

網路分析

Fundamentals of
Network Analysis

1980 第一版

原著者：Gene H. Hostetter

譯述者：葉 穗 源

2502

科技圖書股份有限公司

網路分析

Fundamentals of
Network Analysis

1980 第一版

原著者：Gene H. Hostetter

譯述者：葉 穗 源

科技圖書股份有限公司



網路分析的中譯本在台印行者已有多種，但均就同一原文翻譯，且沿用已久迄無新書出現，至為遺憾。茲覓得加州大學 Hostetter 教授新著（1980版），就本書著者序言中所列，著書目的、組織內容，以及研讀方法等與以往的譯本風格完全不同，實為一本簇新的教科書。特為譯介，以利教學。

本公司經新聞局核准登記
登記證局版台業字第1123號

書名：網路分析

原著者：Gene H. Hostetter

譯述者：葉穗源

發行人：趙國華

發行者：科技圖書股份有限公司

台北市復興南路一段360號7樓之三

電話：7073230・7056781

郵政劃撥帳號 15697

七十二年三月初版

特價新台幣160元

原 序

近幾年來，在技術教育上，有兩個極重要的改變趨勢。

第一個趨勢是：對學習工程或科學方面的學生而言，在以往他們極可能已具備極為可觀的學習根底，這些根底係來自軍中服役時，或對無線電有偏愛，或來自家庭有關工作經驗。但如今，這些根底已不再如昔日普遍的被學生所擁有。這並非說，現在的學生學習情緒低落，或是創作能力差勁，或許他們確實如此。但就一般而言，他們在學習前的準備工作，確較以往的學生有很大的差別。在此，學生們應具備初級程度的基本而透澈的知識，毋庸置疑的。所以，在學習之初，基本觀念的奠定，以及所應具的知識，是極為重要而不可或缺的。

第二個趨勢是：在有限度時間內，加重課程的壓力在更多的題材上。在這些壓力中，一些極大的，來自一些傳統主題上，如網路分析。由於以往的一些較廣泛論題，未被電機工程所預及，而造成某些課程，不能讓所有學生感到滿足。一些觀念與技術，已往分在兩個或三個課程中施教，但現在可能已被合而為一。如此的課程，要想增進學生們的興趣，對想像力，不平凡的透視力與結構力等，均是必需具備的。這將借助對邏輯的思考。

教育上的目標

對一個未在電機工程中，投下大量時間與努力的人們而言，研究此類科學，是需要一本入門的讀本。本書以循序漸進而自然的方式，無需花費太多的深思，即可帶領進入這學問的領域。本書將帶給你的助力，將會超越許多以往所出版的教材。尤其，我相信，將傳統的電機工程網路分析的精義，彙集在單獨課程中，現在是可能的了。且能用一種發掘學生潛能與需要的方式來陳述。當然，在此基本核心以外，網路的附帶論題，在許多專門研究以及其他課程上，均是非常有用的。

由於此書兼收並蓄，所以一個非主修電機工程者，或是在沒有程度差別上的其他各旁枝工程學生，選用此書亦極恰當。

在網路的第一個課題中，主要是在徹底研究下列三個基本的領域：

- (1) 源 - 電阻器網路。
- (2) 開關網路。
- (3) 弦式驅動網路。

其目的是在給予學生們有下列諸基本的技巧：

- (1) 源 - 電阻器網路的分析，含有等效電路，以及控制源的網路解。
- (2) 在解開關一階網路的固態根底，與熟習具開關的RLC網路。
- (3) 在弦式網路中，建立高度的能力與信心。

本書組織與研讀法

本書中所陳述與介紹的，其進度並非呈線性的，自始至終固定每週要吸收幾頁。由於大多數學生，在開始學習時，需要集中精神去仔細研讀。故本書在前幾章，以緩進的從容而慎重（深思熟慮）的方式施教；在讀者進入情況後，逐漸變得精簡而具思考性的方式。

下列兩種課程進度建議表：一個是針對為期14週的一學期用的，另一個是針對10週的一學季用的。

學期制進度表			
週	數	章	數
1		1	
2		2	
3		3	
4		4	
5		5	
6-7		6	
8		7	
9-10		8	
11-12		9	
13-14		10	

學季制進度表			
週	數	章	數
1		1, 2	
2		3	
3		4	
4		5	
5-6		6, 7	
7-8		8	
9		9	
10		10	

謝 辭

在寫作本教材的過程中，曾歷經三個機構。最早在華盛頓大學教授網路分析課程。在這段時期，開始着手有關教材內容的註釋工作。有不少關於網路，以及教育觀點，是在那裡養成的。此後，經過多年的寫作，手抄本是在任教加州大學時才完成。最後，在加州大學，歐文校區時的休假年中，才將全書整理完成。

在這些過程中，同事們曾給予極大的幫助，特別是 G.H. Cain, T. Jordanides, H. John Lane, R.T. Stefani, 以及 M.E. Valdez 等人，他們為我校核手抄本，並給我極具價值的評審與建議。

亞歷桑那大學教授 Larry P. Huelsman 曾仔細閱讀我的手抄本，他也給我若干建議，極具價值，並給我最後成果的實證。

此外，我還要感謝 Cynthia Klepadlo 先生，他代我檢查手抄本的打字，以及原圖描繪工作。

G.H. Hostetter

胡 司 脫

對於我所說的裝置，毫無疑問會使你驚異的。在一個固定方式裡，若干數量的良導體，由不同種類的排列的裝置。有三十、四十、六十片或更多的銅片，或是優良的銀片，與一片錫連接，或是鋅片與等量的水，或較純水的導電性更佳的液體，諸如鹽水等等……

亞歷山卓，伏特 (Alessandro Volta)

錄自致皇家通信公司，米蘭 1800

在一個串聯電動器材與導電物質中的電源，可簡稱為電的流量；並依兩種電流的移動可得兩種相反的電流方向。我建議為求各個主題的發展，並避免重複起見，我將說明電流的方向，使用正電流的方向作參考。

安德瑞 - 瑪莉 - 安培 (Andre-Marie Ampere)

錄自 "Memoires sur l'Electrodynamique "

法國理論科學院，巴黎，1820

在金屬鏈中電流總數，是與所有的電壓和直接成正比，且與該相連導體的總長度成反比。

喬格 - 西蒙 - 歐姆 (George Simon Ohm)

錄自 "The galvanic chain, mathematically treated".

柏林，1827

目 次

原 序

前 言

第一部份 源-電阻器網路

第一章 基本觀念與方法

1.1	前言	5
1.2	電流與參考方向	6
1.2.1	導體中電流的流動	6
1.2.2	電流的定義	7
1.2.3	電流的說明	7
1.3	克希荷夫電流定律	8
1.4	電壓與參考極性	10
1.4.1	網路中的電位	10
1.4.2	電壓的說明	10
1.5	克希荷夫電壓定律	11
1.6	網路圖形	14
1.6.1	網路圖與雙端元件 ..	14
1.6.2	理想的導體	15

1.6.3	節點	15
1.6.4	迴路	16
1.7	電功率的流量	17
1.7.1	淵參考與源參考間的關係	17
1.7.2	功率流量的關係	17
1.8	基本源電阻器網路的元件	20
1.8.1	電壓源	20
1.8.2	電流源	21
1.8.3	電阻器	21
1.9	電阻器的功率關係	24
1.10	並聯網路的解	25
1.10.1	介於節點間電壓源的情形	25
1.10.2	平凡的雙節點網路	26
1.11	分流法則	29
1.12	串聯網路解法	31
1.12.1	一個電流源於迴路中的情形	31
1.12.2	平凡的單迴路網路	31
1.13	分壓定理	34
	第一章 習題	36

第二章 用等效電路法解源電阻器網路

2.1	前言	48
2.2	簡單的等效法	49
2.2.1	雙端元件等效的意義	49
2.2.2	並聯電流源	49
2.2.3	串聯電壓源	49
2.2.4	與任意元件串聯的電流源	49
2.2.5	與任意元件並聯的電壓源	50
2.2.6	串聯與並聯的等效電路	51
2.3	等效電阻	53
2.3.1	串聯電阻	53
2.3.2	並聯電阻	54
2.3.3	電導	55
2.3.4	雙端組合的電阻器	55
2.4	戴維寧 諾頓等效電路	57

2.5	已知電壓與電流的源的替代	60
2.6	用等效電路解答網路	62
2.6.1	近似法	62
2.6.2	第一例題	62
2.6.3	第二例題	63
2.6.4	第三例題	63
	第二章 習題	65

第三章 有系統的聯立方程式

3.1	前言	75
3.2	克拉滿法則	76
3.2.1	行列式的解法	76
3.2.2	餘因子與及拉普拉斯的展開式	77
3.2.3	例題	78
3.2.4	高階的困難	79
3.3	有系統的節點方程式	80
3.3.1	節點對節點的電壓與符號	80
3.3.2	各個獨立節點的方程式	81
3.3.3	一般形式的方程式	82
3.3.4	例題	83
3.4	包含電壓源的網路節點方程式	86
3.5	控制源與節點方程式	88
3.6	有系統的聯立網目方程式	90
3.6.1	平面網路之網目電流	90
3.6.2	網目的方程式	91
3.6.3	方程式的一般形式	92
3.6.4	例題	93
3.7	含有電流源網路的網目方程式	96
3.8	含有控制源網路的網目方程式	97
3.9	非平面網路的迴路方程式	98
3.9.1	迴路電流的選擇	99
3.9.2	平面網路的例題	99
3.9.3	非平面網路例題	100
	第三章 習題	103

第四章 源-電阻器網路的性質

4.1	前言	116
4.2	等效電阻值	117
4.2.1	使用節點方程式的等效電阻值	117
4.2.2	使用網目方程式的等效電阻值	118
4.2.3	包含控制源網路的等效電阻值	119
4.3	源的重疊	123
4.3.1	由個別源所產生的信號元件	123
4.3.2	源的重疊法	124
4.3.3	源部份的重疊	125
4.3.4	含有控制源的源之重疊	125
4.4	戴維寧等效	127
4.4.1	戴維寧等效的由來	127
4.4.2	無控制源網路的計算	129
4.4.3	有控制源的網路	131
4.5	諾頓等效	133
4.6	在網路解中，戴維寧與諾頓等效的應用	136
4.7	最大功率轉移的理論	138
4.8	電阻網路的轉移比	141
4.9	Δ - Y形的轉換	143
4.9.1	Δ - Y的等效值	143
4.9.2	Δ 對Y的轉換	144
4.9.3	Y對 Δ 的轉換	146
	第四章 習題	149

第二部份 電感與電容性網路

第五章 網路的微分方程式

5.1	前言	161
5.2	電容器的電壓、電流、功率與能量的關係	162
5.2.1	關係的說明	162
5.2.2	電容器的功率與能量	166
5.2.3	雙端組合的電容器	167
5.3	電感器的電壓、電流、功率與能量的關係	169

5.3.1	定義其間關係	169
5.3.2	電感器的功率與能量	172
5.3.3	雙端組合電感器	172
5.4	電感的耦合	175
5.4.1	電壓 - 電流的關係與繞線方式	175
5.4.2	功率與能量	178
5.4.3	幾種耦合的電感器	178
5.5	有系統的聯立網目方程式	180
5.5.1	無電感耦合的網路方程式	180
5.5.2	耦合電感器的等效控制電壓源	181
5.5.3	電感耦合的網路方程式	182
5.6	有系統的聯立節點方程式	184
5.6.1	無電感耦合的網路方程式	184
5.6.2	耦合電感器的等效控制源	185
5.6.3	電感耦合的網路方程式	186
5.7	線性與時間無關的微分方程式	188
5.7.1	方程式形式與分類	188
5.7.2	一階齊次方程式的解答	189
5.7.3	高階齊次方程式的解答	190
5.7.4	重根	192
5.7.5	複根	192
5.8	驅動方程式的一般解	194
5.8.1	強制與自然組件解	194
5.8.2	強制常數的響應	195
5.8.3	其他的強制響應與疊力	197
5.9	特殊解與邊界條件	198
5.9.1	一般解的涵義	198
5.9.2	邊界條件	199
5.10	指數函數	202
	第五章 習題	205

第六章 開關網路

6.1	前言	218
6.2	含開關的一階電感網路	218

6.2.1	電感器電流的微分方程式	219
6.2.2	方程式的解與強制常數的響應	219
6.2.3	開關網路與連續的電感交流	221
6.2.4	求解其他的網路信號	223
6.2.5	有系統的解答	224
6.3	單位步級函數	230
6.3.1	函數與步級源	230
6.3.2	電感網路的例題	230
6.4	含開關的一階電容網路	233
6.4.1	電容器電壓的微分方程式	233
6.4.2	方程式的解與強制常數響應	234
6.4.3	開關網路與連續的電容器電壓	235
6.4.4	有系統解	235
6.5	串聯的RLC網路	241
6.5.1	電容器電壓的微分方程式	241
6.5.2	實數特性根的解答	242
6.5.3	複數根與振盪響應	244
6.6	並聯的RLC網路	250
6.6.1	電感器電流的微分方程式	250
6.6.2	解法	252
	第六章 習題	256

第七章 阻抗觀念

7.1	前言	266
7.2	用指數驅動函數求解微分方程式法	267
7.3	阻抗	269
7.3.1	阻抗觀念	269
7.3.2	基本元件的阻抗值	270
7.4	強制指數響應的解	272
7.4.1	等效阻抗值	272
7.4.2	常數源的情形	274
7.4.3	負的元件阻抗值	274
7.4.4	特殊情形	276
7.5	源的重疊法	279
7.6	且指數源的開關網路	281

7.7	轉移函數	283
7.8	用阻抗法求解自然狀態	286
7.8.1	迴路阻抗法	286
7.8.2	自然狀態的特性根	288
7.8.3	自然狀態根的數目	289
7.8.4	端對的阻抗法	292
7.8.5	阻抗的極與零	292
7.8.6	迴路中不顯的根	294
第七章	習題	297

第三部份 弦式網路響應

第八章 弦式源的響應

8.1	前言	311
8.2	弦式函數	312
8.2.1	幅度、頻率與相位	312
8.2.2	正弦函數的表示法	314
8.2.3	正交的表示法	314
8.3	用弦式驅動函數去解微分方程式	318
8.4	複數代數	321
8.4.1	直角形式	321
8.4.2	極座標	323
8.4.3	尤拉的關係	326
8.4.4	極座標形式的乘法與除法	327
8.5	成份法	331
8.5.1	尤拉成份的重疊法	331
8.5.2	電壓源例題	333
8.5.3	電流源例題	335
8.6	弦量法	337
8.6.1	兩個重複成份的解	337
8.6.2	弦量解法	338
8.6.3	多重源	340
8.6.4	以正弦函數為項表示的源	341
8.7	相量法	343
8.7.1	弦量的“投影”	343

8.7.2	相量辦法	344
8.7.3	聯立方程式	346
8.7.4	以正弦函數爲項表示的源	349
8.7.5	三種解答的透視	350
8.8	圖解相量法	354
8.8.1	圖解的相量加法	354
8.8.2	R、L 與 C 間的圖示關係	356
8.8.3	不重要的網路解	357
8.8.4	嘗試源法	358
第八章	習題	364

第九章 諧振與頻率響應

9.1	前言	373
9.2	串聯的 RLC 網路	374
9.2.1	串聯諧振	374
9.2.2	高於與低於諧振的狀態	375
9.2.3	相量關係	376
9.2.4	數值例題	376
9.3	並聯的 RLC 網路	378
9.3.1	並聯諧振	378
9.3.2	高於與低於諧振的狀態	379
9.3.3	相量關係	380
9.3.4	數字例題	381
9.4	頻率的響應	383
9.4.1	幅度比與相位移	383
9.4.2	串聯 RLC 網路的頻率響應	383
9.4.3	其他信號的頻率響應	384
9.4.4	並聯的 RLC 網路	386
9.5	頻寬	387
9.5.1	串聯網路的半功率頻率與頻寬	387
9.5.2	並聯網路的頻寬	389
9.6	一般性諧振	391
9.6.1	諧振頻率的定義	391
9.6.2	零相位角諧振範例	392
9.6.3	諧振與自然振盪的頻率	393

9.7	品質因數	394
9.8	電阻性與電抗性成份的阻抗	397
9.8.1	串聯電阻 - 電抗的等效	397
9.8.2	並聯電阻 - 電抗的等效	398
9.8.3	串聯諧振的達成	402
9.8.4	並聯諧振的達成	403
第九章	習題	406

第十章 弦式驅動網路中的功率

10.1	前言	413
10.2	弦式功率	414
10.2.1	一般的弦式功率	414
10.2.2	電阻器上的弦式功率	414
10.2.3	電感器上的弦式功率	415
10.2.4	電容器上的弦式功率	416
10.2.5	能量的轉變	416
10.3	平均功率流動	420
10.3.1	一般性的平均功率	420
10.3.2	電阻器、電感器與電容器內的平均功率	420
10.3.3	不減的平均能量	421
10.4	最大的功率轉移	422
10.5	電抗功率與網路元件	425
10.5.1	電阻性與電阻性成份的瞬間功率	425
10.5.2	一般的電抗性功率	426
10.5.3	在電阻器、電容器與電感器中的電抗性功率	427
10.5.4	電抗性能量的轉換	427
10.6	複數功率	429
10.7	使用RMS值的功率計算	431
10.7.1	RMS值	431
10.7.2	RMS的相量	432
10.7.3	伏 - 安與功率因數	432
10.8	單相功率的傳送	436
10.8.1	功率系統模式	436
10.8.2	功率因數的修正	436
10.9	電源變壓器	440

10.9.1	一個變壓器的模式	440
10.9.2	理想變壓器	442
10.9.3	阻抗的反射	444
10.10	三相電力的傳送	447
10.10.1	三相電力流量的平衡	447
10.10.2	輸送效率	448
10.10.3	平衡的Y型網路系統	449
10.10.4	相位的旋轉	451
10.11	平衡的 Δ -Y的轉換	452
10.11.1	線路電壓	452
10.11.2	平衡的 Δ 型系統	453
10.11.3	Δ 型-Y型源的轉換	454
10.11.4	Δ 型-Y型負載的轉換	457
第十章	習題	460