圖 5.29 $T(s)$ 的博德圖, $K = 10$

控制器位於 $\omega_m = 4$ 的系統的相位。73 rad/s 等於 $+202^\circ$ 。補償系統的相位裕量由:

$$[c = 180 = 202 \times 90 = 68^\circ$$

相位裕量大於 45° 應減小參數 $*D_D$ 。因此,如果我們選擇 $*D = \frac{10}{9.1} = 1.0989$,在這種情況下,相位裕量等於 49°

控制器增益由以下人員提供:

$$K_P = 10$$

$$K_P = 2.5 \times 4 \quad \text{---} \quad \text{---}$$

$$K_D = K_P = D = 2.4 \times 1.0989 = 2.7473$$

補償系統的開環傳輸功能由以下方式給出:

$$4(K_P = K_D s s)$$

$$T(s) | \text{---}$$

$$s(0.1s + 1)(4s + 1)$$

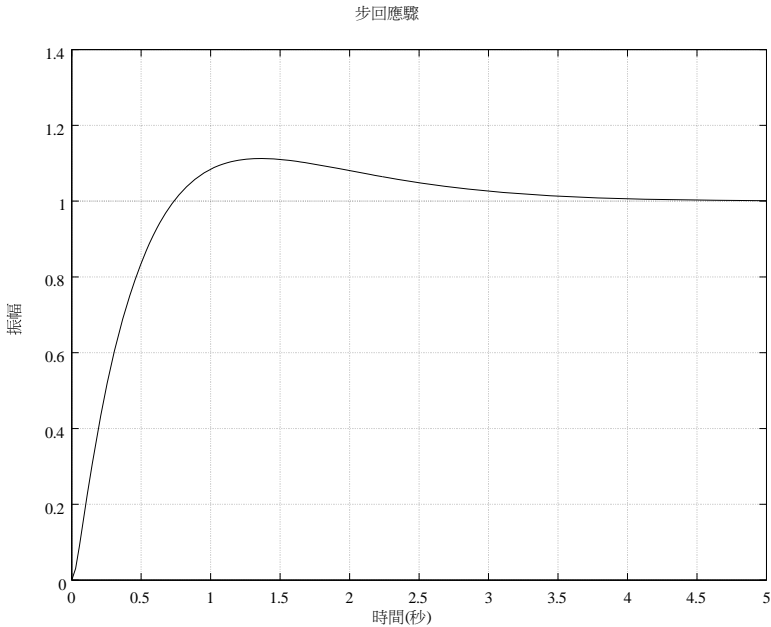
此控制器所使用的相位裕量約為 61.5° 。閉環傳輸功能由以下功能提供:

$$4(K_s = K_p)$$

$$F(s) | \text{---}$$

$$0.1s^3 \times 4.1s^2 + (1 + 4K_D)s = 4K_P$$

補償系統的步進回應如圖 5.30 所示。

圖 5.30 $F(s)$ 的步進回應

現在,讓我們重點介紹使用博德方法的 PID 控制器的設計。此控制器作用於瞬態和穩定狀態。此控制器的傳輸功能由以下人員提供:

$$K_I (1 + \tau_i s) (1 + \tau_v s) C(s) = K_P \frac{1}{s} + K_D s = \frac{K_P + K_D s^2 + K_I s}{s}$$

其中 $K_P = \frac{v}{n-i-v}$, $K_I = \frac{1}{i}$ 與 $K_D = \frac{n-v}{v}$ 。

補償系統的開環傳輸功能由以下方式給出:

$$T(s) = K \frac{(1 + \tau_n s)(1 + \tau_i s)(b_m s^m + b_1 s + 1)}{\prod_{l=1}^n (n_n s^n + \dots + I_1 s + 1)}$$

$$k K = \frac{k_i}{\tau_i}$$

為了設計這樣的控制器,我們使用用於單獨設計 PI 和 PD 控制器的想法。設計此類控制器的過程基於以下事實:在原點引入極點、增益、 $K+P$, 該極給出穩定誤差並使用最大相位, 90° 由 PD 控制器引入, 當量級為 $+20 \text{ db}$ ($w_{wm} = v = 10$) 時對應於頻率。以下程序可用於此控制器的設計:

確定系統最慢的極點, 以 controller, 除了那些在原點, 並繼續一個極/零取消。這將有助於修復 τ_v , 即:

$$[n = \text{最大 } v] \{1, \dots\}$$

確定提供需要誤差的增益 $K=P$, 繪製博德圖:

$$[P (1 + s \tau_i) (a) n (b s n_m + s^m) = \frac{K_P + K_D s^2 + K_I s}{s} \quad [\quad] \quad]$$

$$a = 1 s b = 1 s s = 1$$

$$T(s) = K$$

並確定幅度等於 $+20 \text{ db}$ 的頻率 w_m 。

使用此頻率, 我們 τ_v 通過:

$$10 \times v = \frac{K_P}{w_m}$$

給出了補償系統的相位裕量:

$$[\varphi_c] \gg 90^\circ$$

其中 φ 是系統的相位邊距,沒有控制器的頻率 ω_m

如果

$$[\varphi_c] > 50^\circ \quad \text{減少參數, } K_D \text{ 直到 } \varphi_c = 45^\circ < 40^\circ \quad \text{選擇另一個控制器}$$

"

使用以下方式計算控制器的增益:

$$[n] \cdot v$$

$$K_P | \text{———}$$

•_i

1

$$K_I | \text{———}$$

$$[i] \quad n=v$$

$$K_D | \text{———}$$

•_i

檢查是否取得所需的規格

範例 5.5.4 為了顯示 PID 控制器的設計的工作原理,讓我們考慮以下動態系統:

2

$$G(s) | \text{———}$$

$$(0.1s + 1)(0.2s + 1)(0.5s + 1)$$

單位斜坡等於 0 的穩定狀態錯誤。需要 1。

此系統為零型,並且具有三個時間常數 0.5, 0.2 和 0.1。最大時間常數為 0.5。

5..

按照程式設計,我們得到:

使用我們擁有的系統的最大時間常數:

$$[n] = 0.5$$

使用錯誤規範,我們得到:

$$K=P$$

3. 繪製博德圖:

$$\frac{1}{10} [\quad] 10^1 T(s) | \text{———}$$

$$0.1 K=P \quad s(0.1s + 1)(0.2s + 1)$$

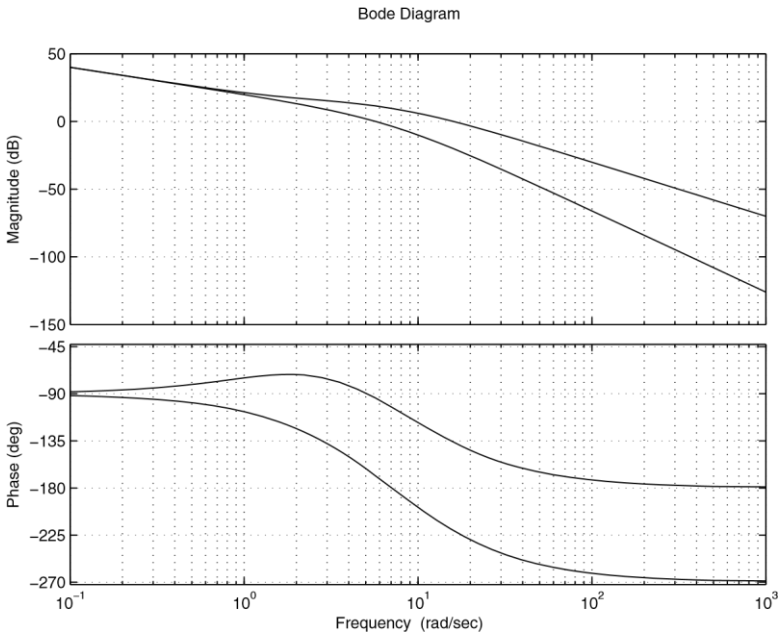
圖 5.31 $T(s)$ 的博德圖

圖 5.31 說明瞭此圖。量級等於 -20 dB 的頻率等於 $\omega_m = 15 \cdot 9$ 。此頻率的相位等於 $+220^\circ$ 。此頻率的相位裕量由：

$$[] 180 \times (w_m) = 90 \times 180 \times 220 \times 90 \times 50$$

控制器的第二個參數 v 由以下因素確定：

$$10$$

$$[v = \frac{0}{.6289} \omega_m$$

使用以下方式計算控制器的增益：

$$\begin{aligned} & \bullet_i \left[\frac{2}{10} = 0.2 \right. \\ & \left. [n] v \right. \\ K_P & \left[\frac{1}{\frac{1}{5 \times i}} = 5 \cdot 6447 \right. \\ & \bullet_i \\ K_I & \left[\frac{1}{\frac{1}{5 \times i}} \right. \\ & [n=v \\ K_D & \left[\frac{1}{\frac{1}{5 \times i}} = 1 \cdot 5723 \right. \end{aligned}$$

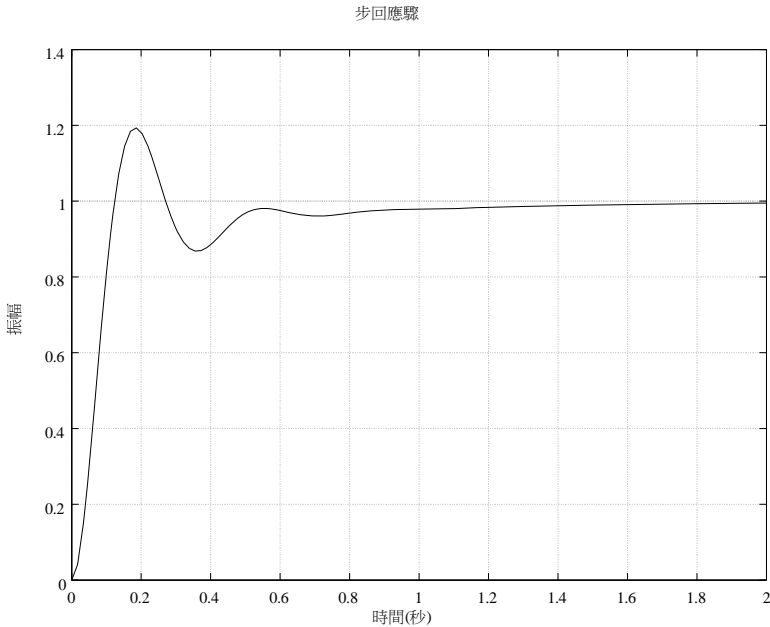
\bullet_i

具有此控制器的閉環傳輸功能為：

$2 \cdot$

$$[i (v s = 1) F(s) \left| \frac{1}{0.02s^2 + 0.2s^2 + (1 + \frac{2\tau_v}{\tau_i}) \tau_i s + \tau_{2i}} \right.$$

補償系統的步進回應如圖 5.32 所示。

圖 5.32 $F(s)$ 的步進回應

現在,讓我們重點介紹使用 **Bode** 方法的相位引線控制器的設計。此控制器的傳輸功能由以下人員提供:

$$aT = 1$$

$$C(s) = K_P \frac{1}{Ts}, \quad > 1$$

$$Ts = 1$$

可以顯示,此控制器可以為的每個值提供的最大相位 a 。此最大值的值與發生此頻率的頻率由以下值給出:

$$\omega_m = \frac{1}{T} \sqrt{\frac{a}{1-a}}$$

$$\frac{T}{a} = \frac{1}{\omega_m}$$

$$\sin(\mu_m) = \frac{a}{1+a} \quad \text{---}$$

$$a = 1$$

第二個關係還給出了:

$$1 = \sin(\mu_m) \quad a = \frac{1}{1 + \sin(\mu_m)}$$

$$1 = \sin(\mu_m) \quad a = \frac{1}{1 + \sin(\mu_m)}$$

這些關係在相位控制器的設計過程中非常重要。

以下程序可用於此控制器的設計:

1. 使用錯誤規範,確定增益 K_P 並透過以下方式計算控制器增益:

$$K_P = \frac{1}{K}$$

$$K_P = \frac{1}{K}$$

2. 繪製博德圖:

$$K_P = \frac{1}{K} \quad s^l b(m^n a_n s^m s^{ss} = [] [] b a 1^1 s s = 11)$$

並確定非補償系統的相位和增益邊距。然後計算缺少的相位裕量。對於安全性,此值增加一個系數 (5⁰)被用於 μ_m ,然後按以下方式計算參數 a : by:

$$1 = \sin(\mu_m) a = \text{_____}$$

$$1 = \sin(\mu \varphi_m m)$$

確定 m 非補償系統的大小等於 $+20 \log \omega = a$ 的頻率, ω 並將其視為補償系統的交叉。使用以下參數 T 控制器的參數 T :

$$T = \frac{1}{\omega_m a} \sqrt{\quad}$$

檢查是否抓取所需的規格

範例 5.5.5 讓我們考慮以下動態系統:

$$5 (0.125s = 1)$$

$$G(s) | \text{_____}$$

$$s(2s = 1)(0.1s = 1)$$

這個範例中的目標是設計滿足以下規格的相位引線控制器:

穩定系統

坡次輸入的穩態誤差等於 0.1

相位裕量大於 40°

增益邊距大於 6 db

相位引線控制器的設計被引入參數 a 和 T 的確定。為此,我們遵循前面的過程。

由於系統為 1 型,因此斜坡輸入的

$$\frac{e}{P} (\infty) = \frac{1}{K} \quad \text{錯誤由:}$$

這反過來給出了:

$$K = P = 10$$

它給出:

$$K = P$$

$$K_P = \text{---} = 2$$

$$K$$

取得此增益後,系統的開環傳輸功能變為:

$$10$$

$$T(s) | \text{_____}$$

$$s(2s = 1)(0.1s = 1)$$

該系統的博德圖由圖 5.33 給出。

從這個圖中,我們得出結論,具有比例控制器的系統相位裕量等於 15°。67° 和增益邊距等於 + db。為了得到我們所需的相位保證金,我們需要增加 24 個。33°。

如果我們採取 50° 安全,控制器應添加一個相位, μ_m 等於 29°。33°。這給出了:

$$1 = \sin(29) \cdot 33)$$

$$a = \text{---} = 2.9201$$

$$1 = \sin(29) \cdot 33)$$

具有我們具有的值:

$$-20 \log \sqrt{a} = -4.6540$$

從 5.33 開始,我們指出幅度曲線為 +4。6540 頻率 $\omega_m = 2 \cdot 93 \text{ rd/s}$ 。這給出了:

$$T = \frac{1}{\text{---}} = 0.1997 \sqrt{\quad}$$

$w_m \quad a$

然後,控制器由以下人員給出:

$$aTs + 1 \quad 0.5832s + 1$$

$$C(s) = K_P \frac{\quad}{Ts + 1} \frac{\quad}{0.1997s + 1} = 2$$

補償系統的開環傳輸功能由以下方式給出:

$$0.5832s + 1$$

$$T(s) = 10 \frac{\quad}{s(2s + 1)(0.1s + 1)(0.1997s + 1)}$$

$$s(2s + 1)(0.1s + 1)(0.1997s + 1)$$

Bode Diagram

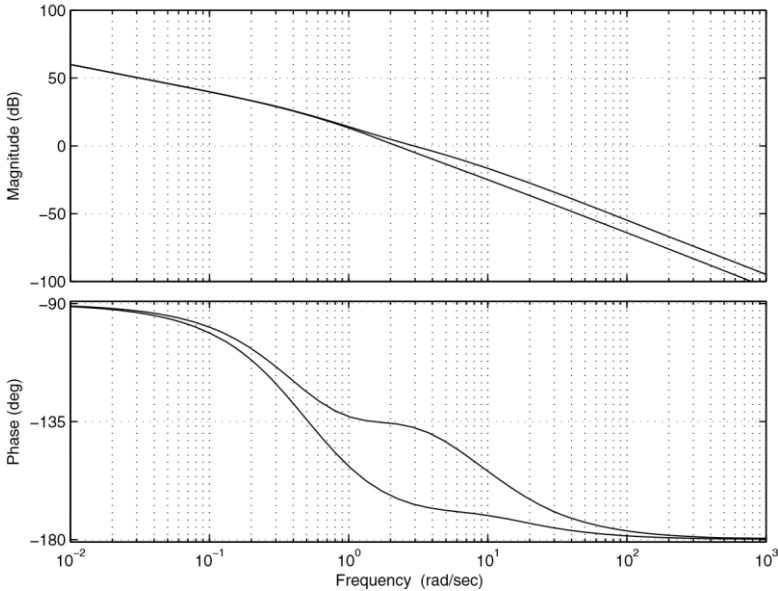


圖 5.33 $T(s)$ 的博德圖

與控制器,我們得到 42° 、 8° 和 $+ \text{db}$ 分別作為相位裕量和增益裕量。

閉環傳輸功能由以下功能提供:

$$kK_P \frac{0.125aT^2}{(0.125 + aT)s + 1} F(s) = \frac{\quad}{\quad}$$

$$b_4s^4 + b_3s^3 + b_2s^2 + b_1s + b_0$$

$$k = 5, b_4 = 0.2T, b_3 = 0.2 \times 2.1T, b_2 = 2.0 = T = 0.125aTkK_P, b_1 = 1 = akK_P(0.125$$

$$= aT \text{ 與 } b_0 = kK_P$$

圖 5.34 說明了閉環動力學與計算控制器的行為

在 5% 的建立時間等於 $1.68s$ 是可以接受的,步進輸入的誤差為 *equal* 到零,而過高約為 30%。

現在,讓我們重點介紹使用 Bode 方法的相位滯後控制器的設計。此控制器的傳輸功能由以下人員提供:

$$aT = 1$$

$$C(s) = K_P \frac{\quad}{Ts + 1}, < 1 \quad a$$

$$Ts = 1$$

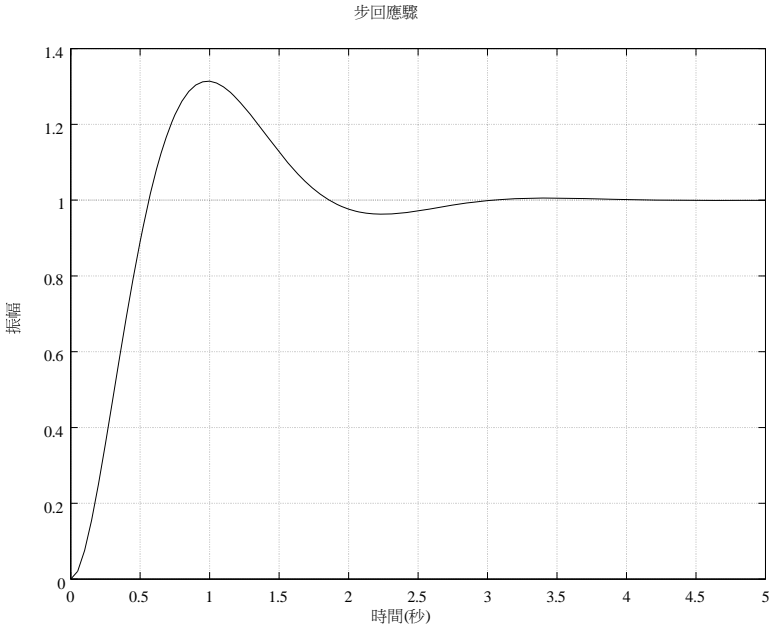


圖 5.34 $F(s)$ 的步進回應

以下程序可用於此控制器的設計:

1. 使用錯誤規範,確定增益 $K+p$ 並透過以下方式計算控制器增益:

$K=p$

$K=p=$ __

2. 繪製博德圖:

K

$[P \quad s^l b(m a_n s^n) \quad] \quad [ba_{11} s s=11)$

並確定我們擁有所需相位裕量的非補償系統的頻率, w_m 。然後計算分貝的多少, mm 在 w_m 時將量級級帶到 0 db 。控制器的參數 a 由以下人員給出:

$m a = 10^{20}$

要獲得相位曲線的顯著變化,我們需要選擇參數 T ,如下所示:

10

$T|$ __

$a w_m$

檢查是否取得所需的規格

範例 5.5.6 讓我們考慮以下動態系統:

2

$G(s) |$ _____

$s(0.1s + 1)(0.05s + 1)$

這個範例中的目標是設計滿足以下規格的相位延遲控制器:

穩定系統

坡次輸入的穩態誤差等於 0.1

相位裕量大於 40°

增益邊距大於 4 db

相位滯後控制器的設計對參數 a 和 T 進行測定。為此,我們遵循前面的過程。

要控制的系統為 1 型。單位斜坡

式給出:

$$e(\infty) = \frac{1}{K}$$

e

P

which 暗示:

$$K_P = 10$$

由此,我們得出結論,控制器的增益是 $K_P = 5$ 。

取得此增益後,系統的開環傳輸功能變為:

10

$$T(s) | \text{_____}$$

$$s(0 \cdot 1s = 1)(0 \cdot 05s = 1)$$

該系統的博德圖由圖 5.35 給出。

從這個數字,我們得出結論,在 $\omega_m = 5 \cdot 59$ 第/s, 相位裕量等於 45°。在此頻率下,幅度等於 3.52 db, 使用此參數, 給 a :

$$a = 10^{\frac{320 \cdot 52}{20}} = 0 \cdot 6668$$

備註 5.5.3 我們考慮的事實 #33. 52 db 表示我們希望控制器在此頻率下引入此振幅。

T 選擇是將頻率 aT 置於 ω_m 的十年

5.59 rd/s, 即:

$$10 \omega_m | \text{_____}$$

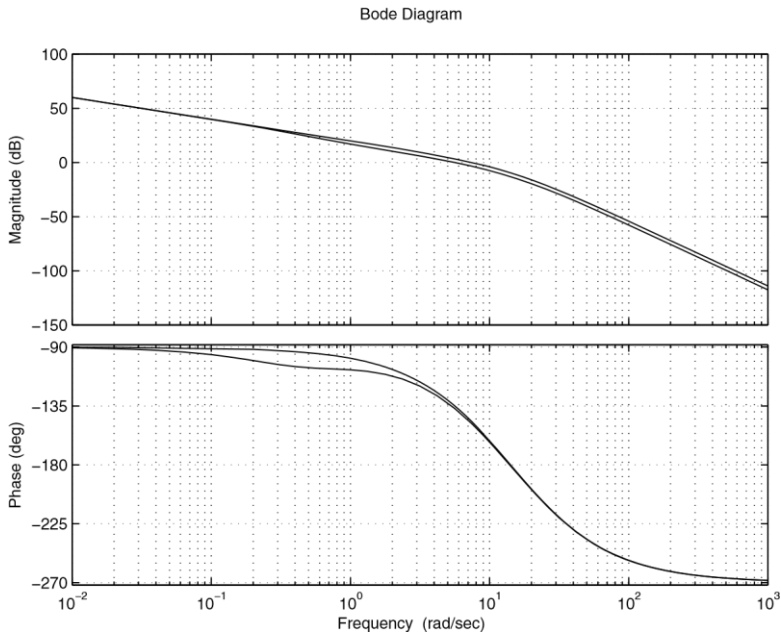
在

這意味著 $T = 2 \cdot 6828$.

我們的相位滯後控制器的傳輸功能由以下人員提供:

$$aT = 1 \quad C(s) = K_P \text{_____}$$

$$Ts = 1$$

圖 5.35 $T(s)$ 的博德圖

$K_P = 5$ 。

使用此控制器,我們得到:

$[] = 43 \cdot 13^\circ$

$[G = 4.37 \text{ db}]$

閉環傳輸功能由以下功能提供:

$kK_P (aT (= 1))$

$F(s) | \frac{0.005Ts^4 + (0.005 \times 0.15T)s^3 + (0.15 + T)s^2 + (1 + kK_P aT)s}{kK_P}$ 與 $k = 2$ 。

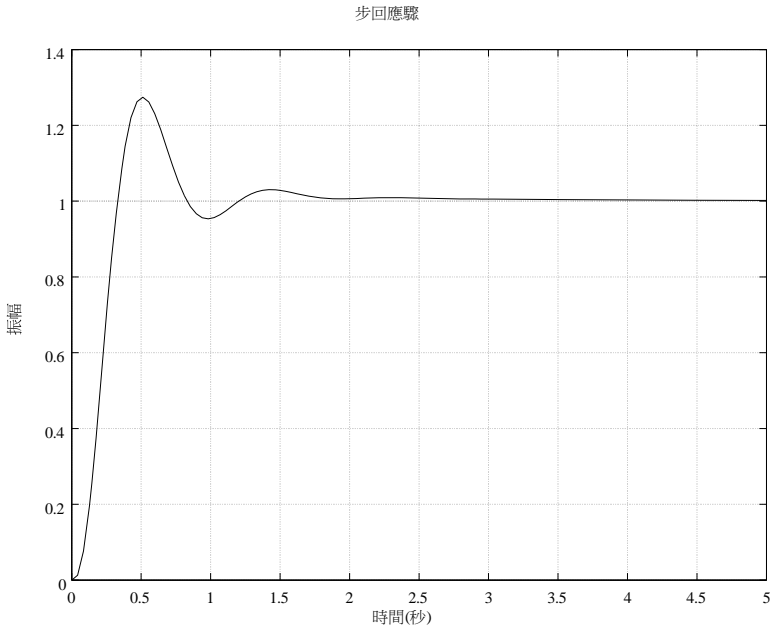
圖 5.36 說明了閉環動力學與計算控制器的行為

在 5% 的建立時間等於 0.78 s 是可以接受的,步進輸入的誤差等於零,而過高大約 27%。

現在,讓我們重點介紹使用 Bode 方法的相位引線滯後控制器的設計。控制器的傳輸功能由以下人員提供:

$C(s) = K_P \frac{a^1 T^1 s + 1}{T_1 s + 1} \frac{a^2 T^2 s + 1}{T_2 s + 1}$ $a^1 T^1 s + 1 = a^2 T^2 s + 1$ $a^1 T^1 s + 1 > a^2 T^2 s + 1$ $a^1 T^1 s + 1 < a^2 T^2 s + 1$

以下程序可用於此控制器的設計:

圖 5.36 $F(s)$ 的步進回應

1. 使用錯誤規範,確定增益 $K+p$,並透過以下方式計算控制器增益:

$$K=p$$

$$K=p = \underline{\hspace{2cm}}$$

2. 繪製博德圖:

K

$$[P \ s^l b(m a_n s^n) \] \ [\] b a_{11} s s = 11) \ \underline{\hspace{2cm}}$$

並確定非補償系統的相位裕量

確定相位引線控制器的參數,1 和 T_1

確定相位滯後控制器的參數,2 和 T_2

檢查是否取得所需的規格

範例 5.5.7 有關如何設計相位滯後控制器,讓我們考慮以下動態系統:

$$4 \ (0.125s = 1)$$

$$G(s) | \underline{\hspace{2cm}}$$

$s(0 \cdot 1s = 1)(0 \cdot 2s = 1)$ 作為規範,我們搜尋得到以下:

穩定系統

等於 0.05 的單位斜坡的穩態誤差

大於 40° 的相位裕量

大於 8 db 的增益邊距

為了設計相位滯後控制器,讓我們按照前面的步驟操作。

取得需要誤差的增益 $K=p$ 等於 20,對應於 $K_p = 5$ 。

具有此增益的非補償系統的開環傳輸函數 o 由以下方式給出:

$$20(0.125s = 1)$$

$$T(s) | \underline{\hspace{2cm}}$$

$$s(0 \cdot 1s = 1)(0 \cdot 2s = 1)$$

該系統的博德圖由圖 5.37 給出。

Bode Diagram

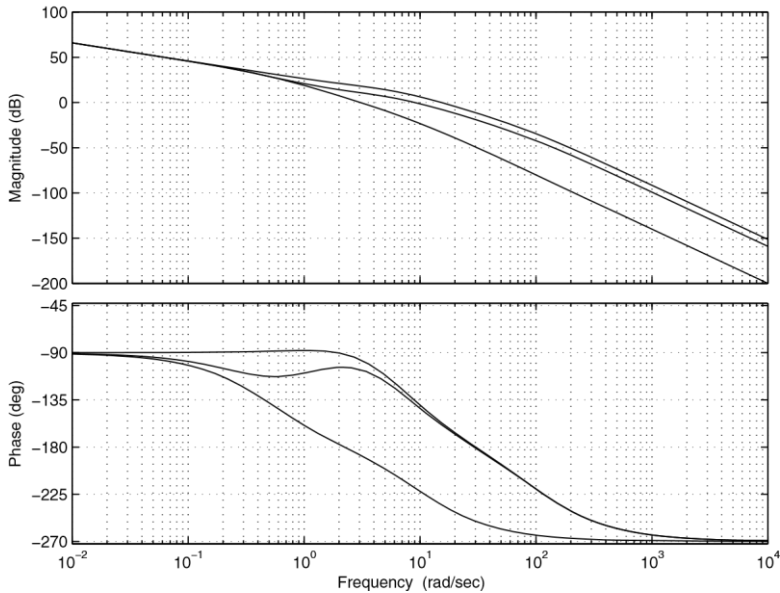


圖 5.37 $T(s)$ 的博德圖

使用此比例控制器,系統具有:

$$[= = 32.7^\circ$$

$$[G] = db$$

為此,可以按照上述步驟進行階段引線控制器的設計。請注意,要獲得所需的相位裕量,相位控制器必須帶來 $45^\circ = 32^\circ + 7^\circ = 12^\circ + 3^\circ$ 。使用此,我們有:

$$a_1 = \frac{1 + \sin(12.3)}{1 - \sin(12.3)} = 1.5414$$

使用 I_1 的值,我們得到:

$$-20 \log \sqrt{a_1} = -1.8791$$

現在,如果我們參考圖 5.37,震級將具有 $+1 \cdot 8791$ 頻率 $w_m = 11 \cdot 4$ rd/s。這意味著:

$$T_{11} = \frac{1}{a_1} = 0.0707$$

給相位引線控制器的傳輸功能:

$$0.4231s = 1 \quad C(s) \quad \text{_____}$$

$$0.0707s = 1$$

帶有控制器的系統開環傳輸功能由以下人員提供:

$$a_1 T_1 s = 1$$

$$T(s) = 20 \text{ _____ } s(0 \cdot 2s = 1)(0 \cdot 01s = 1)(T T_1 s = 1) \quad 4. \text{ 使}$$

用相位引線控制器補償的系統具有:

$$[= 10 \cdot 9624^\circ$$

$$[G] = db$$

要獲得等於 45° 的相位裕量, 如果我們向圖 5.37 報告, 我們以 $\omega_m = 10 \text{ rad/s}$ 的頻率出現此值。此外, 在此頻率下, 幅度等於 1.76 db。使用這個, 我們得到參數 2₂ 的相位滯後控制器:

$$a_2 = 10^{\frac{-120}{20}} = 0.0166$$

T_2 選擇選擇 使用以下選項:

$$T_2 = \frac{10}{0.0166} = 602.4 \text{ s}$$

給相位引線控制器的傳輸功能:

$$1. 1026s = 1 \text{ C}(s) | \text{_____}$$

$$2. 6542s = 1$$

5. 補償系統的開環傳輸功能由以下方式給出:

$$T(s) = 20 (a_1 T_1 s + 1)(a_2 T_2 s + 1)(0.125s + 1)$$

$$s(0.2s + 1)(0.1s + 1)(T_1 s + 1)(T_2 s + 1)$$

此傳輸函數的 Bode 圖如圖 5.37 所示, 我們從中得到:

$$[] = 44.1^\circ$$

$$[G] = db$$

補償系統的閉環傳輸功能

$$\pm 3s^3 + \pm 2s^2 = 11s + \pm 0$$

$$F(s) = kK_P b_5 s^5 + b_4 s^4 + b_3 + b_2 s + b_1 s = b_0 s$$

與 $\pm 3_3 = 0.125a_1 a_2 T_1 T_2$, $\pm 2 = 0.125(1a_1 T_1 + 2T_2) = 1a_2 T_1 T_2$, $\pm 1 = 0.125 = 1T_1 T_1 = 2T_2$ 和 $\pm 0 = 1; b_5 = 0.02T_1 T_2, b_4 = 0.3T_1 T_2 + 0.02(TT_1 + T_2), b_3 = 0.02 + T_1 T_2 + 0.3(TT_1 + T_2) = 0.125kK_P a_1 a_2 T_1 T_2, b_2 = 0.3 = T_1 + T_2 = kK_P(0). 125(1a_1 T_1 + 2T_2) = 1a_2 T_1 T_2, b_1 = 1 = 2kK_P(0). 125 = 1T_1 = 2T_2$ 與 $b_0 = kK_P$

5.6 案例研究

本節的目標是 使用開發的方法為我們的直流電機套件設計第二個 控制 器, 並向讀者展示事物在實踐中是如何應用的。結果表明, 該系統模型由:

$$K_m$$

$$G(s) = \frac{K_m}{s} (s^2 + m_s = 1)$$

其中 $K_m = 48.5$ 是增益和 $\pm m_m = 0.060 \text{ s}$ 是時間常數。

我們的目標是使用三種方法設計比例控制器、比例和積分控制器、比例控制器和導數控制器、比例控制器、整數和導數控制器、相位引線控制器、相位 lag 控制器和相位引線滯後控制器, 並在我們的直流電機套件上實時實現它們。關於規格, 我們不會修復它們, 但在每個控制器的設計過程中, 我們將嘗試獲得可能 每個控制器的最佳具體功能。

5.6.1 比例控制器

讓我們首先考慮比例控制器的設計。假定此控制器具有以下傳輸功能:

$$C(s) = K_P$$

其中 K_P 是要確定的增益。

F 或經驗方法,很明顯,時域方法將不適用,因為系統的傳輸函數有一個極在原點,永遠不會提供一步回應與週期性振蕩。

要計算控制器的增益,我們注意到我們必須將量級從圖 5.38 向上移動 27.27 db,這給出的增益等於:

$$K_p = 10^{\frac{27.27}{20}} = 22.9087$$

控制器的增益由以下人員提供:

$$K_p = 22.9087$$

$$K_p = \frac{K_p}{K_m} = \frac{22.9087}{48.5} = 0.4723$$

$$K_m = 48.5$$

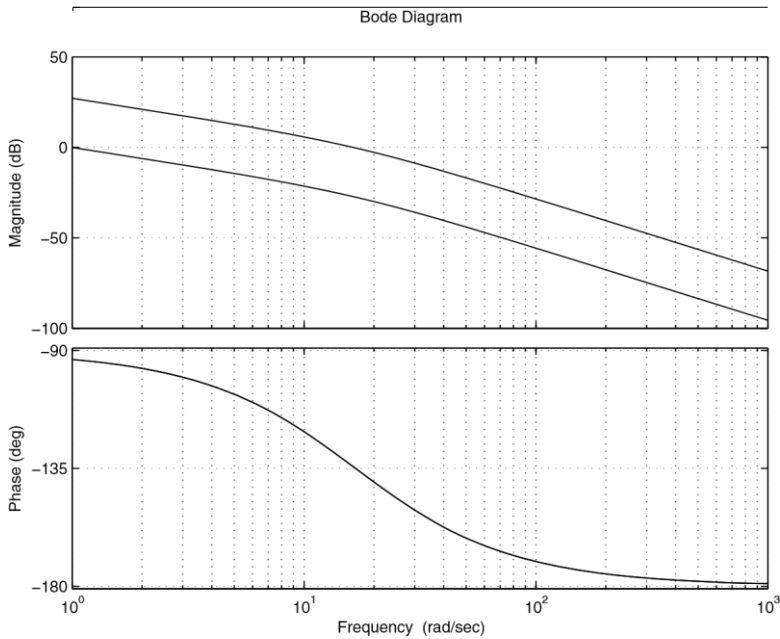


圖 5.38 $T(s)$ ($m K s = 1$) 的博德圖, $\frac{K}{s(\tau m K s + 1)}$, with $K = 1, K = K = K = K = K_m K_P$

我們可以檢查,通過這個增益,閉環系統具有接近 45° 的相位裕差,增益裕量等於無窮大。這回應了一般規範。

對於根位點方法,我們知道比例控制器無法更改根位點的形狀,我們唯一能做的就是為控制器選擇適當的增益以獲得最佳性能。圖 5.39 給出了系統的根位點。從這個數字與增益 $K = 8.35$ 我們得到的阻尼比等於 0.707 和複雜極點為 $1.2 = -8.35j$ 。這給出了一個穩定時間在 5% 等於 $0.3601 s$ 。在這種情況下,控制器的增益是:

$$K = 8.35$$

$$K_P = \frac{K}{K_m} = \frac{8.35}{48.5} = 0.1722$$

$$K_m = 48.5$$

使用 Bode 方法的比例控制器的設計將給出與經驗方法相同的結果。需要注意的是,該方法(經驗法和博德法和根位點法)給予二等增益。與兩個控制器一起採著的階梯在圖 5.40 中繪製。這兩種方法(經驗方法和波德)為控制器的增益提供高值,這對應於較小的阻尼比,因此是一個重要的過衝。

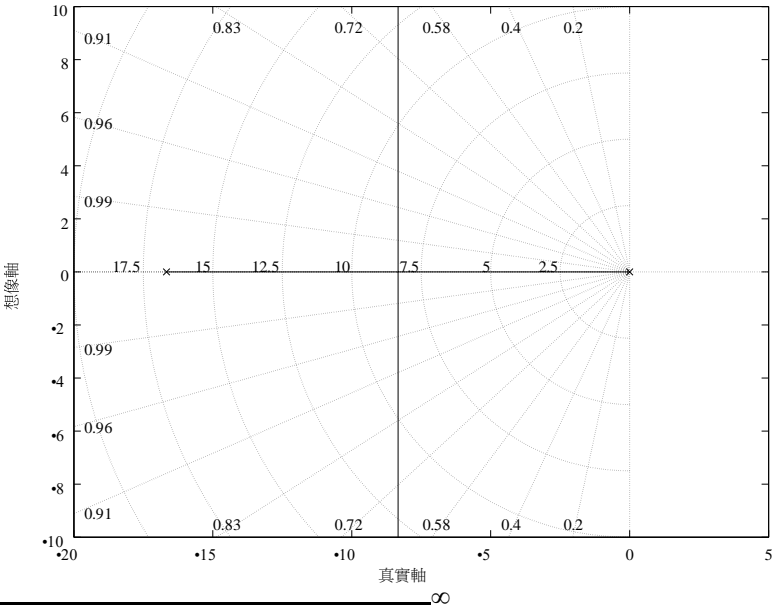
作為這些方法的比較研究,我們有 Tab.5.4 的結果。在所有情況下,步驟輸入的錯誤等於零。

圖 5.39 $T(s)$ 的根位元點 = $\frac{K}{s(\tau m K s + 1)}$

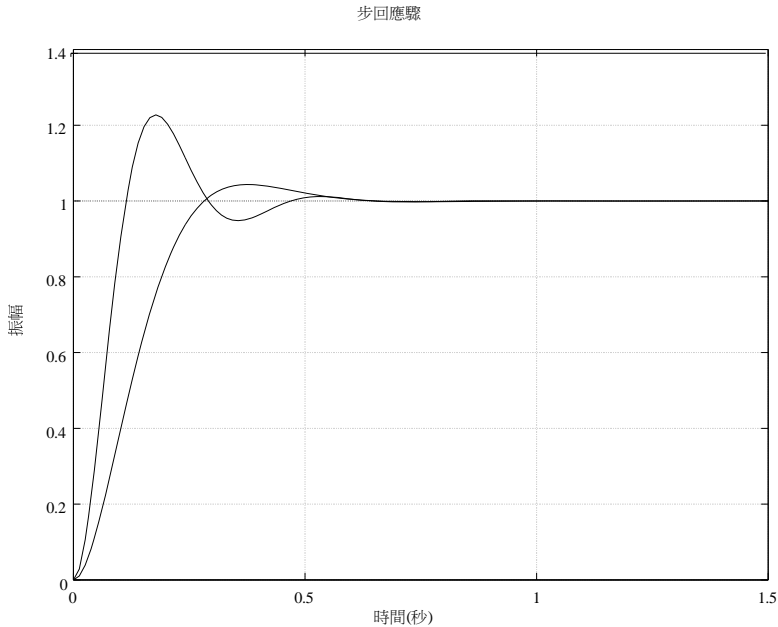
表 5.4 P 控制器設計比較研究

方法	K_p	t_s	過頭	$\Delta\varphi$	$\bullet G$
實證	0.4723	0.3 s	23 %	45.6°	∞
根位點	0.1722	0.3 s	4 %	65.5°	∞
博 德	0.4723	0.3 s	23 %	45.6°	

根洛庫斯



5.6.2 比例和積分控制器



現在,讓我們重點介紹 PI 控制器的設計,使用之前的方法為我們的直流電機套件提供最佳性能。對於比例控制器,不能使用時域經驗法來設計 PI 控制器。雖然可以使用 frequency 方法。在這種情況下,我們不能使用我們的程式很重要,因為我們不能取消原點上的桿,但將零點放在 +2 處將提供良好的性能。使用此,我們得到:

$K_P = 0.0497$, 與 $K_I = 0$ 之前的計算相同。0994

補償系統的開環傳輸函數的波德圖如圖 5.41 所示。

Fig. 5.40 Step response of $F(s) = \frac{K_P K_m}{\tau m s^2 + K_P s + K_P K_m}$

使用此控制器,我們得到的相位裕量等於 45°,但增益裕量接近零。

備註 5.6.1 請務必注意此處用於設計 PI 控制器的方法是啟發式方法,我建議克服前一過程的問題。

如果我們將零點放在+3,則 gives 佔主導地位的極點 $1, 1.2 = 5$ 的增益。23 | 5.95J 是 $K_P = 22.9$, 這給了 $K_P = \frac{22.9}{48.95} = 0.4722$ 。由此,我們得出結論: $K_I = K_P Z = 1.4165$

博德方法將給出與齊格勒-尼科爾斯方法相同的結果,我們不再重複計算。

PI 控制器的閉環傳輸功能由以下人員提供:

$$K_m K_P s = K_m K_I$$

$$F(s) = \frac{K_m K_P s}{m m s^3 + s^2 + K_m K_P s} = K_m K_I$$

圖 5.43 說明瞭使用此控制器進行步進輸入的系統的行為。可以看出,這兩種方法給出的兩個控制器幾乎相同,步驟回應也幾乎相同。the 頻率方法的沉降時間高於根位點方法獲得的建立時間。

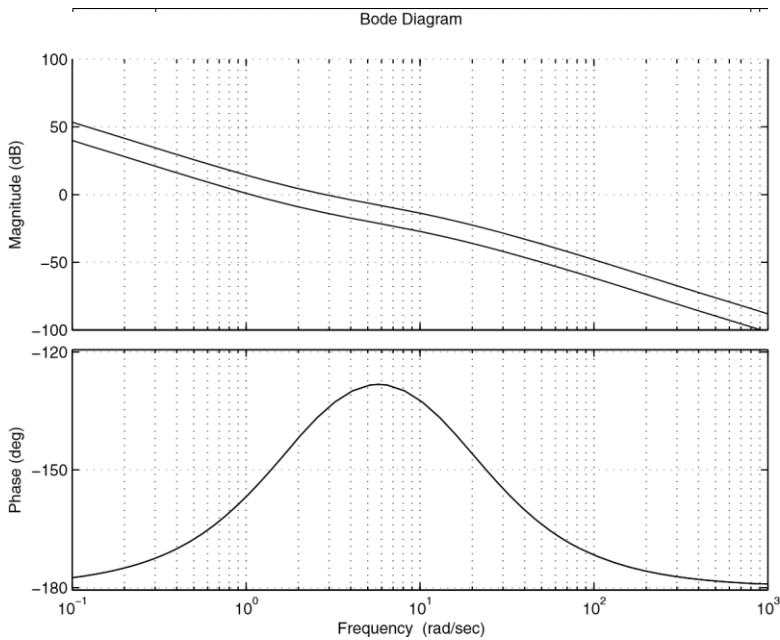


圖 5.41 $T(s)$ 的 Bode plot of $\frac{K}{s^2}$ (0) 的博德圖 (與 $K=1$, $K_p=K$)

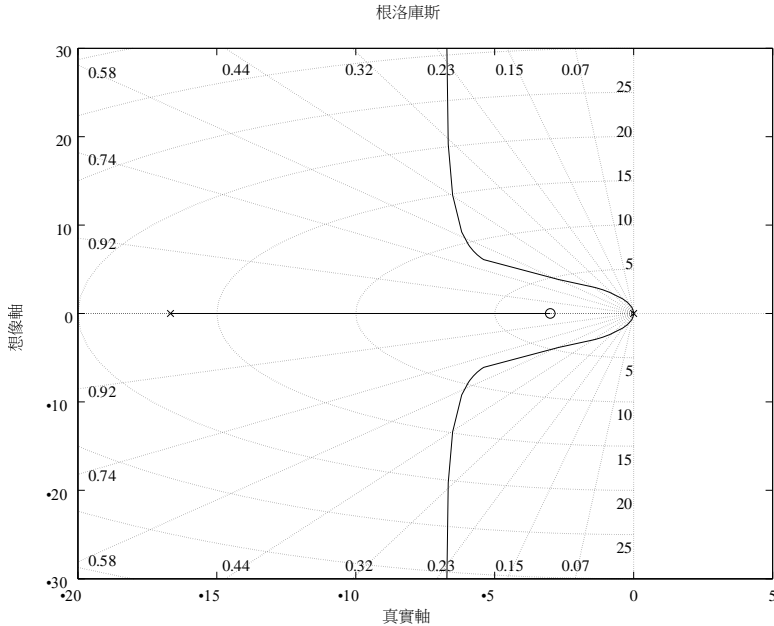
5.6.3 比例和衍生控制器

PD 控制器不能由任何建議的齊格勒-尼科爾斯方法設計。我們唯一可用於此控制器的方法是根位點方法和 Bode 方法。讓我們首先用第一種方法設計這個控制器。對於此控制器，我們可以通過極/零取消或將零放在系統的極點右側。第一種情況很簡單，給出第一個順序，而第二個案例給出一個有趣的案例。請務必注意，此 case 中的阻尼比將接近 1。這並不意味著不存在由於零的存在而過衝。我們將設計兩個案例。

讓零位於該位置 -30 ，放置在系統桿的左側。第一種情況給出佔主導地位的極點 $s_{1,2} = \pm 14.2j$ 對應於增益 $K_p = 0.915$ 。這給了收益 $K_D = 48.5 = 0.0189$ 。第二個增益是 $K_p = K_D Z = 0.0189 \times 30 = 0.5660$ 。

第二種情況 case 給出了佔主導地位的極點 $s_{1,2} = -43 \pm 15j$ 對應於增益 $K_p = 4.19$ 。這給了增益 $K_D = 4.19 \times 30 = 125.7$ 。第二個增益是 $K_p = K_D Z = 0.0864 \times 30 = 2.5918$ 。如圖 5.45 所示，這種情況至少將在類比中提供良好的性能。對於 PD 控制器的設計，讓我們假設我們希望確保等於 0 的單位斜坡輸入出現穩定狀態誤差。008。這對應於增益 $K_p = 125$ 。

$T(s) = s(\pm m K = s P = 1)$ 的博德圖 $\frac{K}{s^2}$ 在圖 5.44 表示。震級圖 5.42 $T(s)$ 的根位點 = $\frac{0.25s-1}{s}$ ($m_m s = 1$)



在頻率 $\omega_m = 144 \text{ rad/s}$ 時等於 -20db 。此頻率的相位等於 $+173^\circ$ 對應於等於 7° 的相位裕量 $^\circ$ ，並且它遠離所需的相位裕量。

參數 D 由以下因素確定：

10

$*_D = \frac{10}{200} = 0.05$

200

PD 控制器的參數由以下人員給出：

125

$K_P = \frac{125}{2} = 62.5$

K_m

$K_D = K_P \cdot D = 62.5 \times 0.05 = 3.125$

補償系統的相位裕量幾乎等於 90° 。使用 PD 控制器的閉環傳輸功能由以下人員提供：

$K_m K_D s = K_m K_P$

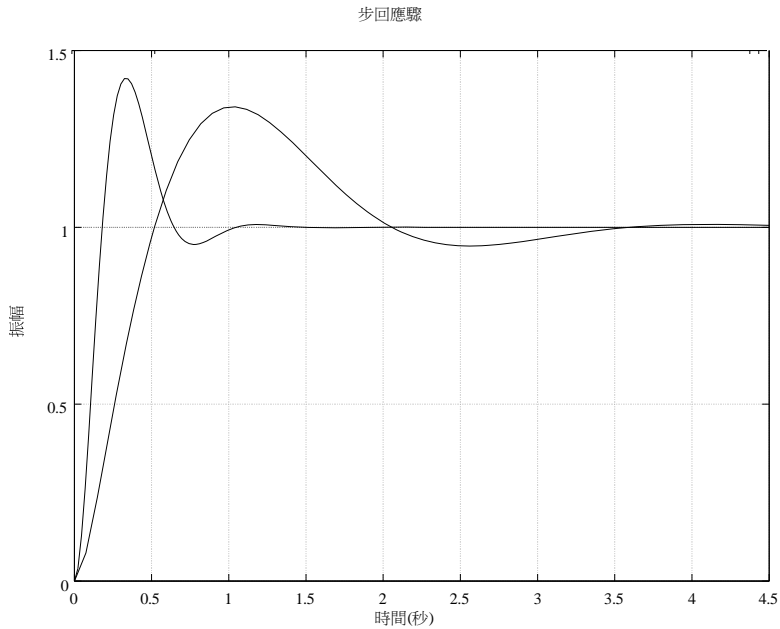
$F(s) = \frac{K_m K_P}{m s^2 + (1 + K_m K_D)s + K_m K_P}$

圖 5.45 說明瞭使用此控制器進行步進輸入的系統的行為。可以看出，這兩種方法給出了兩個控制器，它們都是二等控制器，步驟回應也是二等。頻率 methods 的建立時間高於根位點方法獲得的建立時間。

圖 5.43 $F(s)$ 步驟，兩個控制器用於兩種設計方法

5.6.4 比例積分和導數控制器

齊格勒-尼科爾斯提出的啟發式方法都不能使用 d 來設計 PID 控制器。在本小節的其餘部分中，我們重點介紹使用根位點和 Bode 方法的此控制器的設計。



我們以前建議的程式不能在這裡使用,我們必須使用另一個啟發式方法來治療這種詞干。

對於根位點方法,因為系統只有一個極不等於零。將零放在系統兩極之間的情況很有趣,因為它可以給出較短的建立時間。

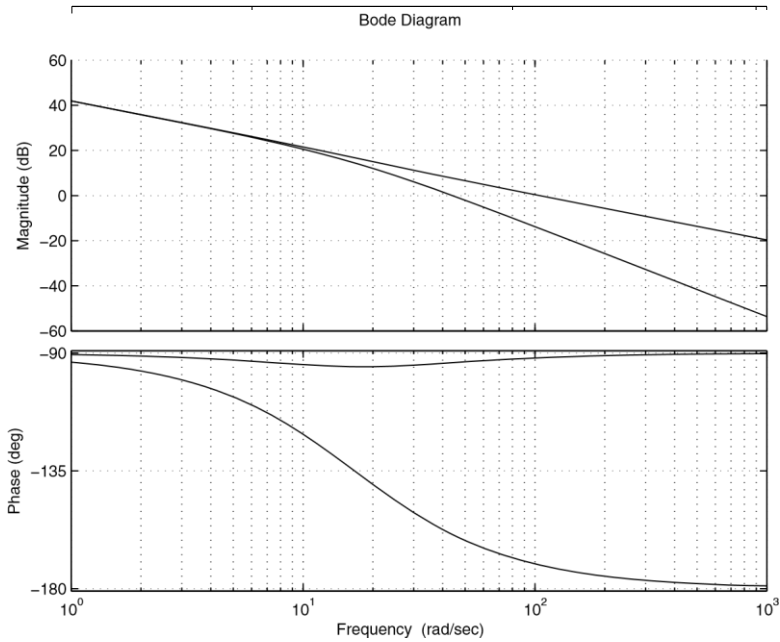
如果我們將控制器的兩個零分別放在 +13 和 +15 上,則在這種情況下,系統的根位點由圖 5.46 表示

從根位點,我們看到,增益 $K+p = 1 \circ 43$,佔主導地位的極點是:

$s_{1,2} = -11.4 \pm 11.5j$

如果我們參考用於設計和控制器表達式的過程,我們有:

$a_1 = 13 \quad a_2 = 15$

圖 5.44 $T(s)$ 的博德圖(補償和非補償系統)

從中,我們有:

$$K_D \left[\frac{1}{K_m} = 0.0295 \right.$$

$$K_P \left[K_D(a_1 + a_2) = 0.0295(13 \times 15) = 0.8. \right.$$

$$260$$

$$K_I \left[K_D a_1 a_2 = 5.7525 \right.$$

對於使用 Bode 方法的 PID 設計,我們將使用與根位點方法相同的想法來放置控制器的零。此外,我們希望對等於 0.01 的單位斜坡出現穩定狀態錯誤。要得到這樣的錯誤,為此需要獲得一個增益 equal 到 $K_P = 100$ 。

現在,如果我們將控制器的兩個零分別放在 -12 和 $+15$,即:

$$1$$

$$[n = \frac{1}{12} = 0.0833$$

$$15$$

$$1$$

$$[v = \frac{1}{15} = 0.0667$$

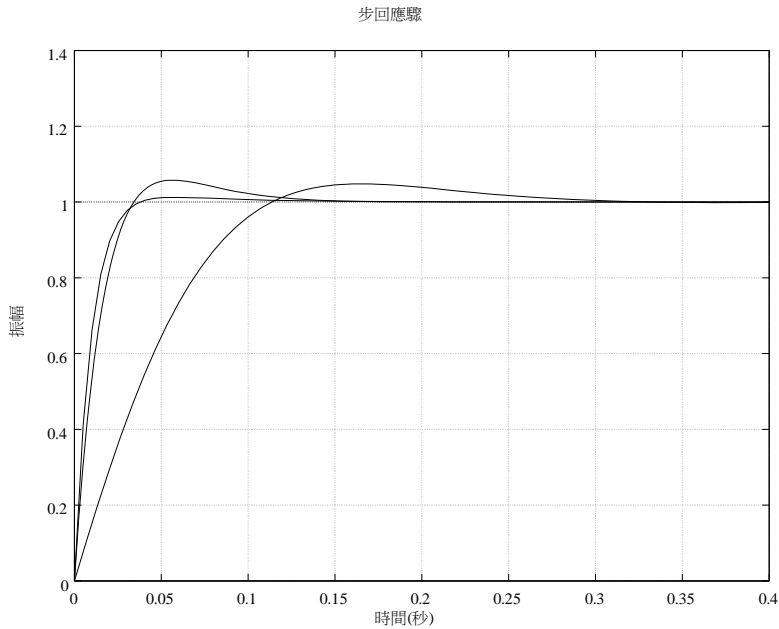
$$12$$

圖 5.45 $F(s)$ 步驟,兩個控制器用於兩種設計方法

使用這些 data,我們得到:

$$K$$

$$\tau_i = \frac{K}{\tau_m} = 48.5 = 0.4850$$



$K_P = 100$

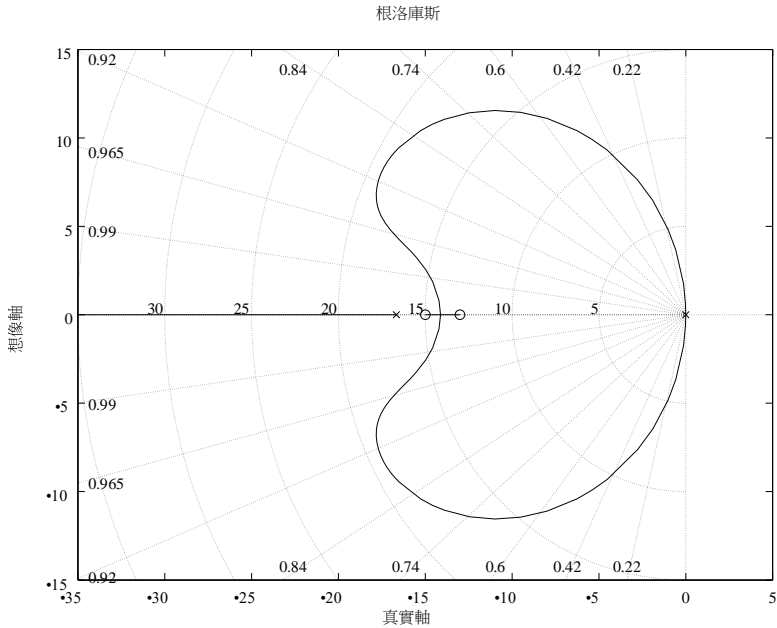
$$K_P \left[\frac{\tau_n + \tau_v}{3093 * i} \frac{0.0667 + 0.0833}{0.4.850} \right] = 0 \circ$$
$$K_I \left[\frac{1}{-} \right] \frac{1}{0.0619 * i 0.4.850} = 2 \circ$$
$$K_D \left[\frac{\tau_n \tau_v}{* i} \frac{0.0667 \times 0.0833}{0.4.850} \right] = 0 \circ$$

補償系統的博德圖在圖 5.47 上表示。
從這個數位中,我們得出結論,相位邊距等於 48°。
補償系統的閉環傳輸功能由以下方式給出:
 $F(s) = \frac{K(K_D s^2 + K_P s + K_I)}{mms3 + (1 + KmKDD)s2 + KkKPs = KmKI}$

圖 5.48 說明瞭兩個控制器的步進回應

5.6.5 相位控制器

首先,必須指出,該控制器不能用經驗方法進行設計。另外兩種方法對於此
 $(\frac{1}{15}s+1)(\frac{1}{15}s+1)$
圖 5.46 $T(s)$ 的根位點 = $s_2(-ms-1)$, , |
troller。首先,讓我們重點介紹使用根位點法的相位引線控制器的設計。請務必注意,使用比例控制器的最佳沉降時間為 5% 左右。36.s有了相位控制器,我



們這次需要改進。讓具有正虛部分的所需極點佔主導地位 $s_d = -11.3 + 11.3j$
 對應於等於 0 的建立時間。2655 s 和
 過沖等於 5%。沒有控制器的系統階段由:
 $48.5/0.06$

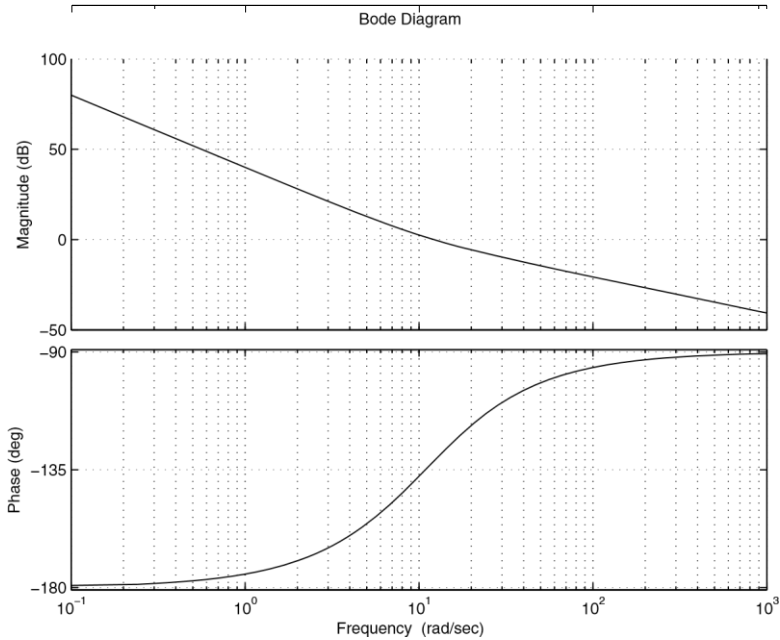
$\arg \frac{1}{s_d} = 0 = 90 \times 64.9830 = 153.9931$

$s_d(ss_d = 16) = 6667)$

相位引線控制器必須增加相位與 $180 \times 153.9931 = 26.0069$ 這意味著:

$[] = 26.0069$

如果我們將零點放在 -15, 這意味著 $= 72.17^\circ$ 與 -20 的極點給出 52.89° .
 這貢獻了 19.27° 由控制器和接近所需的控制器。



$\frac{100(\frac{1}{10}s+1)(\frac{1}{10}s+1)}{s^2(\tau ms+1)}$

Fig. 5.47 Bode plot of $T(s) = s^2(\tau ms+1)$

從中,我們有:

$\frac{1}{s^2}$

$\frac{1}{s^2} = 20 T$

$\frac{1}{s^2}$

$\frac{1}{s^2} = 15$

在

這給出 $T = 0.05$ 與 $\tau = 1.3333$.

圖 5.49 中介紹了帶相位引線控制器的系統根位點

給可用的增益為 $K_p = 10.8$, 它給增益 K_p

0.2227 用於相位引線控制器。

控制器的閉環傳輸功能由以下人員提供:

$K_m K_p (AT = 1)$

$F(s)$

$T = ms^3 = (m + T)s^2 + (1 + aTK_m K_p)s = K_m K_p \tau$

系統使用此控制器的步進回應的行為在 Fig 中進行了說明。5.51.

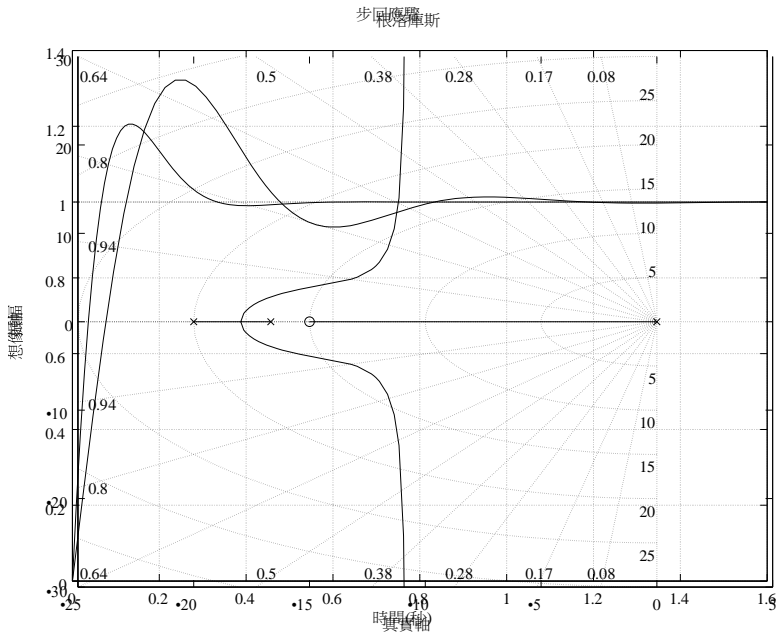
使用 Bode 方法,我們設計了一個控制器,該控制器提供以下規範:

穩定系統

單位斜坡的穩定狀態誤差小於 0.01

圖 5.48 $F(s)$ 與兩個控制器的步進回應

相位裕量大於 40°



增益邊距大於 8 db

使用錯誤規範,需要增益 K_p 等於 100。這給了收益

$K_p = 2.0619$ 用於相位引線控制器。具有此增益的系統開環傳輸的博德圖如圖 5.50 所示。從這個數字,我們有:

$$\Delta\varphi = 23.1^\circ$$

[G]

對於相位引線控制器的設計通知,此控制器應攜帶 $45^\circ + 23.1^\circ = 68.1^\circ$, 給出:

$$1 = \sin(22.9^\circ) a = \frac{1}{\sin(22.9^\circ)} = 2.740$$

$$1 = \sin(22.9^\circ)$$

使用此值,量級將在 $-20\log(\sqrt{a}) = -3$. 頻率為 $\omega_m = 48$ 時獲取值 5679.9 /s 。

這意味著:

$$T = \frac{1}{\omega_m a} = 0.0136 \text{ s}$$

$\omega_m a$

圖 5.49 $T(s)$ 的 s 根位點 = $S(=msaT=1)(=+Ts1=1)$

然後,通過以下傳輸功能給出相位引線控制器:

$$aT = 1$$

$$C_1(s) | \text{———}$$

$$Ts = 1$$

使用此控制器,補償系統具有:

$$[] = 41.8^\circ$$

[G]

圖 5.51 說明瞭使用此控制器進行步進輸入的系統的行為。可以看出,這兩種方法給出的兩個控制器幾乎相同,步驟回應也幾乎相同。

5.6.6 相位滯後控制器

相位引線控制器的情況,經驗方法不能說明在階段滯後控制器的設計。在這裏,我們將使用另外兩種方法設計此控制器。對於根位點技術,我們將假設我們需要以下規格:

穩定系統

等於 0.01 的單位斜坡輸入的穩定狀態錯誤

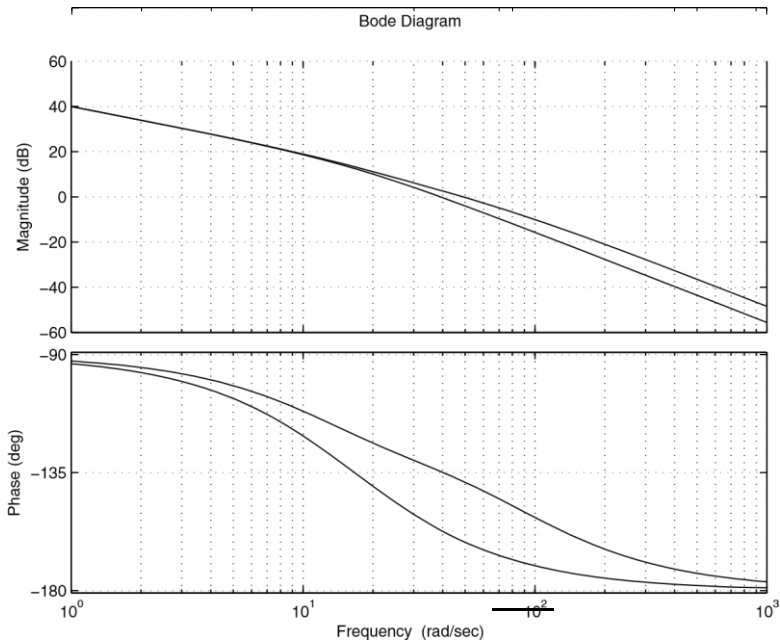


圖 5.50 $T(s)$ 的博德圖 ($= \frac{100}{ms=1}$)

過沖約 5 %

以 5% 等於 0 的設定時間。36 s

使用沉降和過衝規範,我們得出結論,佔主導地位的極 1 是 $1,2 = -8.33 \pm 8.35j$ 和從系統的根位點,我們得到的增益 K_1 給這些極是 $K_1 = 8.3.5$

現在使用穩態規範,我們得出結論, K_2 等於 100。從這兩個增益的值中,我們得到的參數,一個控制器:

$$a = \frac{K_1}{K_2} = \frac{8.35}{100} \times 0.0835 = 0.0069$$

同樣重要的是要注意, $\frac{p}{z}$ 其中 p 和 z 分別是共軸和零。現在,如果我們將零點放在 $+1.5$,我們得到:

$$p = az = 0.1.253$$

並且因為 $p = -\frac{1}{T}$ 我們得到: $T = 7.9808$.

對於控制器增益,它由:

$$100$$

$$K_P = \frac{100}{48.5} = 2.0619$$

$$48.5$$

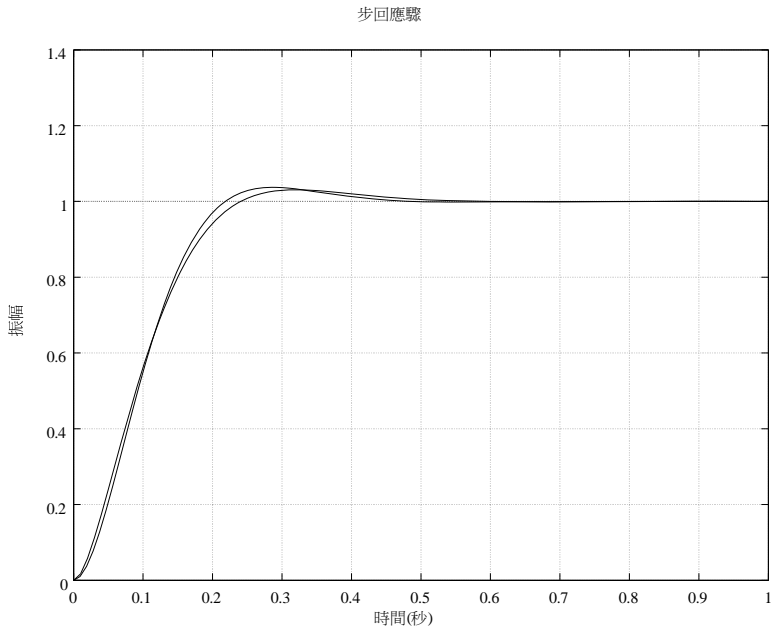
圖 5.51 $F(s)$ 步驟, 兩個控制器用於兩種設計方法

最後,控制器的傳輸功能由:

$$aT = 1$$

$$C(s) = K_P \frac{1}{s}, < 1 a$$

$$Ts = 1$$



使用 Bode 方法,我們設計了一個控制器,該控制器提供以下規範:

穩定系統

單位斜坡的穩定狀態誤差小於 0.01

相位裕量大於 40°

增益邊距大於 8 db

使用錯誤規範,需要增益 K_p 等於 100。這給了收益

$K_p = 2.0619$ 用於相位引線滯後控制器。圖 5.50 說明瞭具有此增益的系統開環傳輸的博德圖。從這個數字,我們有:

$$[\] = 23.1^\circ$$

$[G]$

圖 5.52 說明了使用此控制器的系統開環傳輸。系統在頻率 $w_m = 16$ 下,其相位裕量等於 45° 。9 /s。

圖 5.52 $T(s)$ 的博德圖 ($m=100$)

對於相位滯後控制器的設計,請注意,在 $w_m = 16.9$ /s,震級等於 12.4 db。因此,

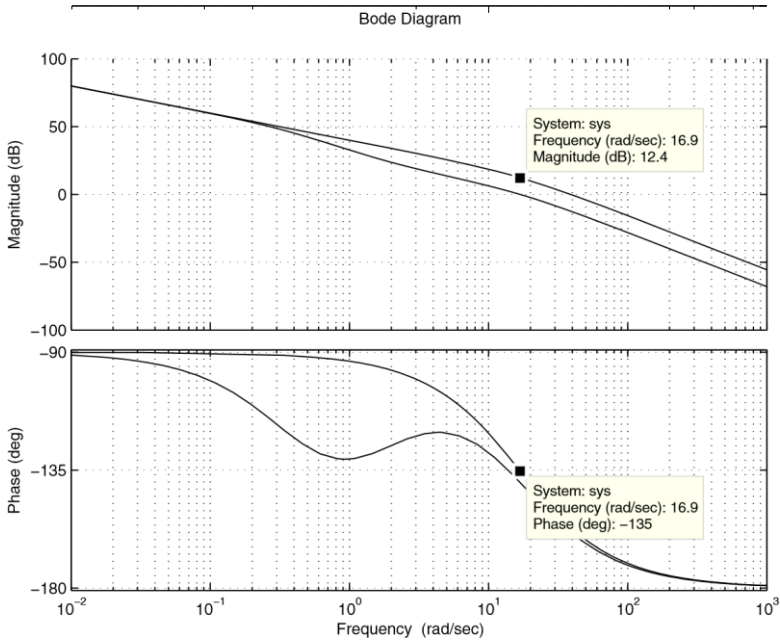
$$a = 10^{12.4/20} = 0.2.399$$

參數 T 由以下指定:

$$10$$

$$T = \frac{10}{s} = 2.4667 aw_m$$

控制器相位延遲由以下傳輸功能給出:



$$aT = 1$$

$$C_2(s) | \text{———}$$

$$Ts = 1$$

現在結合兩個控制器,開環傳輸功能由:

$$59.1716s = 100$$

$$T(s) | \text{———}$$

$$s(0.1480s^2 + 2.5267s + 1)$$

此傳輸函數的博德圖表示於 5.52。規格如下:

$$[= 40^\circ \cdot 3^\circ$$

$$[G]$$

這是可接受的。

圖 5.53 說明瞭使用此控制器進行步進輸入的系統的行為。可以看出,這兩種方法給出的兩個控制器幾乎相同,步驟回應也幾乎相同。

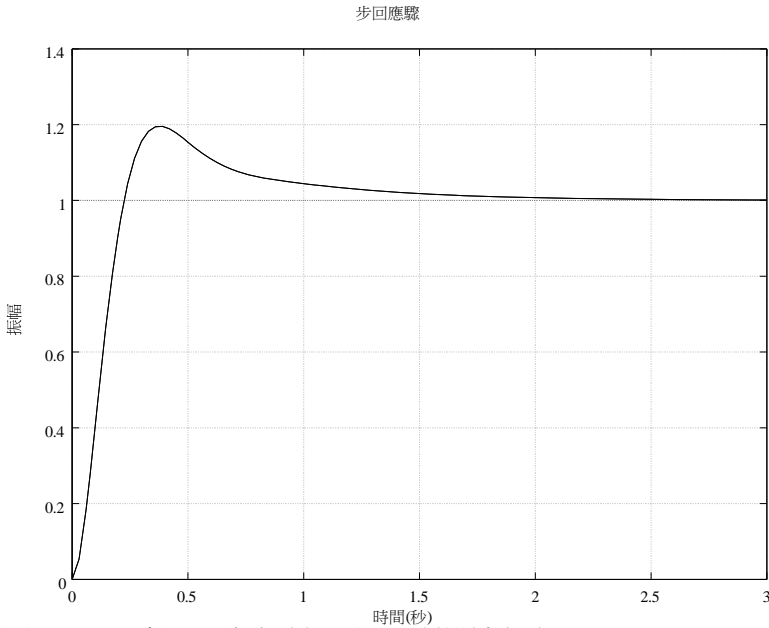


圖 5.53 $F(s)$ 步進, 兩個控制器用於兩種設計方法

5.6.7 相位引線延遲控制器

對於此控制器,我們只能使用根位和 Bode 方法來設計它。讓我們首先開始使用根-locus 方法設計控制器。請務必注意,使用比例控制器的最佳沉降時間為 5% 左右。36 s。有了相位控制器,我們希望這次改進。讓具有正虛部分的所需極點佔主導地位 $s_d = -11.5 + 11.6j$ 對應於等於 0 的安定時間。27 s 和 overshoot 等於 5%。沒有控制器的系統階段由:

48.5/0.06

$\arg \frac{1}{s} = 0 = 90 \times 65.9917 = 155.9917$

$s_d (s_d = 16) = 6667$

相位引線控制器必須增加相位與 $180 - 155.9917 = 24.0083$ 這意味著:

$[\] = 24.0083$

如果 we 將零點置於 -20,則表示 $= 53.7676^\circ$ 和 -30 的極點給出 52 角。89°。這貢獻了 21.6788° 由控制器和接近所需的控制器。從中,我們有:

1

$$\frac{1}{T_1} = 30$$

$$\frac{1}{a_1 T_1} = 20$$

這給出了 $T_1 = 0.0333$ 和 $a_1 = 1.5$ 。

對於使用根位點技術的相位延遲控制器設計,我們將假定我們需要以下規範:

穩定系統

等於 0.01 的單位斜坡輸入的穩定狀態錯誤

過沖約 5 %

以 5% 等於 0 的設定時間。27 s

使用沉降和過衝規範,我們得出結論,佔主導地位的極是 $1,2 = -11 \pm 5 \times 11$ 。

5j 和從系統的根位點,我們得到的增益 K_1 ,給這些極是 $K_1 = 12.5$

現在使用穩態規範,我們得出結論, K_2 等於 100。從這兩個增益的值中,我們得到的參數是 a 控制器的 z :

$$K_1 = 12.5$$

$$a_2 = \frac{K_1}{K_2} = \frac{12.5}{100} = 0.125$$

$$K_2 = 100$$

同樣重要的是要注意 $a_2 = -\frac{p}{z}$,其中 p 和 z 分別是控制器的極點和零。現在,如果我們將零點放在 $+0.1$,我們得到:

$$p = 2z = 0.0125$$

並且因為 $p = -1/T_2$,我們得到: $T_2 = 80$ 。

對於控制器增益,它由:

$$100$$

$$K_p = \frac{100}{48.5} = 2.0619$$

$$48.5$$

最後,控制器的傳輸功能由:

$$(1 + T_1 s)(2aT_2 s + 1)$$

$$C(s) = K_p \frac{(1 + T_1 s)(2aT_2 s + 1)}{(T_1 s + 1)(T_2 s + 1)} \quad 1 > a, 1, 2 < 1$$

$$(T_1 s + 1)(T_2 s + 1)$$

使用 Bode 方法,我們設計了一個控制器,該控制器提供以下規範:

穩定系統

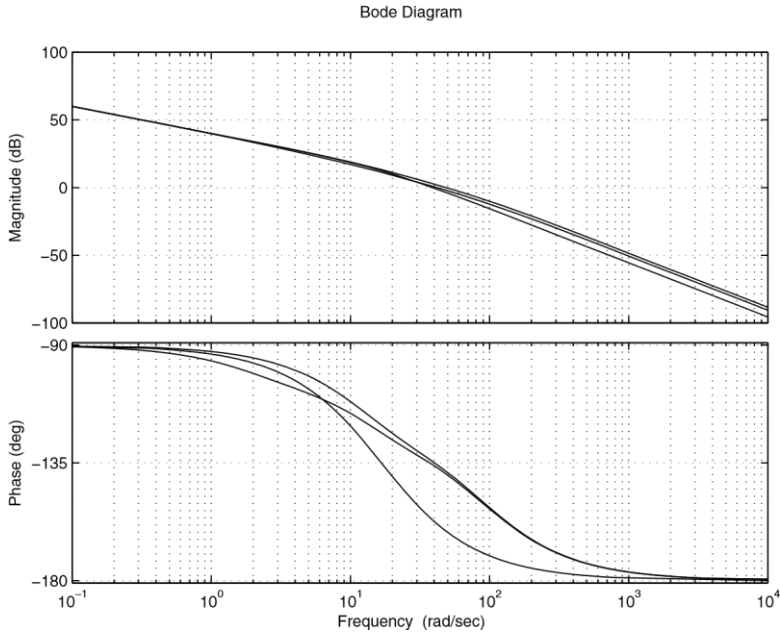


圖 5.54 $T(s) = K_2(0)$ 的根位點 $\frac{K_2(0)}{s^2} (\omega_m = 5, \zeta = 1)$, 與 $K = 1$, $K = K = K_k K_p$ 單位斜坡的穩定狀態誤差小於 0.01

相位裕量大於 40°

增益邊距大於 8 db

使用錯誤規範, 需要增益 $K = p$ 等於 100。這給了收益

$K_p = 2.0619$ 用於相位引線滯後控制器。圖 5.55 說明瞭具有此增益的系統開環傳輸的博德圖。從這個數字, 我們有:

$$[\] = 23.1^\circ$$

$[G]$

對於 phase 引線控制器的設計通知, 此控制器應攜帶 $45^\circ + 23.1^\circ = 68.1^\circ$, 給出:

$$a_1 = \frac{1 + \sin(22.9)}{1 - \sin(22.9)} = 2.2740$$

使用此值, 量級將在頻率為 $\omega_m = 48$ 時獲取 $-20 \log(\sqrt{a_1}) = -3$. 值.5679 $\circ 9 / s$ 。這意味著:

$$T_1 = \frac{1}{\omega_m a_1} = 0.0136$$

$\omega_m a_1$

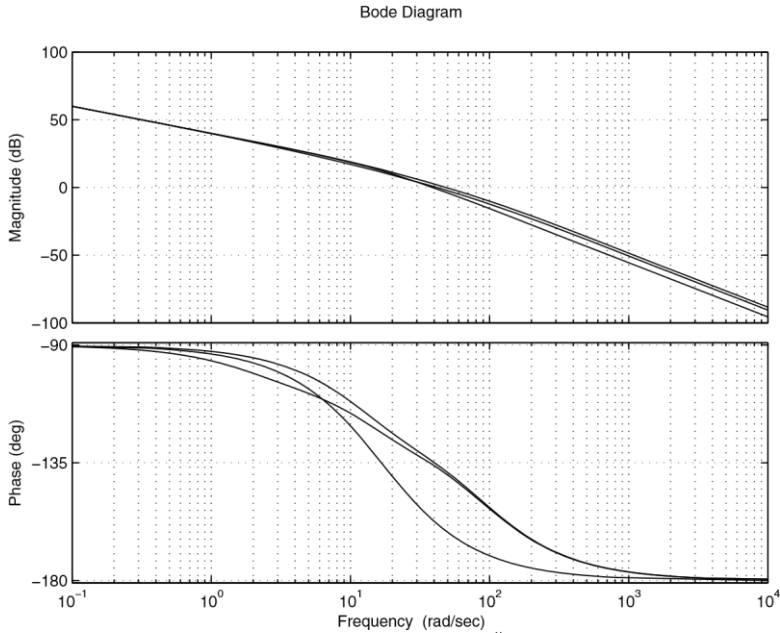


圖 5.55 $T(s) = \frac{K}{s^2}$ Bode plot of $\frac{K}{s^2}$ 的博德圖 (* $m = \frac{5}{s} = 1$), 與 $K = 1$, $K = K$

然後, 通過以下傳輸功能給出相位引線控制器:

$$a_1 T_1 s = 1$$

$$C_1(s) = \frac{1}{s}$$

$$T_1 s = 1$$

使用此控制器, 補償系統具有:

$$[] = 41.8^\circ$$

$$[G]$$

圖中說明瞭使用此控制器的系統開環傳輸。

5.55. 系統在頻率 w_m 時, 相位裕差等於 $45^\circ =$

$$41.3^\circ/s.$$

對於相位滯後控制器的設計, 請注意, 在 $w_m = 41.3 \text{ rad/s}$, 放大它等於 2.13 db .

因此,

$$a_2 = 10^{\frac{2.13}{20}} = 1.25$$

參數 T_2 由以下指定:

$$10$$

$$T_2 = \frac{1}{a_2 w_m} = 0.3094 \text{ s}$$

控制器相位延遲由以下傳輸功能給出:

$$C_2(s) = \frac{1}{s^2} \quad 2T_2 s = 1$$

$$T_2 s = 1$$

現在結合兩個控制器, 開環傳輸功能由:

$$0.7467s^2 + 27.2969s = 100$$

$$T(s) = \frac{1}{s^2}$$

$s(0 \cdot 0003s^3 + 0 \cdot 02830s^2 + 0 \cdot 3830s)$
此傳輸函數的博德圖表示於 5.55。規格如下：
 $[] = 43 \cdot 3^\circ$
 $[G]$
這是可接受的。

具有此控制器的系統閉環傳輸功能由以下功能給出：

$K_m K_P a_1 a_2 T_1 T_2 s^2 (a_1 T_1 + 2 T_2) s = 1$
 $F(s) = \frac{b_4 s^4 + b_3 s^3 + b_2 s^2 + b_1 s + b_0}{b_4 s^4 + b_3 s^3 + b_2 s^2 + b_1 s + b_0}$
與 $b_4 = m T_1 T_m (2, \quad b_3 + m(T_1 + T_2) + T_1 \quad T_2, \quad b_2 = m = T_1 + T_2 + K_k K_P a_1 a_2 T_1 T_2, \quad b_1 = 1 + K_k K_P (I T_{11} + 2 T_2)$ 和 $b_0 = K_k K_P$.

圖 5.56 說明瞭使用此控制器進行步進輸入的系統的行為。可以看出,這兩種方法給出的兩個控制器幾乎相同,步驟回應幾乎相同。

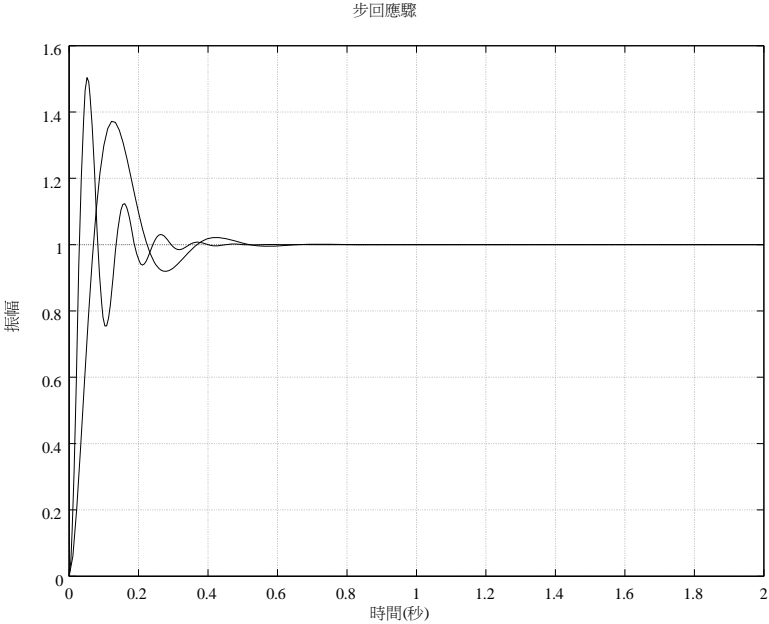


圖 5.56 $F(s)$ 步驟, 兩個控制器用於兩種設計方法

5.7. 結論

備註 5.6.2 從本節,以及前兩個部分,我們可以得出結論,為給定的系統,相位引線滯後控制器不能通過相位引線控制器的乘法和相位滯後控制器傳輸功能單獨設計獲得。

ff 在本案例研究中,我們可以像在實現部分一樣完成我們在此案例研究中開發的 di fferent 演算法的實現。Tab. 5.5 給出了在每個控制器中程式設計的 different difference 方程。為了得到這些方程,我們使用了梯形架構,並通過 T 表示採樣週期 T_s 。

表 5.5 di fference 控制器的除位方程 ff:直流馬達套件

控制器	演演算法
P	$u(k) = k_E e(k)$
Pi	$u(k) = u(k-1) + a(k) = (k-1)a + KP = K \frac{kT_s}{2}, b = KP = K \frac{T_s}{2}$
Pd	$u(k) = u(k-1) + \frac{d}{dt} a(k) = (k-1)a + KP = \frac{dT_s}{2} K \frac{d}{dt}, b = KP = \frac{dT_s}{2} K$
Pid	$u(k) = u(k-1) + a(k) + b(k-1) = a(k) + b(k-1) + KP = K \frac{kT_s}{2} + \frac{dT_s}{2} K = KP$
導致	$u(k) = a_0 u(k-1) + a(k) = ce(k) = ce(k-1)$ $a = 0, b = KP T_s = 2a T_s, c = KP T_s = 2a T_s$
滯後	$u(k) = a_0 u(k-1) + a(k) = ce(k) = ce(k-1)$ $a = 0, b = KP T_s = 2a T_s, c = KP T_s = 2a T_s$
鉛-拉格	$u(k) = ce(k) = a_0 u(k-1) + a(k) = ce(k) = ce(k-1)$ $a = 0, b = KP T_s = 2a T_s, c = KP T_s = 2a T_s$

5.7 結論

實用系統在設計時一般需要控制器的設計,以提高此類系統的性能。這些表演給出了一個對瞬時和瞬時制度的想法。大多數情況下,過沖、沉降時間、穩態 error 被認為是控制器的設計。本章介紹經典控制器的設計,如比例、積分和衍生動作。使用實證方法、根-洛庫斯技術和博德繪圖技術的過程通過數值示例進行支撐和說明。

5.8 問題

在這個問題中,我們考慮控制一顆小型衛星。此動態系統的數學模型由:

$$\Theta(s) = k$$

$$G(s) = \frac{U(s)}{s^2}$$

其中 $\alpha(s)$ 是要控制的角度, $U(s)$ 是應用於衛星的力, $k = 2$ 是衛星的增益, 取決於系統的許多參數。) is th

使用本章中開發的三種技術來設計控制器, 使系統性能最佳, 穩定系統。

請考慮以下動態系統:

4

$$G(s) | \frac{1}{s(s+1)(s+2)}$$

$$s(0.1s+1)(s+1)$$

確定本章中開發的適當技術, 以設計提供最佳性能和穩定系統的控制控制器。

請考慮以下動態系統:

4

$$G(s) | \frac{1}{s(s+1)(s+2)}$$

$$s(0.2s+1)^2$$

確定本章中開發的適當技術, 以設計提供最佳性能和穩定系統的控制控制器。

請考慮以下動態系統:

5

$$G(s) | \frac{1}{s(s+1)(s+2)}$$

$$s(0.1s+1)(0.2s+1)$$

設計一個確保以下效能的控制器:

穩定系統

等於 0.1 的單位斜坡的穩態誤差

穩定時間在 5% 小於 1 s

過沖小於 5 %

動態系統由以下動態描述:

10

$$G(s) | \frac{1}{s(s+1)(s+2)}$$

$$(s+1)(s+5)(s+10)$$

使用齊格勒-尼科爾斯方法設計可以為該系統設計的二等控制器, 並比較其性能

現在使用根位點和 Bode 方法設計控制器, 為該系統提供良好的性能。對這些控制器進行比較研究。

5.8. 問題

考慮具有以下動態的動態系統:

$$5(s+2)$$

$$G(s) = \frac{1}{s(s+1)(s+5)(s+10)}$$

確定本章中開發的適當技術, 以設計提供最佳性能和穩定系統的控制控制器。

動態系統由以下傳輸函數描述:

$$0.4(0.2s+1)$$

$$G(s) | \frac{1}{s(s+1)(s+2)}$$

$$(0.1s+1)(0.4s+1)(0.5s+1)(0.8s+1)$$

確定本章中開發的適當技術, 以設計提供最佳性能和穩定系統的控制控制器。