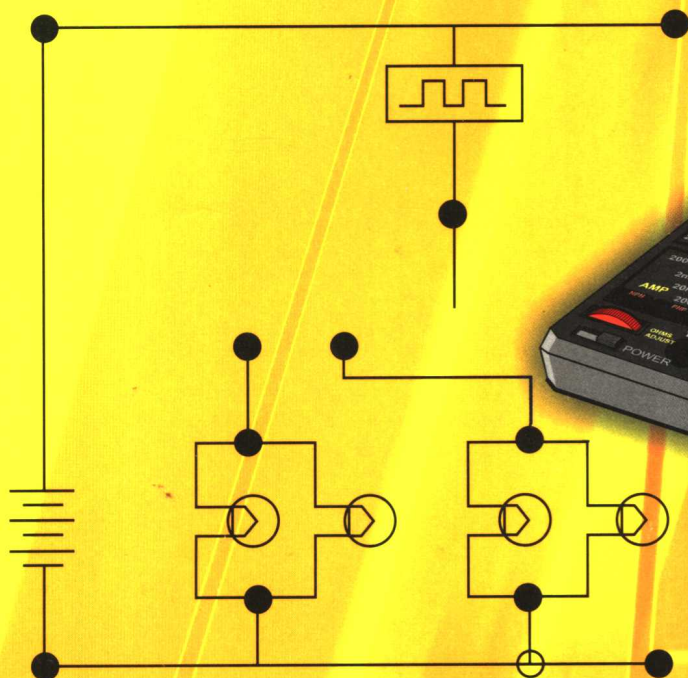


電機學

Electric Machinery

顏吉永 / 林志鴻 編著



《非電子 / 電機系適用》



全華科技圖書股份有限公司 印行

電機學（非電子、電機系適用）

顏吉永・林志鴻 編著



全華科技圖書股份有限公司 印行

國家圖書館出版品預行編目資料

電機學 / 顏吉永, 林志鴻編著. -- 二版
臺北市 : 全華, 民 91
面 ; 公分

ISBN 957-21-3810-3(平裝)

1. 電機工程 2. 發電機

448

91019298

電機學 (非電子、電機系適用)

作 者 顏吉永・林志鴻
執行編輯 蕭雅惠
封面設計 王永豪
發行人 詹儀正
出版者 全華科技圖書股份有限公司
地 址 104 台北市龍江路 76 巷 20 號 2 樓
電 話 (02) 2507-1300 (總機)
傳 真 (02) 2506-2993
郵政帳號 0100836-1 號
印 刷 者 宏懋打字印刷股份有限公司
登 記 證 局版北市業字第〇七〇一號
圖書編號 05187
二版一刷 92 年 2 月
定 價 新台幣 490 元
I S B N 957-21-3810-3 (平裝)

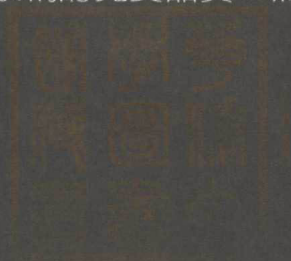
版權所有・翻印必究

全華科技圖書
<http://www.chwa.com.tw>
book@ms1.chwa.com.tw

全華科技網 OpenTech
<http://www.opentech.com.tw>

提供技術新知・促進工業升級 為台灣競爭力再創新猷

資訊蓬勃發展的今日，全華本著「全是精華」的出版理念，
以專業化精神，提供優良科技圖書，滿足您求知的權利；
更期以精益求精的完美品質，為科技領域更奉獻一份心力。



TECHNOLOGY

作者簡介

顏吉永

學歷：

台灣科技大學電機系學士

清華大學工程與系統科學系博士生

主修電機工程與控制系統設計

研究興趣與專長：

微機電系統設計

超音波馬達設計與可變結構控制

現職：

國立聯合技術學院電機工程系講師

Email:bill@mail.nlhu.edu.tw

林志鴻

學歷：

台灣科技大學電機系學士、碩士

中原大學電機博士

主修：電動機伺服驅動與智慧型控制

研究興趣與專長：

電力電子轉換器與類神經網路

現職：

國立聯合技術學院電機工程系副教授

Email:jhlin@mail.nlhu.edu.tw

序言

本書作者任教於國立聯合技術學院電機工程系，教授電機工程相關課程 10 多年，匯集多年的教學經驗與參考各界的意見，去蕪存菁，編成此書。本書就電機基本原理加以剖析，使學生易於瞭解、吸收，對非電機系學生而言，可說是進入電機領域最佳的入門書。

本書內容深入淺出，共計十章，第一章至第六章為基本電學部份，以加強對電磁基本概念與交、直流電路的瞭解；第七章至第十章為電機機械、電力電子元件及驅動電路部份，以增強對旋轉、線型電機(含直流機及交流機)及變壓器的結構、基本原理瞭解，並說明如何以電力電子之驅動元件及功率元件來控制旋轉及線型電機的轉動，以達到學習的目的。本書各章節之例題，係針對該節的重要定理及公式加以應用，以加強學生的瞭解、吸收。此外，亦於每章節之後附有習題，提供學生更多的練習機會，以提高學習效果。本書講授時，可視實際的教學時間及學生程度，斟酌取捨。

本書編寫皆利用課餘時間，雖經多次校稿及修正，但仍恐有疏漏、尚請先進、專家惠予指正，使本書內容更臻詳盡，在此致謝。

顏吉永 謹識
林志鴻

電
機
學

編輯部序

「系統編輯」是我們的編輯方針，我們所提供給您的，絕不只是一本書，而是關於這門學問的所有知識，它們由淺入深，循序漸進。

本書是作者多年教授『電機學』的心血結晶，全書共分十章，第一章到第六章在敘述基本電學的部份，第六章到第十章則著重電機機械的部份，除了說明重要定理、公式外，還有其應用，加深學生的學習印象，並詳細解說電機設備的結構、原理、特性、應用、控制方法……等等，每章末的習題還可幫助學生自我測驗、提升實力，是一本相當不錯的教學用書，適合『電機學』課程使用。

同時，爲了使您能有系統且循序漸進研習相關方面的叢書，我們以流程圖方式，列出各有關圖書的閱讀順序，以減少您研習此門學問的摸索時間，並能對這門學問有完整的知識。若您在這方面有任何問題，歡迎來函連繫，我們將竭誠爲您服務。

相關叢書介紹

書號：02417
書名：各類電池使用指南
編譯：洪芳州
20K/168 頁/150 元

書號：02764
書名：機電整合
編譯：廖國清
20K/784 頁/490 元

書號：02269
書名：最新示波器測試技術
編譯：楊武智
20K/456 頁/300 元

書號：05063007
書名：Word 2002 新世紀應用
(附教學光碟片)
編著：黃文權
18K/424 頁/438 元

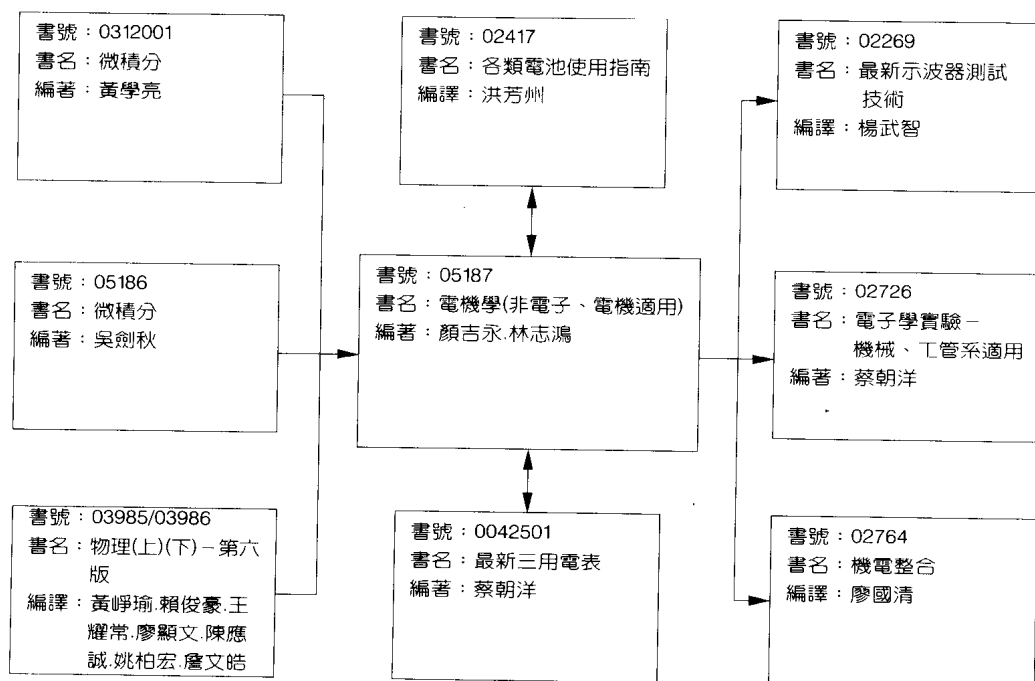
書號：02401
書名：電池活用手冊
編譯：李世興
20K/432 頁/340 元

書號：0042501
書名：最新三用電表
編著：蔡朝洋
20K/176 頁/140 元

書號：03869007
書名：輕鬆上網及簡易網頁設計
(附軟體光碟片) (全彩)
編著：全華電腦
18K/448 頁/390 元

◎上列書價若有變動，請以
最新定價為準。

流程圖



目錄

CONTENTS

第一章	電的基本概念.....	1-1
1-1	電的現象及成因	1-2
1-2	庫侖靜電定律	1-5
1-3	電場強度	1-9
1-4	電位與電位差	1-14
1-5	電 流	1-17
1-6	電阻與電導	1-18
1-7	歐姆定律	1-22
1-8	電能與電功率	1-23
1-9	損失與效率	1-26
1-10	單位與因次	1-27
	習 題	1-30
第二章	直流電路.....	2-1
2-1	電路的組成要件	2-2
2-1-1	電 源	2-2
2-1-2	電 感	2-5
2-1-3	電 容	2-6
2-2	克希荷夫定律	2-6
2-2-1	克希荷夫電流定律 (Kirchhoff's current law, 簡稱 KCL)	2-7
2-2-2	克希荷夫電壓定律 (Kirchhoff's voltage law, 簡稱 KVL)	2-10

2-3 串並聯電路	2-11
2-3-1 串聯電路與分壓法則	2-11
2-3-2 並聯電路與分流法則	2-13
2-3-3 串並聯電路	2-15
2-4 Y- Δ 變換	2-20
2-5 支路電流法	2-24
2-6 迴路電流法	2-26
2-7 節點電壓法	2-28
2-8 重疊定理	2-31
2-9 戴維寧與諾頓定理	2-33
2-10 最大功率轉移定理	2-38
習題	2-40

第三章 磁的基本概念..... 3-1

3-1 磁場和磁力線	3-2
3-2 通電導體周圍的磁場	3-4
3-3 庫侖磁力定律	3-6
3-4 磁場強度	3-8
3-5 磁通密度	3-11
3-6 導磁係數	3-12
3-7 磁化曲線及磁滯曲線	3-13
3-8 磁動勢與磁位降	3-16
3-9 安培定律	3-16
3-10 磁路的歐姆定律	3-18
3-11 磁路計算	3-21
習題	3-26

第四章 電磁效應..... 4-1

4-1 法拉第電磁感應定律	4-2
---------------	-----

4-2 楞次定律	4-4
4-3 佛萊明右手與左手定則	4-6
4-3-1 佛萊明右手定則(發電機原理)	4-6
4-3-2 佛萊明左手定則(電動機原理)	4-9
4-4 自感與互感	4-11
4-4-1 自 感	4-11
4-4-2 互 感	4-17
4-5 渦流與渦流損失	4-23
習 題	4-24

第五章 交流的基本概念..... 5-1

5-1 交變電勢的產生與正弦波	5-3
5-1-1 交變電勢的產生	5-3
5-1-2 正弦波	5-5
5-2 瞬時值、平均值、有效值與最大值	5-10
5-3 複數與相量	5-15
習 題	5-19

第六章 交流電路..... 6-1

6-1 純電阻、純電感與純電容電路	6-2
6-1-1 純電阻電路	6-2
6-1-2 純電感電路	6-3
6-1-3 純電容電路	6-5
6-2 電阻、電感與電容的串聯電路	6-9
6-3 電阻、電感、電容的並聯電路	6-14
6-4 諧振電路	6-19
6-4-1 串聯諧振電路	6-19
6-4-2 並聯諧振電路	6-22
6-5 單相電功率	6-27
6-6 改善功率因數	6-30

6-7	交流最大功率轉移	6-32
6-8	交流平衡三相電路	6-37
6-8-1	平衡三相電壓	6-38
6-8-2	三相電壓源	6-40
6-8-3	Y-Y 電路	6-43
6-8-4	Y- Δ 電路	6-49
6-8-5	Δ -Y 電路	6-52
6-8-6	Δ - Δ 電路	6-55
6-9	平衡三相電路的功率	6-56
6-9-1	平衡 Y 形負載的功率	6-56
6-9-2	平衡 Δ 形負載的功率	6-58
6-10	三相電路功率的量測	6-61
6-11	交流電路分析	6-65
	習題	6-69

第七章 電動機 7-1

7-1	直流電動機	7-2
7-1-1	直流電動機的分類	7-2
7-1-2	直流電動機的特性	7-3
7-1-3	直流電動機的工作原理	7-6
7-2	三相感應電動機	7-9
7-2-1	三相感應電動機的構造	7-9
7-2-2	三相感應電動機的工作原理	7-11
7-2-3	三相感應電動機之等效電路	7-16
7-3	單相交流電動機	7-26
7-3-1	單相交流電動機的種類	7-27
7-3-2	分相式感應電動機	7-27
7-3-3	電容式感應電動機	7-28
7-3-4	單相推斥式電動機	7-30
7-3-5	蔽極式電動機	7-31
7-3-6	單相串激式電動機	7-33

7-4	同步電動機	7-34
7-4-1	同步電動機的構造	7-34
7-4-2	同步電動機之工作原理	7-35
7-4-3	同步電動機的特性	7-38
7-4-4	其他同步電動機	7-40
7-5	步進電動機	7-44
7-5-1	步進電動機的種類	7-45
7-5-2	步進電動機的特性	7-48
7-5-3	步進電動激的激磁方式	7-49
7-6	線型電動機	7-53
7-6-1	線型電動機的特性	7-53
7-6-2	線型電動機的種類	7-54
7-6-3	線型同步電動機	7-54
7-6-4	線型感應電動機	7-58
7-6-5	線型直流電動機	7-59
7-6-6	線型脈波電動機	7-60
7-7	伺服電動機	7-62
7-7-1	直流伺服電動機	7-62
7-7-2	感應型伺服電動機	7-63
7-7-3	同步型伺服電動機	7-65
7-7-4	伺服電機之特性比較	7-66
7-7-5	自動變速電動機(VS 電動機)	7-67
習題		7-70

第八章 電動機控制用的驅動元件與功率元件 8-1

8-1	功率元件的種類	8-2
8-2	矽控整流器(SCR)	8-2
8-3	雙向矽控整流器(TRIAC)	8-8
8-4	功率電晶體	8-13
8-5	金氧半場效電晶體(MOSFET)	8-22
8-6	絕緣閘極雙極電晶體(IGBT)	8-27

8-7	SCR 之驅動元件及控制電路	8-31
8-8	TRIAC 之觸發元件及控制電路	8-46
8-9	功率電晶體之驅動元件及控制電路	8-56
8-10	MOSFET 驅動元件及控制電路	8-61
8-11	IGBT 之驅動元件及控制電路	8-66
	習題	8-68

第九章 電動機的驅動電路及控制 9-1

9-1	前言	9-2
9-2	直流電動機之控制	9-2
9-2-1	單相轉換器之控制	9-3
9-2-2	三相電源轉換器	9-14
9-2-3	對偶轉換器	9-18
9-2-4	直流截波器	9-22
9-3	三相感應電動機之控制	9-36
9-4	單相感應電動機的控制	9-63
9-5	同步電動機的控制	9-70
9-6	步進電動機的控制	9-74
9-7	伺服電動機的控制	9-81
9-7-1	直流伺服電動機的控制	9-85
9-7-2	直流伺服電動機之轉速控制	9-90
9-7-3	直流伺服電動機的位置控制	9-92
9-7-4	同步伺服電動機的控制	9-94
9-7-5	感應伺服電動機的控制	9-99
9-7-6	二相伺服電動機的控制	9-101
	習題	9-102

第十章 變壓器 10-1

10-1	變壓器的原理和構造	10-2
10-1-1	變壓器的原理	10-2

10-1-2 變壓器的構造	10-3
10-1-3 變壓器之工作原理	10-6
10-2 變壓器的等效電路	10-14
10-3 變壓器的特性	10-20
10-3-1 變壓器之直流電阻測定	10-20
10-3-2 變壓器之開路試驗	10-21
10-3-3 變壓器短路試驗	10-22
10-3-4 變壓器的損失、效率及全日效率	10-23
10-3-5 變壓器的電壓調整率	10-25
10-4 變壓器的繞組連接	10-30
10-4-1 變壓器的極性試驗	10-30
10-4-2 單相繞組器的連接	10-33
10-4-3 三相變壓器的連接	10-34
10-5 特殊變壓器	10-44
10-5-1 自耦變壓器	10-44
10-5-2 三繞組變壓器	10-47
10-5-3 比壓器	10-48
10-5-4 比流器	10-50
習題	10-55

參考文獻.....	參-1
-----------	-----

1

電的基本概念

- 1-1 電的現象及成因
- 1-2 庫侖靜電定律
- 1-3 電場強度
- 1-4 電位與電位差
- 1-5 電 流
- 1-6 電阻與電導
- 1-7 歐姆定律
- 1-8 電能與電功率
- 1-9 損失與效率
- 1-10 單位與因次

在人類的生活過程中，能量扮演著極為重要的角色，沒有能量，一切活動都將停止。而在所有能量中，又以電能的用途最廣，主要是其效率高，傳輸容易，乾淨且可靠，能以極便捷之方式轉換為機械能(如電動機)、熱能(如電熱器)、化學能(如電鍍)、光能(如電燈)、聲能(如揚聲器)、磁能(如電磁鐵)等能量，因此，電已成為社會進化、科學發展、以及生活安樂的原動力。

遠在西元前 600 年，希臘人達理斯(Thales)發現用琥珀棒與毛皮摩擦後，會產生一種吸附其他輕微物體的能力，雖然當時無法解釋此現象，但他們稱呼此種未知又不可見之力量為“Elektron”-希臘文之“琥珀”，此字流傳下來而成為靜電基本粒子之名稱-電子(Electron)。

另一方面中國在皇帝時代發現磁石，是人類最早發現磁的現象，當時，皇帝還利用磁石製成指南針以辨別方向，打敗蚩尤，是中國歷史上著名的戰爭之一。西方於西元前三百年在希臘的美格納西(Magnesia)地方發現一種礦石有吸引鐵的能力，今天英文中的磁(Magnetism)字即來自希臘的美格納西(Magnesia)之地名。

之後，電學與磁學的現象與知識，亦隨著年代的不斷演進與累積，至十八世紀中葉，一些西方各國的碩學俊彥，對於電學與磁學開始有計劃而循序漸進地研究，其成果甚為輝煌。隨著電能的開發，人類的生活環境徹底改變，電器用品給人們帶來的方便與舒適，已是觸目可見。因此，吾人生於斯時斯地，有必要對電學作適度的認識，而在自動化日益殷切須求下，學工程的人，更應進一步瞭解電學的原理及其應用。

1-1

電的現象及成因

將一被絹布摩擦過之玻璃棒端靠近紙屑，則紙屑即被吸引而移附玻璃棒，此具有吸引輕微物體特性之玻璃棒，即為一帶有電荷(charge)的物體，簡稱帶電體(electrified body)，若將此帶電之玻璃棒用長細線懸空吊起，再用另一玻璃棒同樣以絹布摩擦過之玻璃棒端向其靠近時，發現兩根玻璃棒互相排斥，如圖 1-1 所示。若再將絹布摩擦過之玻璃棒懸空吊起，並以毛皮摩擦過的塑膠棒靠近時，兩者互相吸引，如圖 1-2 所示。由以上兩個簡單的實驗，可證明兩種不同的物體摩擦會生電，而摩擦生電則有正電與負電之分，玻璃棒用絹布摩擦後會帶正電，塑膠棒以毛皮摩擦後會帶負電，此種摩擦生電是靜電(不會流動的電)的一種現象。故物體所產