değişkeninin kontrol girişi üzerinde hiçbir etkisi olmayan sistemlerdir.
- Verilen bir giriş için sistemden belirli bir çıkış elde edilir.
- Eğer sisteme bir bozucu etki ederse, verilen giriş için elde edilen çıkış değeri değişir ve sistemden istenilen cevabı almak için hiçbir düzenleme yapılamaz.
- Çok iyi kalibrasyon gerektirir.

5- Kapalı döngü kontrol şekil çiz ve açıkla



Geri Beslemeli Kontrol Sistemi:

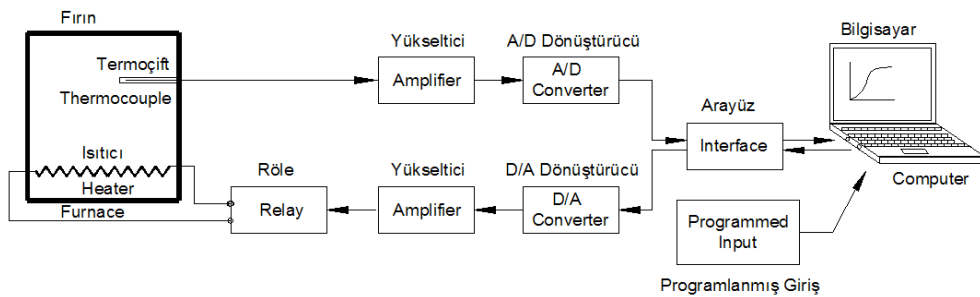
- Kontrol girişini, kontrol edilen değişken ve referans girişi arasındaki hatayı kullanarak üreten kontrol sistemidir.
- Sistemin çıkışı bir sensör aracılığı ile ölçülerek geri beslenir ve istenilen referans sinyali ile karşılaştırılır. Elde edilen hata kontrolcü algoritmasına girerek istenilen çıkış değerine ulaşmaya çalışılır.

6- Geri besleme kontrollü sistemlerin geri beslemedeki avantajlarını yazınız

Geri beslemeli kontrol sistemleri:

- Açık-döngü sistemlere göre çok daha komplekstir, daha çok elemandan oluşurlar.
- Açık-döngü kontrole oranla dış bozululara ve sistemdeki parametre değişikliklerine karşı dayanıklıdır, diğer bir deyişle kontrol tasarımı bu etkileri telafi edecek şekilde tasarlanabilir.
- Açık-döngü sistemlere göre bakımları daha zor ve maliyetlidir.

7- Sıcaklık kontrol sistemlerini açıklayınız (1.3.2)



Şekil 1.7.
Elektrikli
bir fırın için
sıcaklık
kontrol
sistemi

Fırının sıcaklığı termometre ile ölçülmektedir. Termometre olarak termoçift (*termokupl*) kullanılmıştır. Termokupl çeşitli endüstrilerde, geniş uygulama alanlarında sıcaklık ölçmede kullanılır. İki farklı alaşım veya metalin (ısılıçift) uçlarının kaynatılması ile oluşan bir sıcaklık ölçü elemanıdır. Sıcaklık değişimlerini milivolt mertebesinde vermektedir. Çıktı olarak analog yani zamanla değişen sürekli sinyal ürettikleri için bu sinyal A/D çeviricisi ile sayısallaştırılarak bir arayüz (yazılım ve donanım) vasıtasıyla bilgisayara gönderilir. Sayısal sıcaklık değeri bilgisayarda mukayese edilerek arayüz vasıtasıyla D/A çeviricisinde analog sinyale çevrilir, güçlendirilir ve bir röle vasıtasıyla 220 V gerilime aç-kapa işlemi uygulanarak fırın ısıtılır veya ısıtmaya son verilir.

8- Doğrusal ve doğrusal olmayan denklemleri açıklayınız

$$\dot{x}(t) = 3x(t) + u(t)$$

Doğrusal sistem

- Transfer fonksiyonu elde edilebilir.
- Durum uzayı (State-space) metodu uygulanabilir.

x : Durum değişkeni (Pozisyon, hız, ivme, sıcaklık, basınç, voltaj, akım,...) .

t : Zaman

u : Kontrol girişi

$$\dot{x}(t) = x^2(t) + u(t)$$

Doğrusal olmayan sistem

- Transfer fonksiyonu elde edilemez.
- Durum uzayı metodu uygulanır.

9- Deterministik ve stokastik kontrol sistemlerini açıklayınız.

Deterministik ve Stokastik Kontrol Sistemleri:

Deterministik sistemlerde bir sistemin gelecekteki davranışı başlangıç koşullarına göre tahmin edilebilir. Fakat, Stokastik sistemler Olasılıksal (probabilistic) sistemler olarak da adlandırılırlar ve sistemin aynı başlangıç koşulları ve girişi için aynı çıkışı üretmezler. Başka bir deyişle sistemin gelecekteki davranışı kesin olarak bilinemez.

10- Ders 2 sayfa 8 soru 1 - benzeri laplace dönüşümü

Soru 1) Başlangıç şartları verilen aşağıdaki problemi Laplace dönüşümü kullanarak çözünüz.

$$y'' - 4y = t, \quad y(0) = 1, \quad y'(0) = -2$$

Çözüm:

$$\mathcal{L}[y''] - 4\mathcal{L}[y] = \mathcal{L}[t]$$

$$\mathcal{L}[y''] = s^2 Y(s) - s y(0) - y'(0) = s^2 Y(s) - s + 2$$

$$\mathcal{L}[y] = Y(s)$$

$$\mathcal{L}[t] = \frac{1}{s^2}$$

$$s^2 Y(s) - s + 2 - 4Y(s) = \frac{1}{s^2}$$

$$Y(s)(s^2 - 4) = \frac{1}{s^2} + s - 2$$

$$Y(s) = \frac{1}{(s^2 - 4)} \left(\frac{1}{s^2} + s - 2 \right)$$

$$Y(s) = \frac{1}{(s^2-4)} \left(\frac{1}{s^2} + s - 2 \right) = \frac{1}{(s^2-4)} \left(\frac{s^3 - 2s^2 + 1}{s^2} \right)$$

$$Y(s) = \frac{s^3 - 2s^2 + 1}{s^2(s^2-4)} = \frac{A_1}{s} + \frac{A_2}{s^2} + \frac{B}{s-2} + \frac{C}{s+2}$$

$$A_2 = s^2 Y(s) \Big|_{s=0} = -\frac{1}{4}$$

$$A_1 = \frac{d}{ds} s^2 Y(s) \Big|_{s=0} = \frac{d}{ds} \frac{s^3 - 2s^2 + 1}{s^2 - 4} \Big|_{s=0} = \frac{(3s^2 - 4s)(s^2 - 4) - 2s(s^3 - 2s^2 + 1)}{(s^2 - 4)^2} \Big|_{s=0} = 0$$

$$B = (s-2)Y(s) \Big|_{s=2} = \frac{8-8+1}{(4)(4)} = \frac{1}{16}$$

$$C = (s+2)Y(s) \Big|_{s=-2} = \frac{-8-8+1}{(4)(-4)} = \frac{15}{16}$$

$$Y(s) = -\frac{1}{4s^2} + \frac{1}{16} \frac{1}{s-2} + \frac{15}{16} \frac{1}{s+2}$$

$$\xrightarrow{\mathcal{L}^{-1}}$$

$$y(t) = -\frac{t}{4} + \frac{1}{16} e^{2t} + \frac{15}{16} e^{-2t}$$

11 - Doğrusal olmayan sistemlerin doğrusallaştırılması üzerine çözümleme (3.1, 3.2, 3.3 benzeri)

Doğrusal olmayan bir sistemin doğrusal matematiksel modelini elde etmek için, sistem değişkenlerinin belli bir çalışma koşulundan çok az bir sapma gösterdiği kabul edilir. Bağımsız değişkeni veya giriş değişkeni $x(t)$ ve çıkış değişkeni $y(t)$ olan bir sistem ele alalım.

$$y = f(x) \quad (3.1)$$

Eğer normal çalışma koşulu \bar{x} ve \bar{y} ise, (3.1) denkleminde bu nokta etrafında Taylor serisi açılımı uygulanabilir:

$$y = f(\bar{x}) + \frac{df}{dx}(x - \bar{x}) + \frac{1}{2!} \frac{d^2f}{dx^2}(x - \bar{x})^2 + \dots \quad (3.2)$$

Eğer $x - \bar{x}$ küçük ise yüksek mertebeden terimleri $(x - \bar{x})^n \approx 0, n \geq 2$. ihmal edebiliriz ve denklem (3.2) aşağıdaki hali alır.

$$y = \bar{y} + K(x - \bar{x}) \quad (3.3)$$

Burada,

$$K = \left. \frac{df}{dx} \right|_{x=\bar{x}} \text{ ve } \bar{y} = f(\bar{x})$$

Denklem (3.3) tekrar düzenlenirse,

$$y - \bar{y} = K(x - \bar{x}) \quad (3.4)$$

Denklem (3.4) $y - \bar{y}$ ile $x - \bar{x}$ arasında doğrusal bir orantı olduğunu göstermektedir.

Doğrusallaştırma işlemi çok değişkenli sistemlere de uygulanabilir.

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (3.5)$$

Eğer denklem (3.5) çalışma noktaları $\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_n$ etrafında Taylor serisine açılırsa

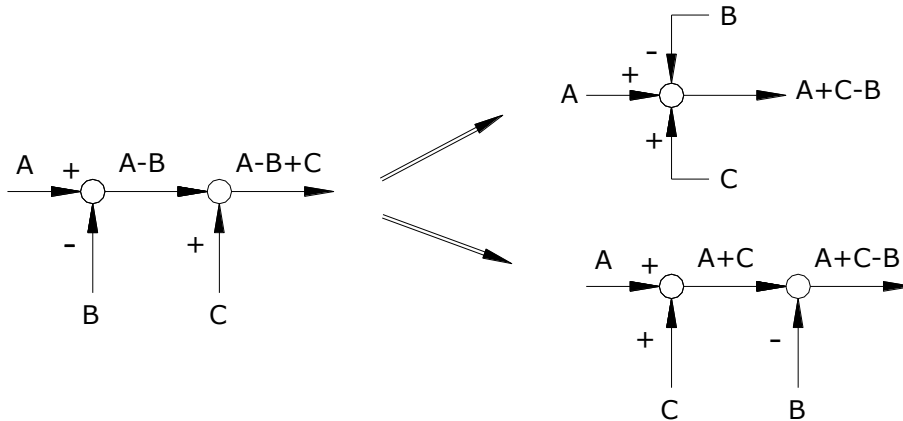
$$y = y_i + K_1(x_1 - \bar{x}_1) + K_2(x_2 - \bar{x}_2) + \dots + K_n(x_n - \bar{x}_n) \quad (3.6)$$

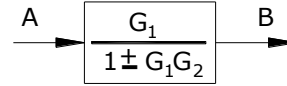
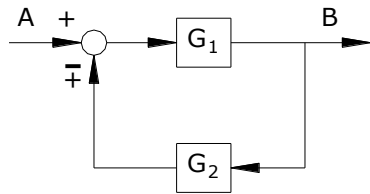
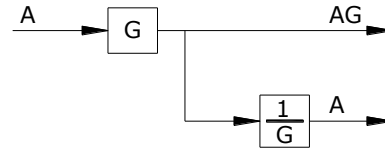
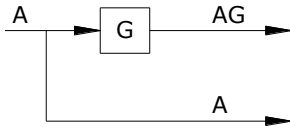
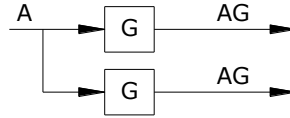
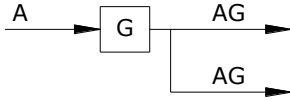
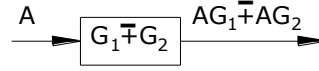
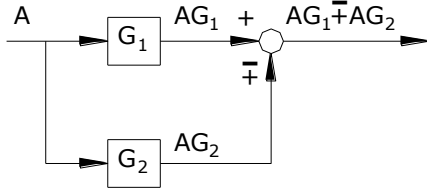
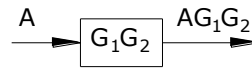
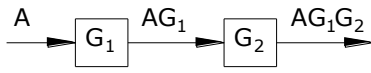
Burada,

$$y_i = f(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_n) \text{ ve } K_i = \left. \frac{\partial f}{\partial x_i} \right|_{x_1=\bar{x}_1, x_2=\bar{x}_2, \dots, x_n=\bar{x}_n}, \quad i = 1, 2, \dots, n. \text{ için}$$

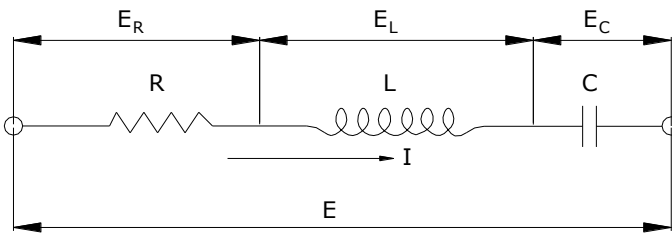
12- Blok diyagramları indirgeme benzeri

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 işlemi kolaylaştırır. Aşağıdaki tabloda blok diyagram indirgeme kurallarının en yaygınları verilmiştir:.





13- Elektriksel empedans seri bağlama devre çiz denklem çıkar



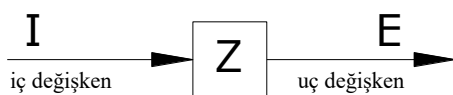
İç değişken aynıdır
Uç değişken farklıdır

Şekil 3.7. Seri bağlama.

$$E = E_R + E_L + E_C$$

Seri bağlamada I akımı iç değişken olan bu basit elemanların her birinde aynıdır. Uç değişken olan E potansiyel farkı ise bu elemanların her birinde farklıdır.

$$E = \left(R + Ls + \frac{1}{Cs} \right) I \quad Z = R + Ls + \frac{1}{Cs} \quad Z = Z_R + Z_L + Z_C$$



14- Ders 5 Örnek 1

Örnek 1: J ataletine sahip bir kütleyi döndüren Doğru Akım Motorunun (DC motor) **Matematik Modelinin** çıkartılması. (Armature controlled DC motor)

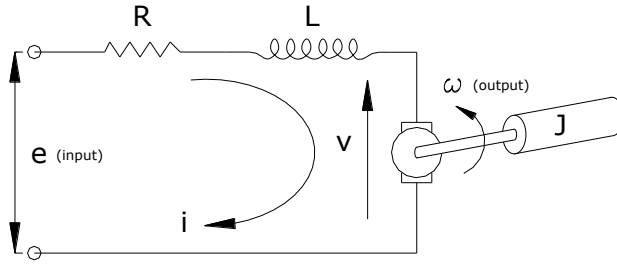
J : Yük ve motorun ataleti

e : Besleme gerilimi (input)

ω : Açısal hız (output)

T : Motorun döndürme momenti

v : Ters elektromotor kuvvet



Şekil 5.1. DC motorun fiziksel modeli

Elektrik motoru elektrik enerjisini (input), mekanik enerjiye (output) çevirir. Bir kütlenin istenilen konuma getirilmesinde DC motorlar yaygın olarak kullanılırlar.

- İdeal şartlar altında motorun milinde oluşan döndürme momenti, motorun çektiği akımla doğru orantılıdır.

$$T = k_1 i \quad \dots\dots\dots (1)$$

- Milin dönme hızı ile motorda oluşan ters elektromotor kuvvet doğru orantılıdır.

$$v = k_2 \omega \quad \dots\dots\dots (2)$$

- Ohm kanununa göre

$$e - v = R i + L \frac{di}{dt}, \quad L \frac{di}{dt} \text{ nin etkisi ihmal edilir.}$$

$$e - v = R i \quad \dots\dots\dots (3)$$

- Newton 'un 2. hareket kanununa göre

$$T = J \frac{d\omega}{dt} \quad \dots\dots\dots (4)$$

Bu dört denklemden sistemin matematik modeli şu şekilde elde edilir:

$$T = J \frac{d\omega}{dt} = k_1 i = \frac{k_1}{R} (e - v) = \frac{k_1}{R} (e - k_2 \omega) \quad \Rightarrow \quad J \frac{d\omega(t)}{dt} = \frac{k_1}{R} (e(t) - k_2 \omega(t))$$

$$\text{DC motorun matematik modeli:} \quad \frac{d\omega}{dt} + \frac{k_1 k_2}{J R} \omega = \frac{k_1}{J R} e$$

Başlangıç koşulları sıfır kabul edilerek yukarıdaki diferansiyel denklemin Laplace dönüşümü alınırsa, DC motorun transfer fonksiyonu;

$$s\Omega(s) + \frac{k_1 k_2}{JR} \Omega(s) = \frac{k_1}{JR} E(s)$$

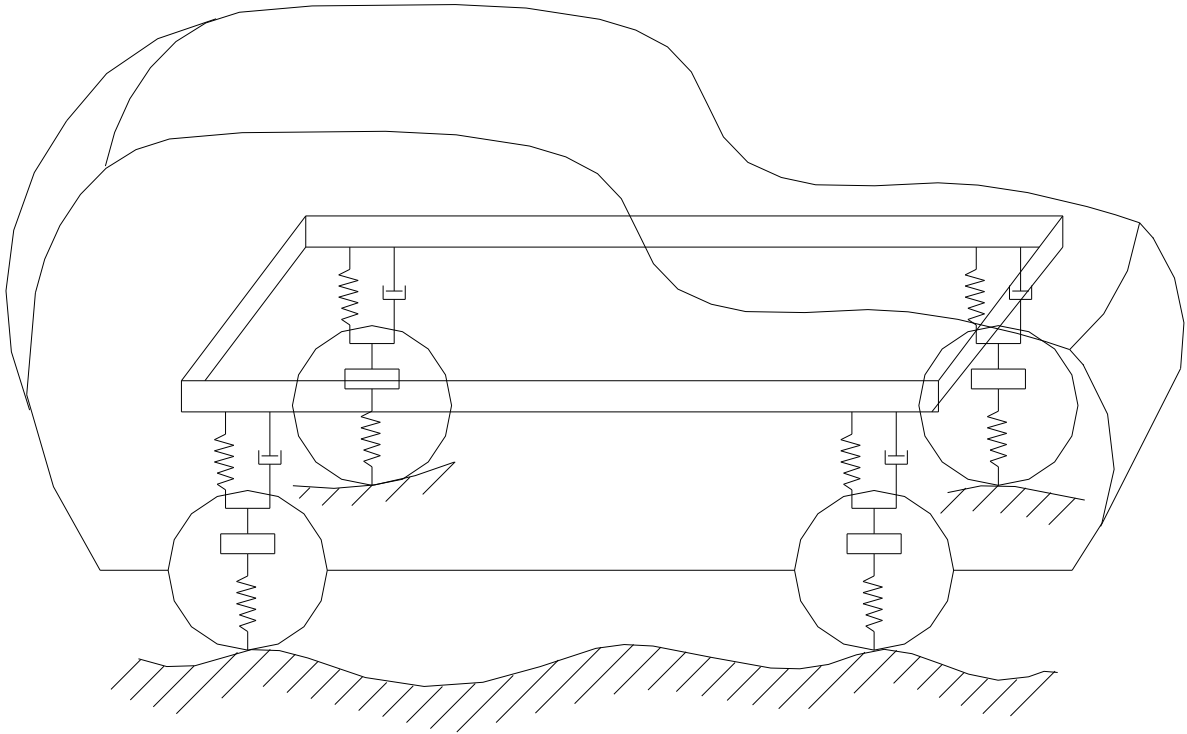
$$\frac{\Omega(s)}{E(s)} = \frac{\frac{k_1}{JR}}{s + \frac{k_1 k_2}{JR}} : \text{DC motorun transfer fonksiyonu.}$$

$$\frac{\Omega(s)}{E(s)} = \frac{1/k_2}{\tau s + 1} : \text{Transfer fonksiyonunun zaman sabiti formunda gösterimi}$$

$$\tau = \frac{JR}{k_1 k_2} : \text{DC motorun zaman sabiti}$$

Sistem Türü: Zaman sabiti türünden (Birinci merteye sistem)

15- Gelişmiş otomobildeki süspansiyon modeli çiz (4 tekerli olan, sembollerle)



Şekil 5.6. Otomobilin en iyi fiziksel modeli (Tam araba modeli)

1-9. sorular arası Ders 1, ppt dosyası olan

10- Ders 2

11,13 - Ders 3

12 - Ders 4

14,15 - Ders 5