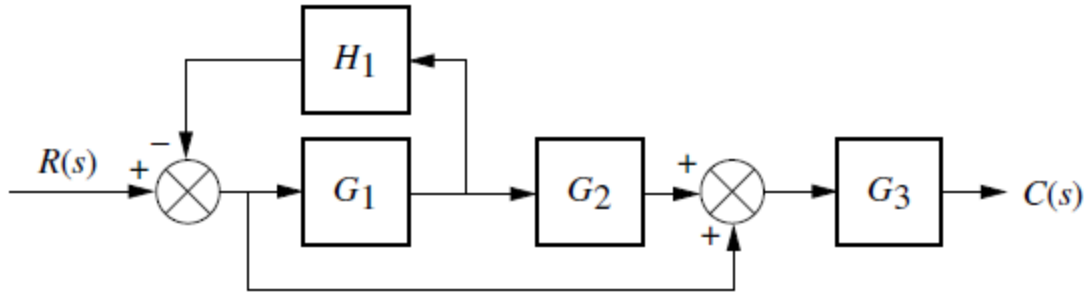
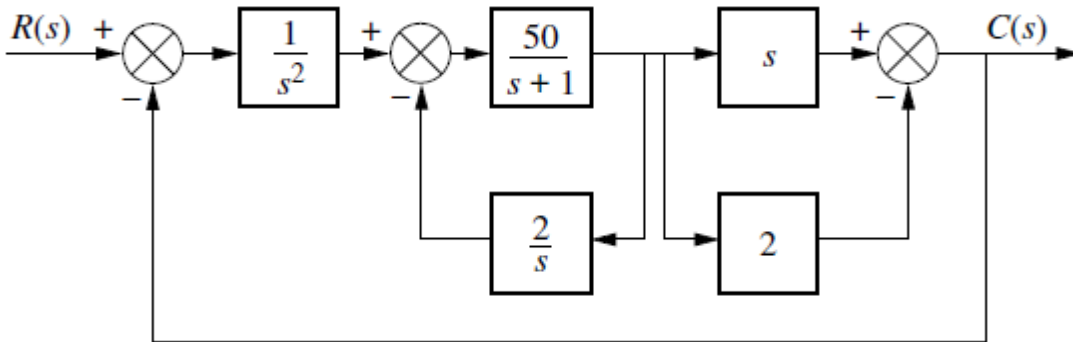


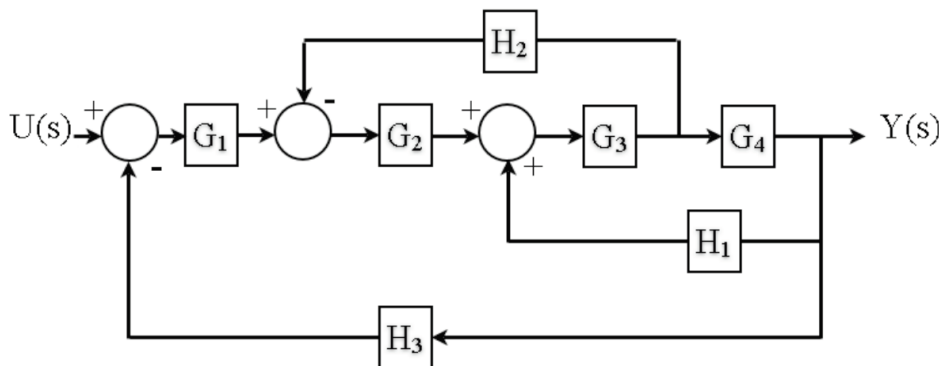
$$G_{CR} = G_1 G_2 + G_2 + 1$$



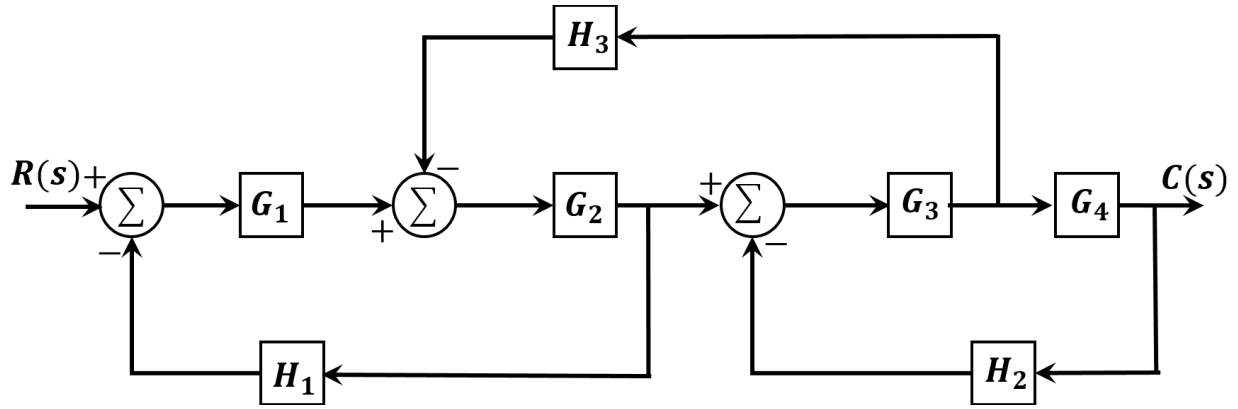
$$G_{CR} = \frac{G_1 G_2 G_3 + G_3}{1 + G_1 H_1}$$



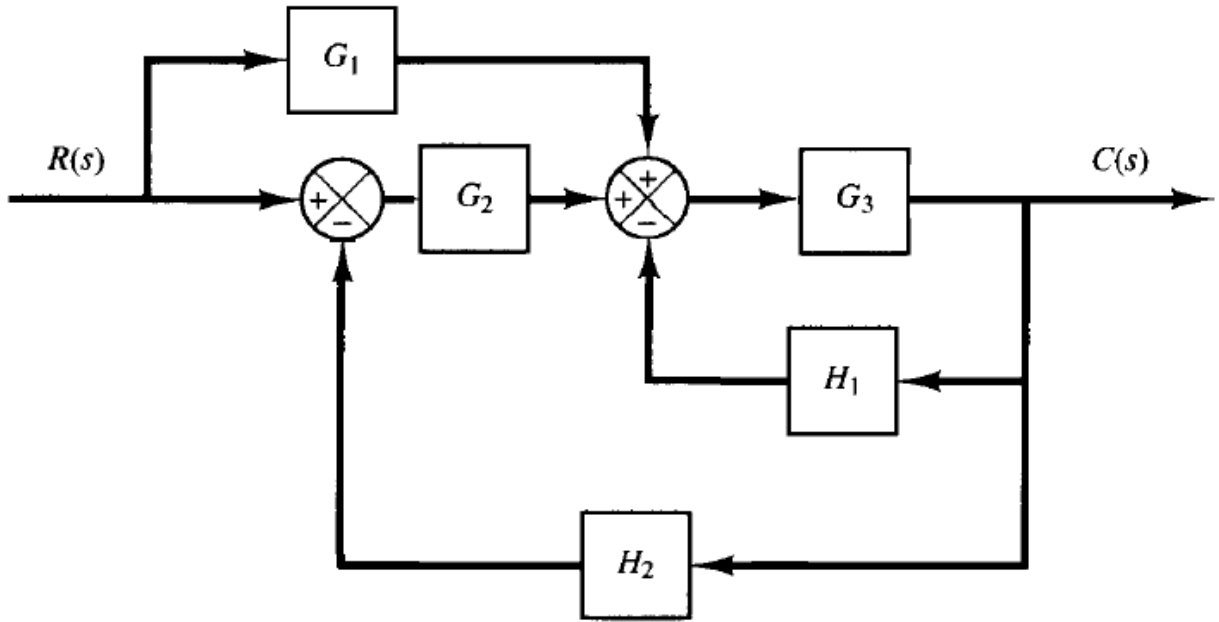
$$G_{CR} = \frac{50(s-2)}{s^3 + s^2 + 150s - 100}$$



$$G_{YU} = \frac{G_1 G_2 G_3 G_4}{1 - G_3 G_4 H_1 + G_2 G_3 H_2 + G_1 G_2 G_3 G_4 H_3}$$

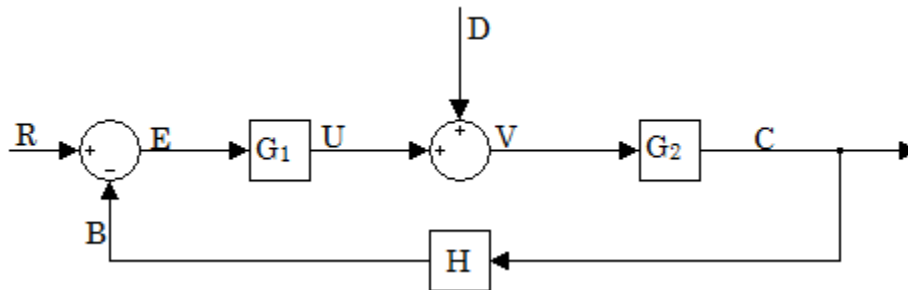


$$G_{CR} = \frac{G_1 G_2 G_3 G_4}{1 + G_3 G_4 H_2 + G_2 G_3 H_3 + G_1 G_2 H_1 + G_3 G_4 H_3 + G_1 G_2 G_3 G_4 H_2}$$



$$G_{CR} = \frac{G_1 G_3 + G_2 G_3}{1 + G_3 H_1 + G_2 G_3 H_2}$$

Soru 4: Aşağıda verilen blok diyagramda cebirsel manipülasyon kullanarak $G_{CU}(s)$, $G_{CR}(s)$, $G_{VR}(s)$, $G_{CD}(s)$ ve $G_{UE}(s)$ transfer fonksiyonlarını bulunuz:



$$R(s) - HC(s) = E(s)$$

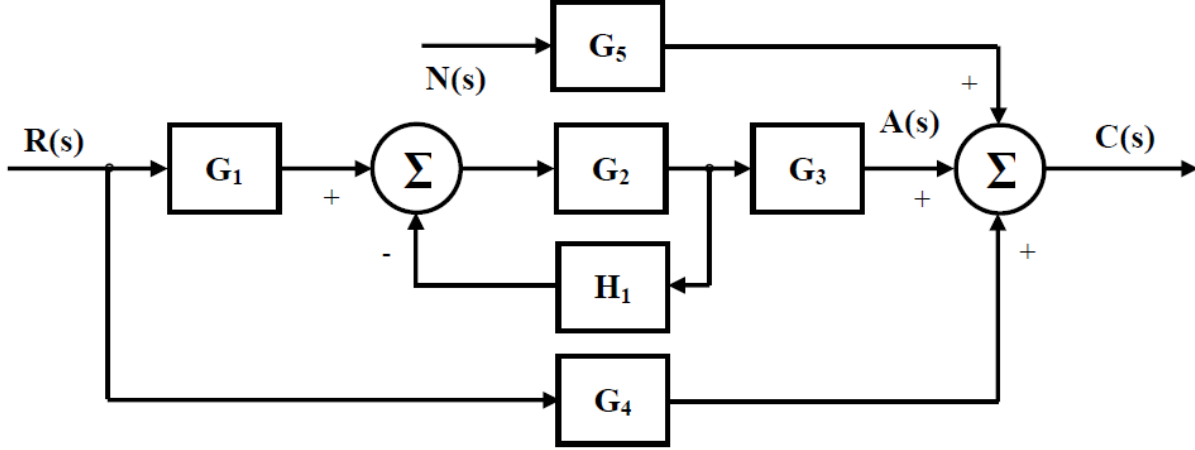
$$G_1 E(s) = U(s)$$

$$U(s) + D(s) = V(s)$$

$$V(s)G_2 = C(s)$$

$$G_{UE}(s) = G_1; G_{CD}(s) = G_2; G_{CU}(s) = G_2; G_{VR}(s) = \frac{G_1}{1 + G_1 G_2 H}; G_{CR}(s) = \frac{G_1 G_2}{1 + G_1 G_2 H};$$

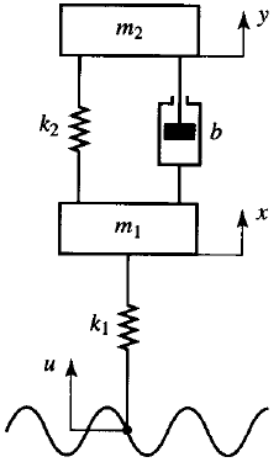
Soru 5: Aşağıda verilen blok diyagramda cebirsel manipülasyon **kullanmadan** $G_{CN}(s)$, $G_{CR}(s)$, $G_{AN}(s)$ ve $G_{AR}(s)$ transfer fonksiyonlarını bulunuz:



$$G_{CN} = G_5; G_{CR} = \frac{G_1 G_2 G_3 + G_4 + G_2 G_4 H_1}{1 + G_2 H_1}; G_{AN} = 0; G_{AR} = \frac{G_1 G_2 G_3}{1 + G_2 H_1}$$

Soru 6: (Ogata, Modern Control Engineering, 4. Ed. Kitabından uyarlanmıştır.)

Aşağıda verilen mekanik sistemin denklemleri aşağıda verilmiştir.



$$m_2 \ddot{y} = -f_{k_2} - f_b; m_1 \ddot{x} = -f_{k_1} + f_{k_2} + f_b$$

$$f_{k_1} = k_1(x - u); f_{k_2} = k_2(y - x); f_b = b(\dot{y} - \dot{x})$$

Buna denklemlerin Laplace dönüşümünü yaparak $Y(s)/U(s)$ arasındaki transfer fonksiyonunu bulunuz. Daha sonra sistemin blok diyagramını çiziniz

$$m_2 s^2 Y(s) = -F_{k_2} - F_b;$$

$$m_1 s^2 X(s) = -F_{k_1} + F_{k_2} + F_b$$

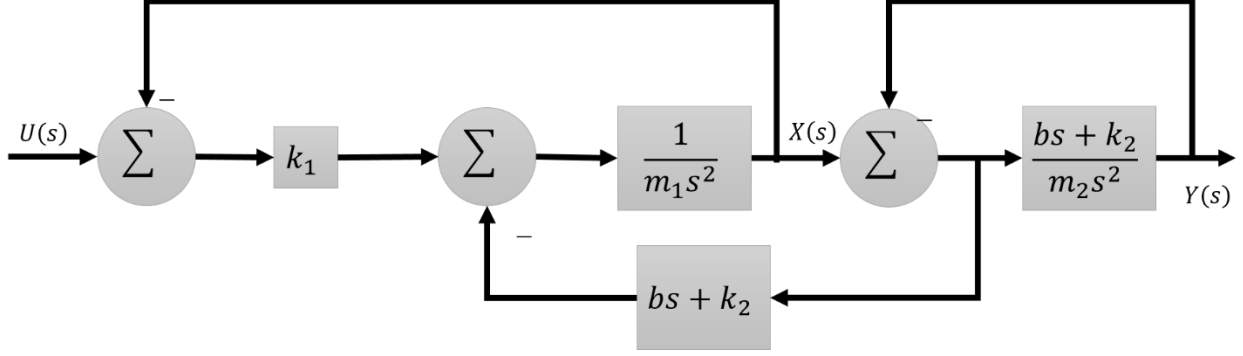
$$F_{k_1} = k_1(X(s) - U(s)); F_{k_2} = k_2(Y(s) - X(s)); F_b = bs(Y(s) - X(s))$$

$$m_2 s^2 Y(s) = k_2(X(s) - Y(s)) + bs(X(s) - Y(s));$$

$$Y(s) = \frac{(bs + k_2)(X(s) - Y(s))}{m_2 s^2};$$

$$m_1 s^2 X(s) = k_1(U(s) - X(s)) + (bs + k_2)(Y(s) - X(s))$$

$$X(s) = \frac{k_1}{m_1 s^2} (U(s) - X(s)) + \frac{(bs + k_2)}{m_1 s^2} (Y(s) - X(s))$$



$$Y(s)(m_2 s^2 + bs + k_2) = X(s)(bs + k_2);$$

$$X(s)(m_1 s^2 + bs + k_1 + k_2) = k_1 U(s) + (bs + k_2)Y(s)$$

$$X(s) = \frac{k_1}{(m_1 s^2 + bs + k_1 + k_2)} U(s) + \frac{(bs + k_2)}{(m_1 s^2 + bs + k_1 + k_2)} Y(s)$$

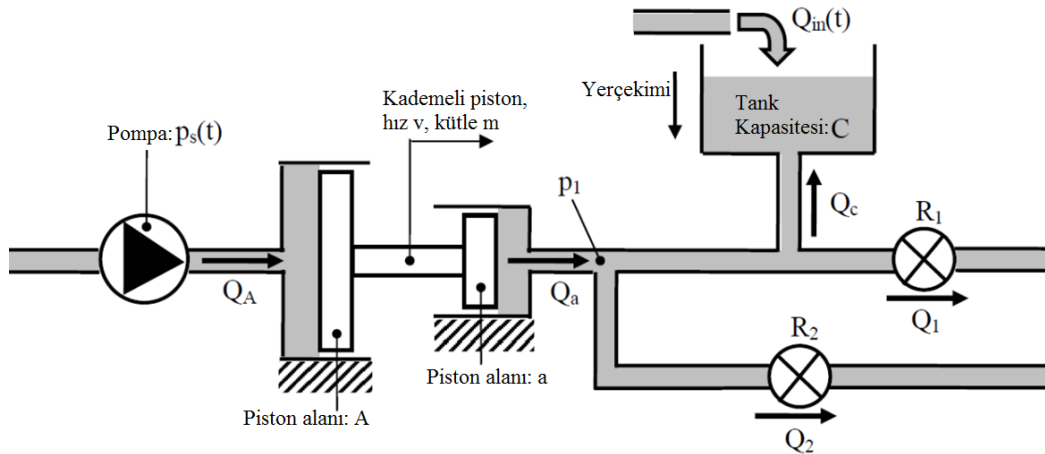
$$Y(s)(m_2 s^2 + bs + k_2) = \frac{k_1 (bs + k_2)}{(m_1 s^2 + bs + k_1 + k_2)} U(s) + \frac{(bs + k_2)^2}{(m_1 s^2 + bs + k_1 + k_2)} Y(s)$$

$$Y(s) \left[(m_2 s^2 + bs + k_2) - \frac{(bs + k_2)^2}{(m_1 s^2 + bs + k_1 + k_2)} \right] = \frac{k_1 (bs + k_2)}{(m_1 s^2 + bs + k_1 + k_2)} U(s)$$

$$Y(s) [(m_2 m_1 s^4 + b(m_1 + m_2) s^3 + [k_2 m_1 + (k_1 + k_2) m_2] s^2 + k_1 bs + k_1 k_2)] = k_1 (bs + k_2) U(s)$$

$$Y(s) = \frac{k_1 (bs + k_2)}{[(m_2 m_1 s^4 + b(m_1 + m_2) s^3 + [k_2 m_1 + (k_1 + k_2) m_2] s^2 + k_1 bs + k_1 k_2)]} U(s)$$

Soru 7: Resimdeki hidro-mekanik sistemin matematiksel ifadesi aşağıdaki denklem takımıyla gösterilebilmektedir.



$$\begin{array}{ll}
1 & f_A = Ap_s & F_A(s) = AP_s(s) \\
2 & Q_A = Av & Q_A(s) = AV(s) \\
3 & f_A - f_a = m\dot{v} & F_A(s) - F_a(s) = msV(s) \\
4 & f_a = ap_1 & F_a(s) = aP_1(s) \\
5 & Q_a = av & Q_a(s) = aV(s) \\
6 & Q_a = Q_c + Q_1 + Q_2 & Q_a(s) = Q_c(s) + Q_1(s) + Q_2(s) \\
7 & Q_c + Q_{in} = C\dot{p}_1 & Q_c(s) + Q_{in}(s) = CsP_1(s) \\
8 & p_1 = R_1Q_1 & P_1(s) = R_1Q_1(s) \\
9 & p_1 = R_2Q_2 & P_1(s) = R_2Q_2(s)
\end{array}$$

Yukarıda tanımlanan sistem için s tanım kümesinde iki polinomun oranı olarak aşağıdaki transfer fonksiyonlarını bulunuz.

- i.) Tankın tabanındaki p1 basıncı ve tanka giren debi Qin arasındaki
- ii.) Çevreye salınan toplam debi $Q_{top} = Q_1 + Q_2$ ve pompa basıncı p_s arasındaki

8 ve 9 numaralı denklemleri 6'da yerine yazalım.

$$Q_a(s) = Q_c(s) + \frac{P_1(s)}{R_1} + \frac{P_1(s)}{R_2} \quad 6'$$

7 numaralı denklemden $Q_c(s)$ 'yi çekip 6' da yerine koyalım.

$$Q_c(s) = -Q_{in}(s) + CsP_1(s)$$

$$Q_a(s) = -Q_{in}(s) + CsP_1(s) + \frac{P_1(s)}{R_1} + \frac{P_1(s)}{R_2} \quad 6''$$

1 ve 4 numaralı denklemleri 3'de yerine yazarak $V(s)$ bulunur.

$$AP_s(s) - aP_1(s) = msV(s)$$

$$\frac{AP_s(s) - aP_1(s)}{ms} = V(s)$$

5 numaralı denklemde $Q_a(s)$ ifadesinde $V(s)$ yerine yazılırsa

$$Q_a(s) = aV(s) \Rightarrow Q_a(s) = \frac{AaP_s(s) - a^2P_1(s)}{ms}$$

$Q_a(s)$ 'yi 6'' da yerine yazarsak

$$\frac{AaP_s(s) - a^2P_1(s)}{ms} = -Q_{in}(s) + CsP_1(s) + \frac{P_1(s)}{R_1} + \frac{P_1(s)}{R_2}$$

$$\frac{AaP_s(s)}{ms} + Q_{in}(s) = P_1(s) \left[\frac{a^2}{ms} + Cs + \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right]$$

$$\frac{AaP_s(s)}{ms} + Q_{in}(s) = P_1(s) \left[\frac{R_1R_2a^2 + R_1R_2Cms^2 + R_2ms + R_1ms}{R_1R_2ms} \right]$$

$$P_1(s) = \frac{AaR_1R_2}{R_1R_2a^2 + ms(R_1R_2Cs + R_2 + R_1)} P_s(s) + \frac{R_1R_2ms}{R_1R_2a^2 + ms(R_1R_2Cs + R_2 + R_1)} Q_{in}(s)$$

i)

$$GP_1Q_{in} = \frac{R_1R_2ms}{R_1R_2a^2 + ms(R_1R_2Cs + R_2 + R_1)}$$

ii.) Çevreye salınan toplam debi $Q_{top} = Q_1 + Q_2$ ve pompa basıncı p_s arasındaki

$$Q_{top} = Q_1 + Q_2 = \frac{P_1(s)}{R_1} + \frac{P_1(s)}{R_2} \Rightarrow P_1(s) = \frac{R_1R_2}{R_1 + R_2} Q_{top}$$

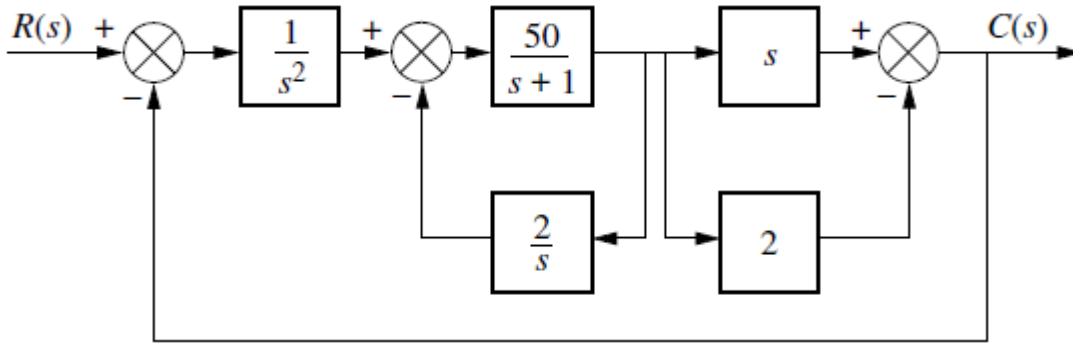
$$\frac{R_1R_2}{R_1 + R_2} Q_{top} = \frac{AaR_1R_2}{R_1R_2a^2 + ms(R_1R_2Cs + R_2 + R_1)} P(s) + \frac{R_1R_2ms}{R_1R_2a^2 + ms(R_1R_2Cs + R_2 + R_1)} Q_{in}(s)$$

$$Q_{top} = \frac{Aa(R_1 + R_2)}{R_1R_2a^2 + ms(R_1R_2Cs + R_2 + R_1)} P(s) + \frac{(R_1 + R_2)ms}{R_1R_2a^2 + ms(R_1R_2Cs + R_2 + R_1)} Q_{in}(s)$$

Böylece

$$G_{P_s Q_{top}} = \frac{Aa(R_1 + R_2)}{R_1R_2a^2 + ms(R_1R_2Cs + R_2 + R_1)}$$

Soru 8: Aşağıda verilen blok diyagramı Matlab'in "tf", "feedback" ve "minreal" komutlarını kullanarak indirgeyiniz.



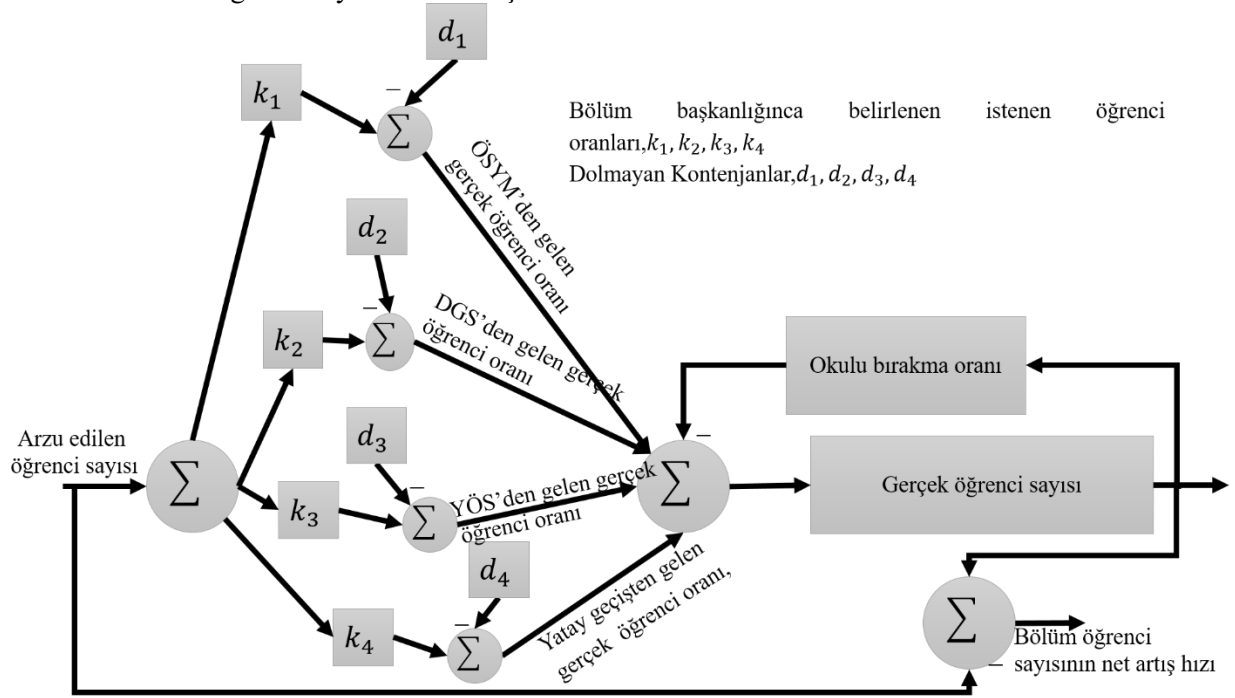
Matlab Kodu:

```
s = tf('s');
G1 = 1/(s^2); G2=50/(s+1); G3=s-2; H1=2/s; H2=1;
G_G2H1 = feedback(G2, H1);
Gn=G1*G_G2H1*G3;
G_s = feedback(Gn, H2);
G_r = minreal(G_s)
```

$$\text{Sonuç: } G_r = \frac{50s - 100}{s^3 + s^2 + 150s - 100}$$

Soru 9: OMÜ makine mühendisliği bölümü, öğrenci sayısını çıkış, hedeflenen öğrenci sayısını ise referans giriş olarak bir kontrol sistemi modeli geliştirmek istiyor. Bölüm başkanlığı, mevcut ve istenen öğrenci sayılarını karşılaştırarak kabul oranını belirliyor ve ÖSYM'ye bildiriyor. ÖSYM, sınav tercihlerine göre kabul yapıyor. Ek olarak, YÖS, DGS, yatay geçiş süreçleri ile de kabul yapıyor ve bunlar içinde kontenjanlar belirlenerek bildiriliyor. Bölüm başkanlığı, ÖSYM, YÖS, DGS, yatay geçiş süreçlerini sistemin blokları olarak gösteren işlevsel bir blok diyagramı çizin. Blok diyagramınızda aşağıdaki sinyalleri gösteriniz.

- Arzu edilen öğrenci sayısı,
- Gerçek öğrenci sayısı,
- Bölüm başkanlığınca belirlenen istenen öğrenci oranı,
- ÖSYM'den gelen gerçek öğrenci oranı,
- YÖS'den gelen gerçek öğrenci oranı,
- DGS'den gelen gerçek öğrenci oranı,
- Yatay geçişten gelen gerçek öğrenci oranı,
- Okulu bırakma oranı,
- ve Bölüm öğrenci sayısının net artış hızı.



Soru 10: Günümüzde hızla yaygınlaşan hibrit araçlarda sadece elektrik motorundan, sadece içten yanmalı motordan veya her ikisinden birden güç ihtiyacı karşılanabilmektedir. Üretilen güç, yüzey pürüzlülüğü, eğim gibi belirsizliklere ek, aracın hızına bağlı değişen araç aerodinamiği gibi dış bozuluculara maruz kalmaktadır. Bu koşullarda hız sabitleyici için bir kontrol algoritmasının işlevsel blok diyagramını çizin. Sisteminizde mutlaka yer vermeniz gereken donanımlar, Kontrolcü, Gaz Pedalı Ayarlayıcı, Dişli Sistemi Kontrolü, Elektrik motoru, Hız Ölçer.

Çözüm: Bu Soru Norman S. Nise adlı yazarın "CONTROL SYSTEMS ENGINEERING" kitabından birinci bölümün 23. Sorusundan uyarlanmıştır. Sorunun cevabı ve daha geniş bilgi için kitaba ve çözüm kitabına (solution manual) bakılabilir.