



EGE ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ
CONTROL SYSTEMS-I PROJESİ

KOMPANZATÖR TASARIMI

Emir Kaan YERLİ

05150000734

Mehmet YÜKSEL

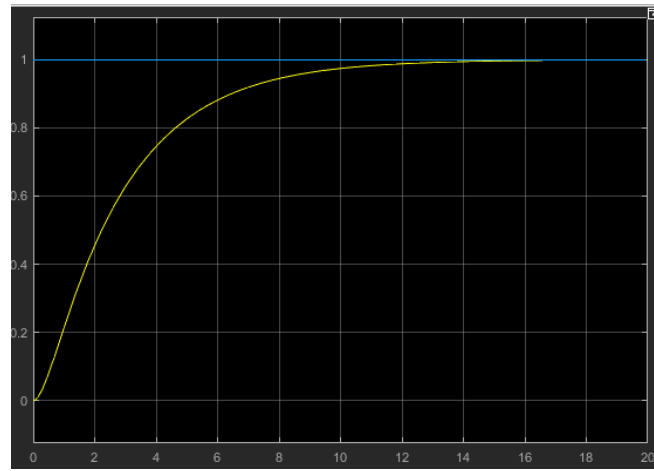
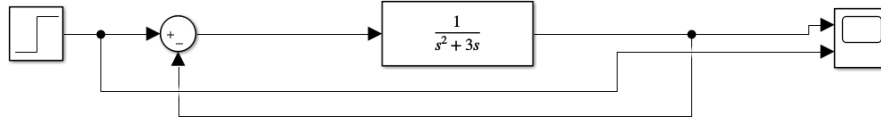
05150000565

Teorik Analiz

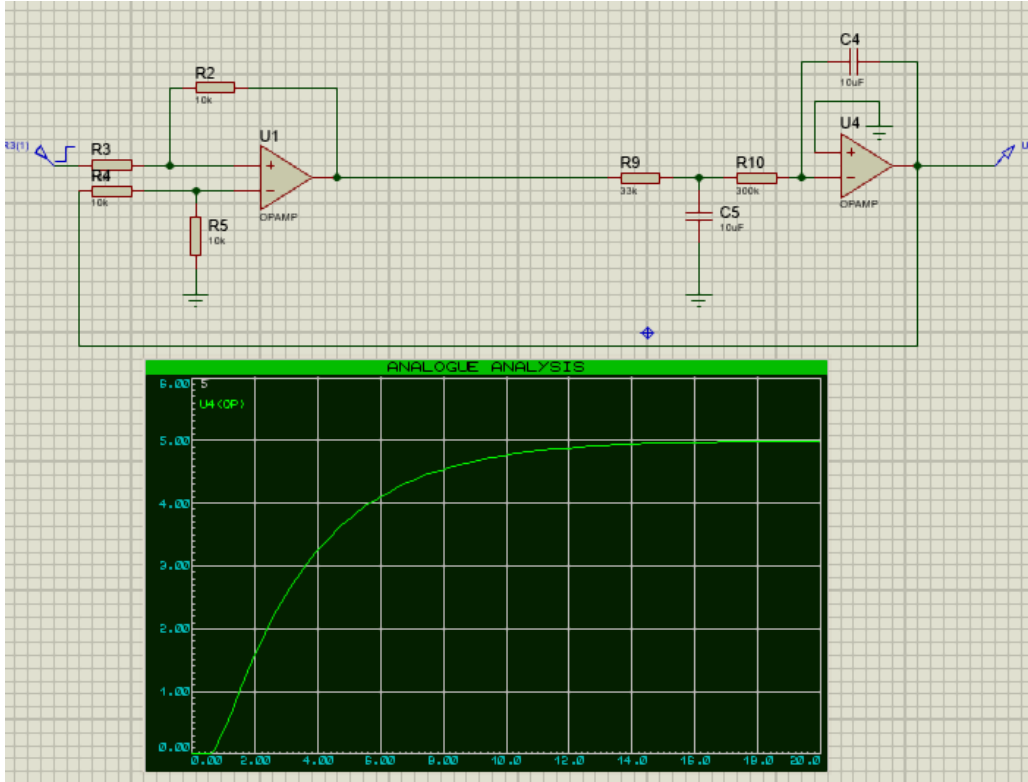
Bu proje için kontrol edilmesi gereken plant $G(s) = \frac{1}{s(s+3)}$ olarak seçilmiştir.

Plant'in Birim Basamak Cevabı:

SIMULINK



PROTEUS



Basamak cevabı sonuçları:

RiseTime: 25 s.

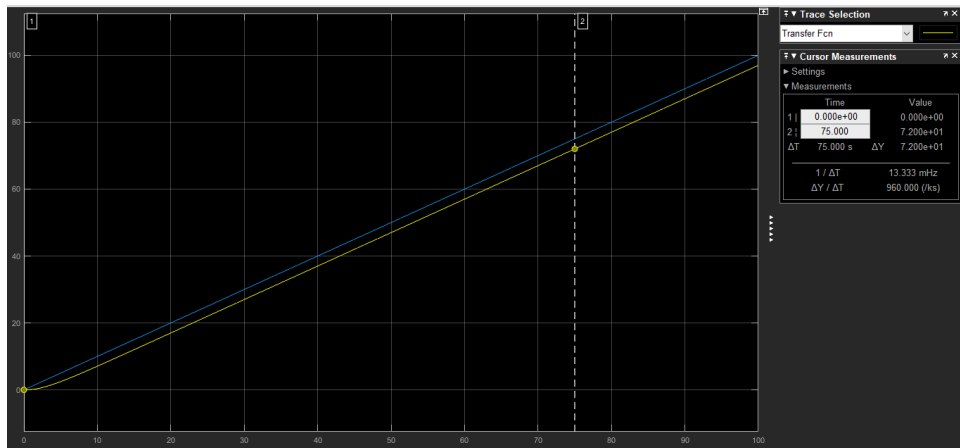
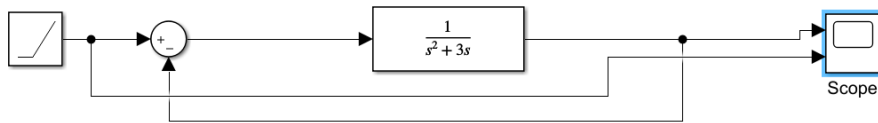
SettlingTime: 12 s.

Overshoot: 0

PeakTime: 25 s.

Görüldüğü üzere sistem hiç aşım yapmamakta ancak oturma süresi çok uzundur.

Plant'in Birim Rampa Cevabı:



Rampa cevabı sonuçları:

ess=3/4

Kv=1/3

Görüldüğü üzere sistemin kararlı hal hatası çok büyüktür.

Projede sistemin Oturma süresi=4 s., Max. aşım=%10 ve Kv=50(ess=0.02) olacak şekilde kompanse edilmesi amaçlanmaktadır.

Mp=%10 olması için:

$$M_p = e^{-\frac{\pi\zeta}{\sqrt{1-\zeta^2}}} \quad 0.1 = e^{-\frac{\pi\zeta}{\sqrt{1-\zeta^2}}} \quad \zeta = 0.59$$

$t_s=4$ olması için:

$$t_s = \frac{4}{\zeta\omega_n} \quad 4 = \frac{4}{\zeta\omega_n} \quad \zeta\omega_n = 1 \quad \omega_n = 1.692$$

İstenen karakteristik denklem:

$$s^2 + 2\zeta w_n s + w_n^2 = s^2 + 2s + 2.863$$

Denklemin kökleri:

$$s_{1,2} = -1 \pm j1.365$$

Kompanzatörün Lead Kısımı:

$G(s_1)$ 'in açısı değeri bulunur:

$$\angle G(s = -1 + j1.365) = -160.54^\circ \text{ olarak bulunur.}$$

$$180 + G(s_1) + \varphi = 0 \text{ olmalıdır.}$$

$$\varphi = -19.46 \text{ olarak bulunur.}$$

Lead kısmının sıfırı plant'in kutbunu yok etmek için $s=-3$ olarak seçilir.

$$\angle \frac{s+3}{s+p} \Big|_{s=-1+j1.365} = -19.46 \text{ olmalıdır.}$$

Bu koşul sonucunda $p=2$ olarak bulunur.

$$\frac{s+\frac{1}{T_1}}{s+\frac{1}{\alpha T_1}} = \frac{s+3}{s+2} \quad T_1 = 0.33 \text{ ve } \alpha = 1.5 \text{ olarak bulunur.}$$

Kompanzatörün Lag kısmının genliği 1 kabul edilerek ileri yol transfer fonksiyonunun genliği 1 olmak şartı ile Lead kısmının kazancı hesaplanır:

$$|K_c * \frac{s+\frac{1}{T_1}}{s+\frac{1}{\alpha T_1}} * \frac{s+\frac{1}{T_2}}{s+\frac{1}{\beta T_2}} * \frac{1}{s*(s+3)}| = 1 \quad K_c = 2.863 \text{ olarak bulunmuştur.}$$

Kompanzatörün Lag Kısımı:

İstenilen $K_v=50$ olması için:

$$K_v = 50 = \lim_{s \rightarrow 0} \left(s * K_c * \frac{s+\frac{1}{T_1}}{s+\frac{1}{\alpha T_1}} * \frac{s+\frac{1}{T_2}}{s+\frac{1}{\beta T_2}} * \frac{1}{s*(s+3)} \right) \quad \beta = 34.92 \text{ olarak bulunmuştur.}$$

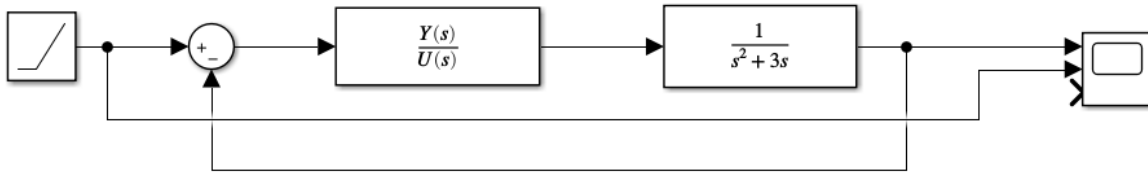
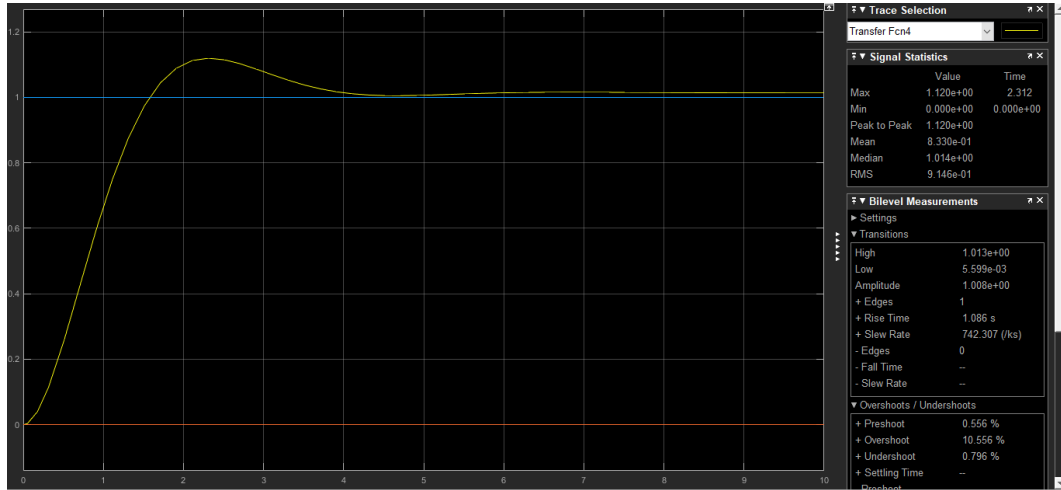
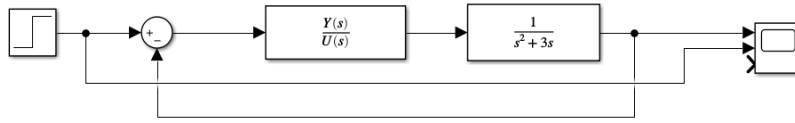
$T_2=40$ olarak seçilmiştir.

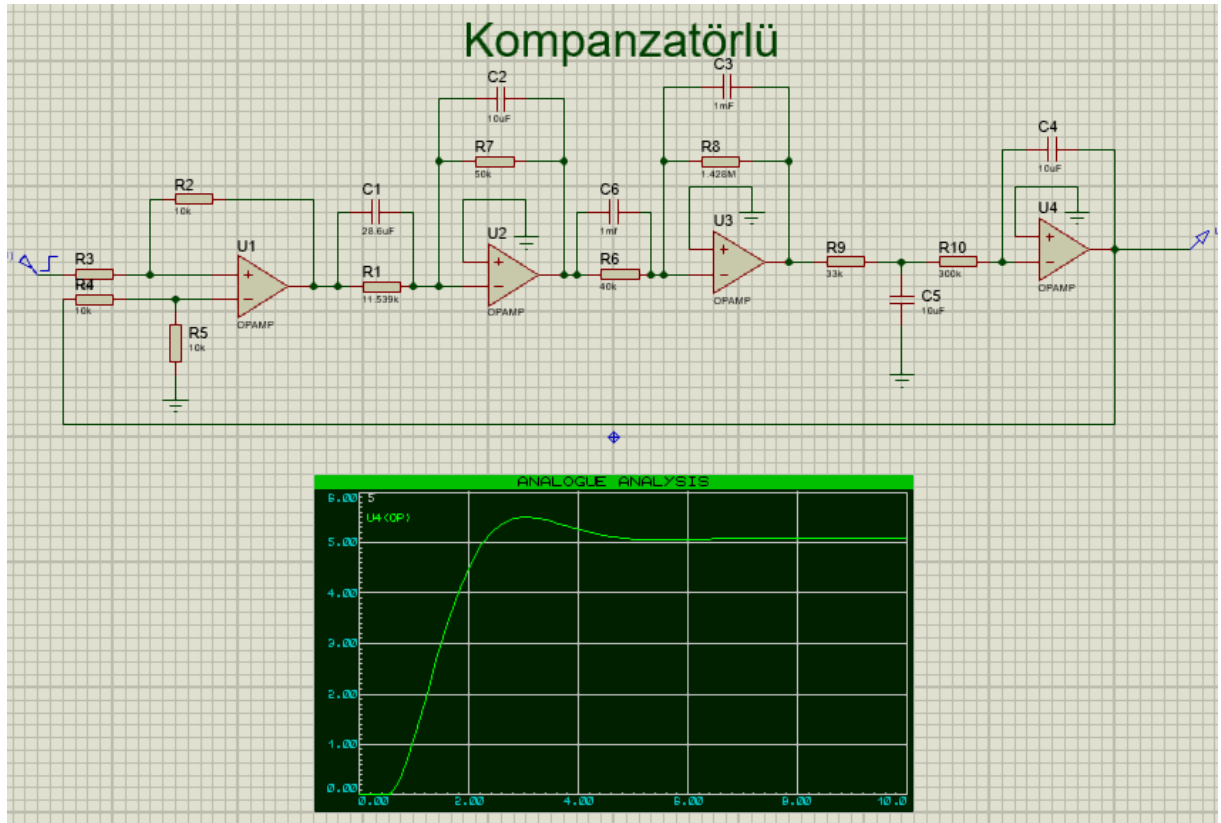
$$\frac{s + \frac{1}{T_2}}{s + \frac{1}{\beta T_2}} = 0.983 < -0.0236^\circ \cong 1 < 0$$

Kompanzatör Transfer Fonksiyonu($G_c(s)$):

$$G_c(s) = 2.86 * \frac{s+3}{s+2} * \frac{s+0.025}{s+0.0007}$$

Kompanze edilmiş sistemin Birim Basamak ve Rampa cevabı:

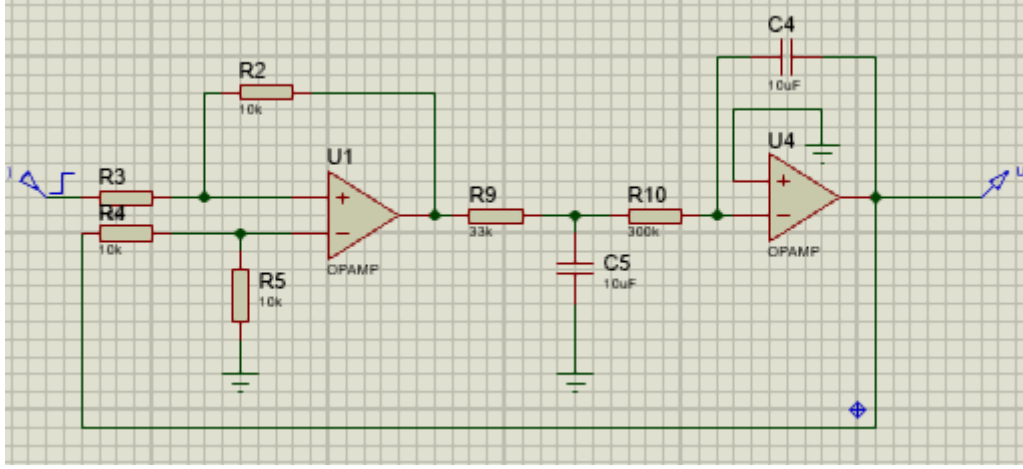




Sistem kompanze edilerek Oturma süresi=4 s., Max. aşım=%10 ve $K_v=50$ (ess=0.02) şartları sağlanmıştır.

Sistemin Gerçeklenmesi:

Plant:



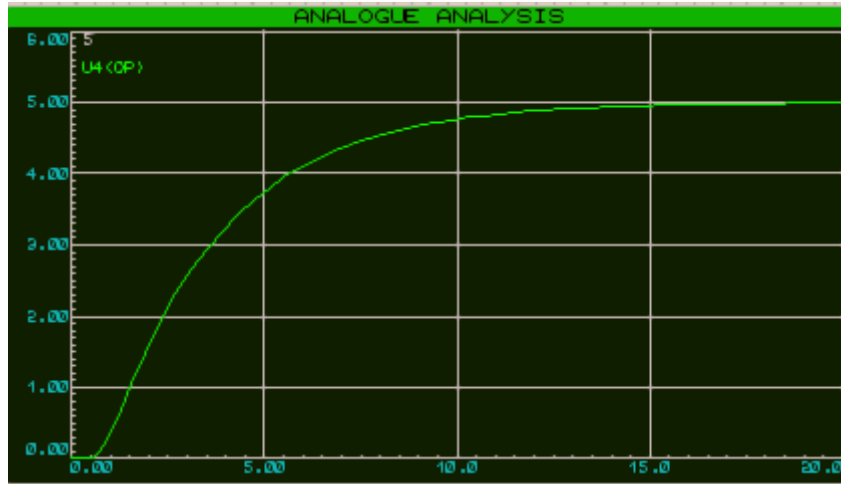
Başlangıçta referans sinyali ve geri besleme için birim kazançlı far alıcı op-amp devresi kurulmuştur.

V_c : Kontrol sinyali

$$\frac{V_1}{V_c} = \frac{1}{R_9 + \frac{1}{sC_5}} * \frac{1}{sC_5} = \frac{1}{s + 3}$$

$$\frac{y}{1/sC_4} = \frac{V_1}{R_{10}} \quad \frac{y}{V_1} = \frac{1}{sC_4R_{10}} = \frac{1}{s}$$

$C_4=10\mu F$, $C_5=10\mu F$, $R_9=33k\Omega$, $R_{10}=300k\Omega$ seçilerek plant gerçekleştirilmiştir.

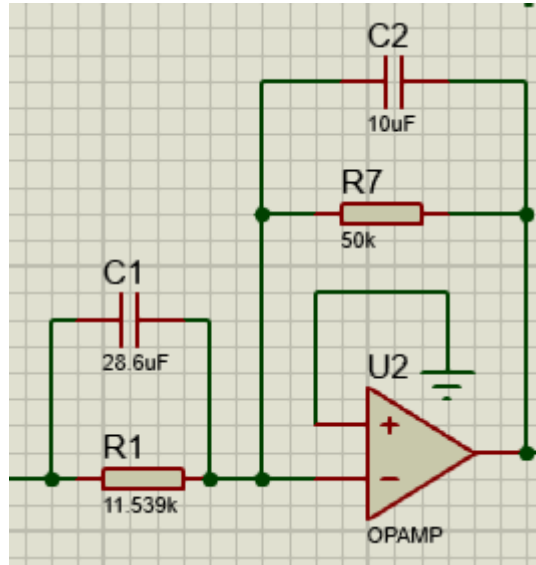


Kompanze edilmemiş sistemin birim basamak cevabı Simulink'le aynı sonucu vermektedir. (Proteus basamak gerilimi=5V)

Kompanzatör:

Kompanzatörün Lead ve Lag kısmı ayrı op-amp'larla gerçekleştirilmiştir.

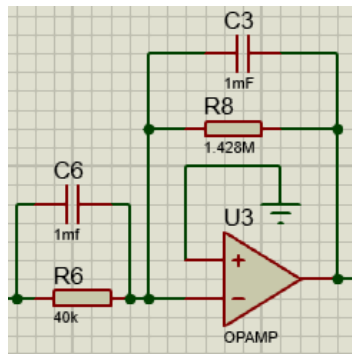
Lead:



$$\frac{V_i}{V_o} = \frac{\frac{R_7}{1 + sC_2R_7}}{\frac{R_1}{1 + sC_1R_1}} = 2.86 \frac{s + 3}{s + 2}$$

$C_1=28.6\mu F$, $C_2=10\mu F$, $R_1=11.538k\Omega$, $R_7=50k\Omega$ seçilerek Lead kısmı gerçekleştirilmiştir.

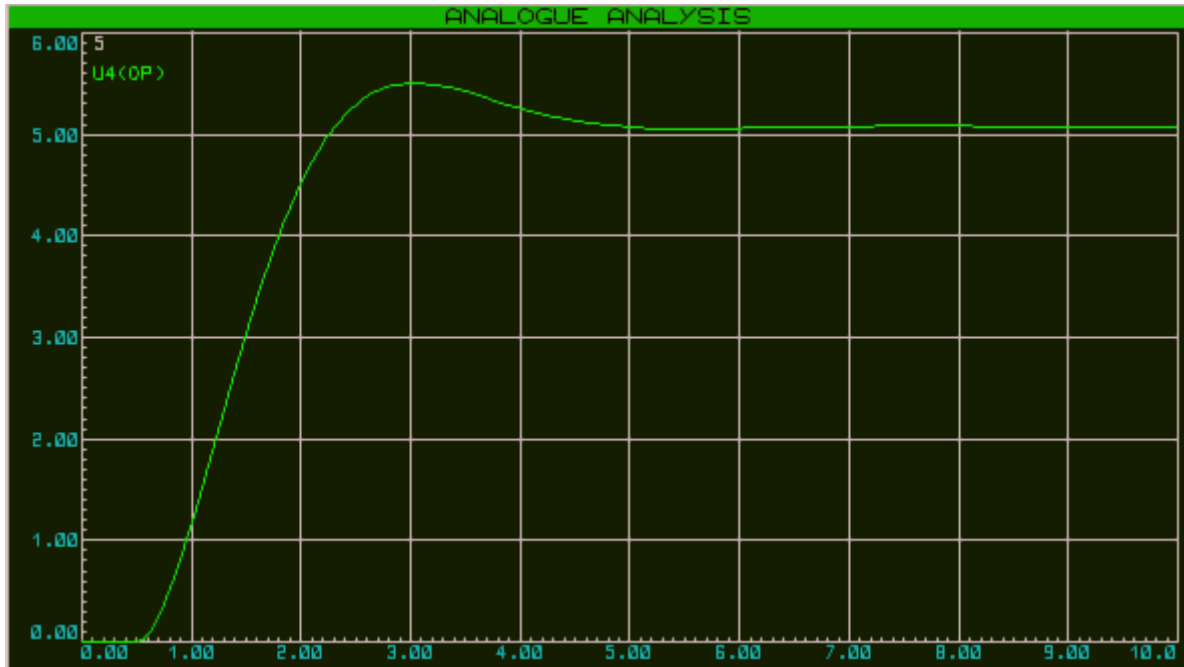
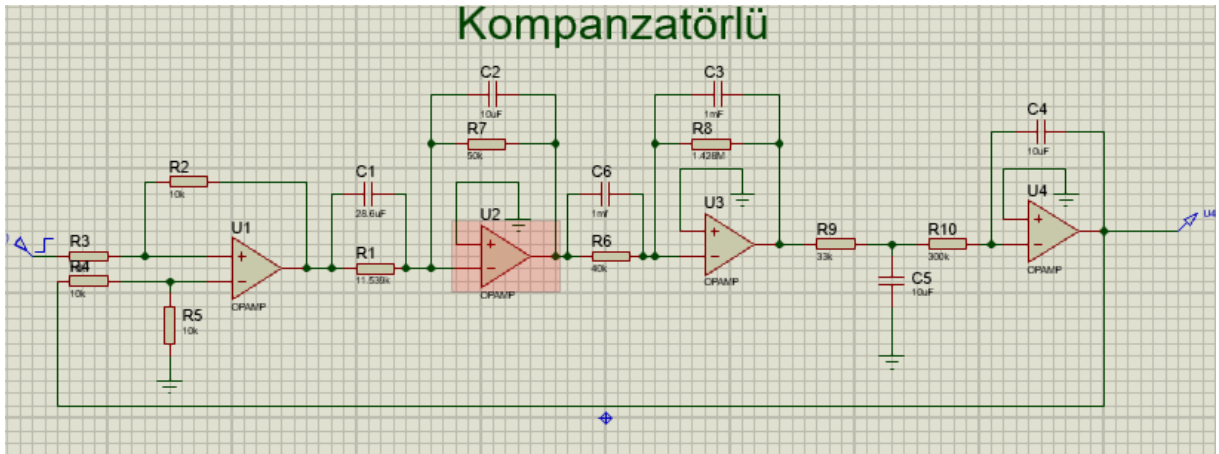
Lag:



$$\frac{V_i}{V_o} = \frac{\frac{R_8}{1 + sC_3R_8}}{\frac{R_6}{1 + sC_6R_6}} = \frac{s + 0.025}{s + 0.0007}$$

$C_3=1mF$, $C_6=1mF$, $R_6=40k\Omega$, $R_8=1.428M\Omega$ seçilerek Lag kısmı gerçekleştirilmiştir.

Kompanze edilmiş sistem:



Kompanze edilmiş sistemin birim basamak cevabı Simulink'le aynı sonucu vermektedir.

Gerçek Ortam Sonuçları

Kompanze Edilmemiş Sistem:



Kompanze edilmemiş sistemde görüldüğü gibi aynı fazda aşım yapmadan geç oturmaktadır.

Kompanze edilmiş Sistem:



Kompanze edilmiş sistem az bir aşım yapsa da erken oturmaktadır. Ayrıca Lead kompanzatörden dolayı sinüzoidal girişte de görüldüğü gibi faz farkı oluşmuştur.

Sonuç:

Gerçekleştirilen Lead-Lag Kompenzator uygulaması ile Kontrol Sistemleri-I dersinde görülen teorik uygulamaların gerçekleşmesinde de aynı sonuçların çıktığı görülmüştür. Gerçek ortamdaki deney sonuçları ortam şartlarından ve gerçekte olmayan direnç ve kapasitör değerlerinden dolayı az da olsa değişiklik gösterebilmektedir.

Referans:

- <http://www.yildiz.edu.tr/~cansever/kst/D4.PDF>
- <https://hazininci.yolasite.com/>
- <https://320volt.com/otomatik-kontrol-projesi/>
- <https://studentshubblog.files.wordpress.com/2014/12/modern-control-engineering-3rd-ed-ogataprentice-hall.pdf>