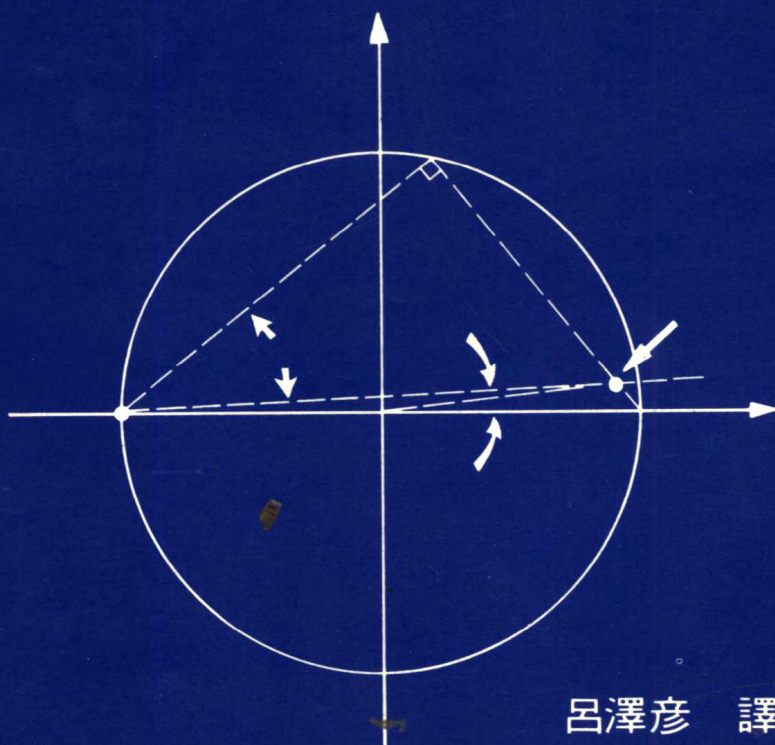


自動控制系統 問題詳解

上 冊



呂澤彥 譯

PROBLEM SOLVER
in
AUTOMATIC CONTROL SYSTEMS/ROBOTICS

自動控制系統

問題詳解

上 冊

呂澤彥 譯

儒林圖書公司 印行

自動控制系統

問題詳解

下 冊

呂澤彥 譯

儒林圖書公司 印行

版權所有
翻印必究

自動控制系統問題詳解（上册）

譯 者：呂 澤 彥

發行人：楊 鏡 秋

出版者：儒林圖書有限公司

地 址：台北市重慶南路一段 111 號

電 話：3812302 3110883 3140111

郵政劃撥：0106792-1 號

吉豐印刷廠有限公司承印

板橋市三民路二段正隆巷 46 弄 7 號

行政院新聞局局版台業字第 1492 號

中華民國七十五年四月初版

定價新台幣 260 元正

443

版權所有
翻印必究

自動控制系統問題詳解（下冊）

譯 者：呂 澤 彥
發行人：楊 鏡 秋
出版者：儒林圖書有限公司
地 址：台北市重慶南路一段 111 號
電 話：3812302 3110883 3140111
郵政劃撥：0106792-1 號
吉豐印刷廠有限公司承印
板橋市三民路二段正隆巷 46 弄 7 號

行政院新聞局局版台業字第 1492 號
中華民國七十五年四月初版
定價新台幣 260 元正

本書用途

在自動控制的領域中，學生們常會遭遇到一些難以學習和了解的問題。縱然在此領域中有數以百計的著作，每一著作皆試圖改變已有的缺點，但學生們卻仍是困惑的，因為在解決問題的時候，有很多的狀況與原理必須牢記且應用熟練。而且，自動控制系統中，有許多種的解釋方法，對於學生亦造成極大的困擾。

對於這些問題做探討後，REA 找出了學生對在自動控制系統的學習，會產生困難原因所在：

(a) 沒有一套有系統的分析法則，可供學生逐步地解決平常所遭遇的問題，因為在一問題中可能牽涉許多種不同的條件和性質，而可導出許多種的問題解法。如果預先依據每一可能的變化訂出一組可供遵循的法則，將會牽涉到許多種研究的法則和步驟，對學生而言恐怕比直接嘗試著去解決問題還要困難。

(b) 市面上的著作常由專家寫出一些有關的說明，而這些專家對問題雖有深入的見解，且他們的說明也以簡要手法寫出，但對學生的應用方面卻產生莫大困擾。這是因為所給的說明不夠詳細和廣泛，造成學生無法了解許多的應用實例。一個原則的許多種變化和應用也常常沒有討論到，這些留置學生作業時去思索和解決。通常學生會發覺本身所辛苦構思的結果，原來早為人所知，只是沒有廣泛地印行而已。

(c) 有時主題之後的例題通常又少又簡單，使學生對此主題無法得到徹底的了解。它的說明也不能提供足夠的知識，以解決將來的習題或考試的問題。

例題都以簡約的方式寫出，解答則留下許多的步驟未明言，必須讓學生自己去導出，造成例題難以理解，使得舉例的宗旨互相違背。

再者，例題題意常會混淆不清，並沒有陳述清楚問題，僅是以一種普通的

討論方式一筆代過，把解答寫出，無法交代所要解答的問題。

另外，例題常不包括圖形，有些時候，圖形也是必需的，否則學生如何從繪圖中來簡化和組織問題？

(d) 學生可在作習題時學習這些主題，再藉由課堂的複習，從中獲得將原則應用到不同問題上的經驗。

在作練習題時，學生常會發現必須比別的學科花費更多的時間在自動控制系統上，主因是對於定理和性質的選用上無法完全肯定，甚至需發掘出一些教科書中所未述及的“訣竅”來簡單地解決問題，而這些“訣竅”則須靠許多次的錯誤嘗試方可得到，所以對於一個簡單的問題，往往浪費許多時間才處理完畢。

(e) 課堂上複習這些作業時，教師常會要學生輪流上台對班上同學講解。如要吸引住其他同學的注意力，並了解所描述的問題，通常是不容易的，只能急於抄寫黑板上的東西，無法真正吸收所有的內容。

此書試圖在自動控制系統方面，幫助學生克服以上所述的衆多缺點。藉由提供詳細的例子和解答方法以使學生能深入的探討。此書中的問題是從課堂作業或考試中出現的例題選取出來，而後再予以詳細解答。這些問題是由淺入深，使學生能按步就班地學習和了解每一特定的主題，它的解法乃是逐步地詳加說明，可以省去許多花在某步驟和存在間隔步驟之間的思考時間。

REA 的成員認為自動控制系統的最佳學習方法，是讓學生自己去觀察解題的分析方法和技巧，和許多科學實驗室中所用的學習方法一樣。

使用此書時，可以用自己適當的速度來學習這些例子，並不會像在講台上講課般地受限制。

當要找尋一種特殊型的問題和解答時，可由索引中去尋找，也可在某一類問題中加以瀏覽尋獲所需的方法。爲了能迅速地瀏覽問題，每一問題周緣皆以粗黑線標示出來；更進一步地，每一個問題皆在其左上角處列上編號以供查詢。

欲由此書獲最大助益，則應熟悉下面將談到的“本書用法”。

本書用法

此書可做為自動控制系統領域教科書外的一種輔助教材，對學生的幫助是無價的。本書大致分為十七章，每章皆有一獨立的主題。其內容乃由模型化 (Modelling) 和變換 (transform) 擴展到轉換函數 (transfer function)、時間分析法、頻率分析法，奈氏圖 (Nyquist diagrams)、根軌跡 (Root locus)、波第圖 (Bode diagram)、和狀態空間表示法 (state-space representation)。另外亦包含控制穩定性 (Control Stability)，相位平面分析法 (phase plane analysis)，非線性系統 (nonlinear system)，最佳化 (optimization)，以及數位控制系統 (Digital Control System)。由於令學生最困擾的為應用的法則，所以此書中亦廣泛地列舉了許多的應用實例。

如何徹底地學習和了解一個主題

1. 參考教科書中與主題有關之章節，熟習書中所提的性質，此刻可能仍是不太了解此主題的。
2. 在本書的目錄中找出此主題所在的章節。
3. 翻到主題開始處，按照次序習作那些問題。在每一主題中，問題是由淺入深排列的，有些問題可能是頗為相似的，但是每一問題都是就不同觀點和解法選出來的。

要徹底了解一個主題，並保留學習成果，是需要重複習作幾次才可的。“重複的練習”是：了解何性質可解決何問題經驗的最佳方法，且為選擇最佳解題技巧的不二法門。

如何尋找一特殊問題

欲找出與某特殊主題有關的問題，可由索引中尋找。注意，索引中所給的號碼乃為題號，並不是頁數，此乃是方便於尋找一特殊問題而刻意設計的。

若在索引中不能找到所需的問題，可參考前面的目錄，而後翻到想尋找的章節去尋找，藉由很快的瀏覽可找出所想要找的主題，找到問題後即可展開學習過程。

目 錄

(上冊)

第一章 模 型 化.....	1
方塊圖	1
轉換函數	17
第二章 矩 陣.....	63
秩、反矩陣之分析	63
固有向量和對角線型式化	74
第三章 拉氏變換.....	123
拉氏變換及其定理	123
反拉氏變換和微分方程式之解	146
第四章 Z - 變換.....	171
Z - 變換及其定理	171
反 Z - 變換和系統響應	183
第五章 轉換函數和方塊圖.....	205
由方塊圖求轉換函數	205
網路和系統的轉換函數	215
轉換矩陣及脈波轉換函數	237
第六章 時域分析.....	257
響應	257

離散響應	327
響應誤差	340
第七章 頻率分析、奈氏圖、根軌跡、波第圖	383
奈氏圖	383
根軌跡	392
波第圖	439
頻率響應	460
第八章 設計和補償	491
設計	491
頻率響應	512
雙線性變換	514
補償	519
落後補償、根軌跡	554
控制器	560
補償器、觀測器	573
根軌跡	577
第九章 狀態空間表示法	583
轉換函數的狀態空間表示法	583
變換微分方程式為狀態空間表示法	597
由方塊圖和差值方程式而來的狀態空間表示法	626
電子和機械系統的狀態空間表示法	653

目 錄

(下冊)

第十章 狀態轉移矩陣.....	669
求取狀態轉移矩陣之法	669
系統狀態轉移矩陣	683
第十一章 狀態方程式之解.....	705
第十二章 可控制性和可觀測性.....	761
第十三章 自動控制的穩定性.....	813
賴斯和赫維茲準則.....	813
克雷索夫斯基定理.....	850
利氏函數	855
各種穩定性朱瑞測試法	943
離散系統	953
相位平面	962
根軌跡	975
奈氏 - 波第	989
第十四章 相位平面分析.....	1013
初始條件	1013
等斜線法	1017
應用於網路和系統	1028

第十五章 非線性系統	1053
非線性系統	1053
描述函數	1109
相位平面	1128
極限循環	1138
狀態表示法、波普夫、利氏	1149
第十六章 最佳化	1155
第十七章 數位控制系統	1247
控制器的設計	1247
離散狀態	1265
數位觀測器	1269
微處理機控制	1281
索 引	1289

第一章

模 型 化

§ 方塊圖

問題 1 - 1

試將圖 1 所示的系統方塊圖以圖 2 和圖 3 的型式表示出來。

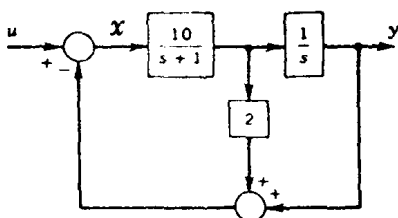


圖 1

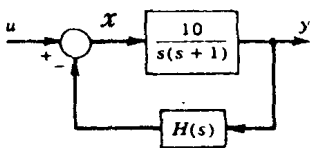


圖 2

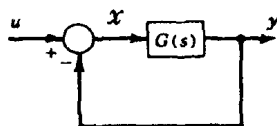


圖 3

2 自動控制系統問題詳解

解答：試考慮圖 1 中的加成點 (summing point) X，由此點可得

$$x = u - \left(2 \cdot \frac{10}{s+1} x + \frac{10}{s(s+1)} x \right)$$

或說

$$x \left[1 + \frac{20}{s+1} + \frac{10}{s(s+1)} \right] = u$$

由此可解得

$$x = \frac{s(s+1)}{s^2 + 21s + 10} u$$

由方塊圖和上面的等式可得

$$y = \frac{10}{s(s+1)} x = \frac{10u}{s^2 + 21s + 10}$$

對於圖 2 和圖 3 中所示的系統，y 和 u 必須存在著上面的關係。

$$y = \frac{10u}{s^2 + 21s + 10} \quad (*)$$

在圖 2 中，由加成點 x 可得

$$x = u - \frac{10x}{s(s+1)} H$$

$$y = \frac{10x}{s(s+1)}$$

合併上兩個方程式可得

$$y = \frac{10u}{s^2 + s + 10H}$$

將此與(*)比較則可得

$$H(s) = 2s + 1$$

在圖 3 中可知

$$Y = \frac{G(s)}{1+G(s)} u$$

將此與(*)比較可得

$$\frac{G}{1+G} = \frac{10}{s^2 + 21s + 10}$$

故

$$G(s) = \frac{10}{s(s+21)}$$

問題 1 - 2

試依據圖 1 所示的回授控制系統 (feedback Control System) 找出圖 2 所示系統中的 $G_{eq}(s)$ 和 $H_{eq}(s)$ 。

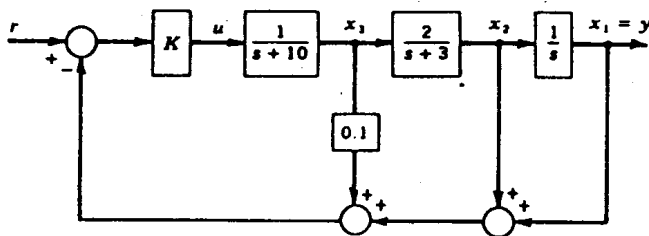


圖 1

4 自動控制系統問題詳解

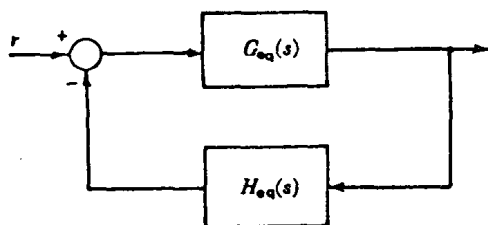


圖 2

解答：圖 1 中的系統回授量為

$$H(s) = 0.1 x_3 + x_2 + x_1$$

且知

$$x_3 = \frac{s+3}{2} x_2$$

$$x_2 = s x_1$$

將此代入上面回授量中可得

$$H(s) = (0.1 \frac{s+3}{2} s + s + 1) x_1 = \frac{0.1s^2 + 2.3s + 2}{2} x_1$$

由於 $y = x_1$ ，故回授轉換函數 (feedback transfer function) 為

$$H_{eq}(s) = \frac{0.1s^2 + 2.3s + 2}{2}$$

而由圖 1 的方塊圖中可得前向增益 (forward gain) 為

$$G_{eq}(s) = \frac{2K}{(s+10)(s+3)s}$$