

501
7514

五年制工業專科學校教科書

電 路 學

編 著 者

陳兩嘉 · 林葉增 · 黃正清

著 作 人 國 立 編 譯 館

補 助 機 關 國 家 科 學 委 員 會



成都清華技術大學圖書館

基 本 館

正 中 書 局 印 行

版權所有



翻印必究

中華民國六十年七月臺初版
中華民國六十六年九月臺三版

當代版
教科書

五年制工業專科學校電路學

全一冊 基本定價 三元一角

(外埠酌加運費)

編著者 陳雨嘉 林葉增 黃正清

著作人 國立編譯館

補助機關 國家科學委員會

發行人 黎元馨

發行印刷 正中書局

(臺灣臺北市衡陽路二十號)

海外總經銷 集成圖書公司

(香港九龍油麻地北海街七號)

海風書店

(日本東京都千代田區神田保町一丁目五六番地)

東海書店

(日本京都市左京區田中門前町九八番地)

新聞局出版事業登記證 局版臺業字第〇一九九號
(6534) 同

編 輯 大 意

一、本書編輯目的供五年制工專學校電路學教材用。

二、本書內容主要參考下列書籍編輯而成：

Joseph A. Edminister 著 Electric Circuits

Corcoran 著 Alternating-Current Circuits 4 版

H. H. Skilling 著 Electrical Engineering Circuits 2 版

Boylestad 著 Introductory Circuit Analysis

三、本書內容共包含十六章，前五章介紹定義，電路參數基本性質，基本定則，複數及相量表示等；第六章至第十三章，由淺入深討論電（網）路形式、性質、等效、變換及解析法；最後一章綜合討論四端網路各項問題解析及應用。

四、本書內容力求理論與實例並重，並儘量以簡明扼要及多舉例題方式說明及分析，藉使學者能對原理及解析法充分了解，進而培養應用能力。

編 者 識 60年5月

目 錄

第一章 定義與電路參數	1
1-1 庫倫定律	1
1-2 電位差	1
1-3 電 流	2
1-4 功 率	2
1-5 能 量	3
1-6 電 阻	3
1-7 電 感	3
1-8 電 容	3
1-9 克希荷夫定律	4
習 題	11
第二章 平均值與有效值	16
2-1 波 形	16
2-2 平均值	16
2-3 均方根值或有效值	18
2-4 波形因數與尖峰值尖峰因素	19
習 題	22
第三章 正弦電流與電壓	26
3-1 正弦電流	26
3-2 正弦電壓	27
3-3 阻 抗	27
3-4 相 角	27
3-5 串並聯電路	28
習 題	36
第四章 複 數	38
4-1 實數與虛數	38
4-2 複 數	38

4-3	複數之其他表示法	39
4-4	複數的運算	40
4-5	複數之乘方與根	42
	習 題	43
第五章	複數阻抗與相量表示法	45
5-1	概 述	45
5-2	複數阻抗	45
5-3	相量表示法	48
	習 題	55
第六章	串並聯電路	58
6-1	串聯電路	58
6-2	並聯電路	63
6-3	導 納	68
6-4	ZY 轉換	72
	習 題	76
第七章	電功率與功率因素	80
7-1	正弦波形穩態功率(平均功率)	80
7-2	功率因數	86
7-3	視在功率	87
7-4	實效功率與無效功率	88
7-5	複數功率	94
7-6	功因的改善	98
	習 題	99
第八章	串並聯諧振	103
8-1	串聯諧振	103
8-2	並聯諧振	109
8-3	Q 值	113
8-4	軌跡圖	116
8-5	電流軌跡圖	119
	習 題	121

第九章 網目網路分析	126
9-1 網目電流	126
9-2 如何選擇網目電流與其方程式——Cramer定則	128
9-3 矩陣與行列式	129
9-4 以行列式解線形聯立方程式	133
9-5 以矩陣作電路分析	134
9-6 策動點阻抗	137
9-7 轉移阻抗	138
習 題	139
第十章 節點電位網路分析	145
10-1 節點電位	145
10-2 如何選擇節點電位與其方程式	146
10-3 策動點導納	152
10-4 轉移導納	152
10-5 對偶性	154
習 題	161
第十一章 網路定理	168
11-1 戴維寧定理	168
11-2 諾頓定理	171
11-3 戴維寧與諾頓等效電路	172
11-4 星網互換	173
11-5 重疊定理	179
11-6 互易定理	182
11-7 補償定理	185
11-8 米爾曼定理	188
11-9 最大功率轉移定理	191
習 題	194
第十二章 耦合電路	200
12-1 自 感	200
12-2 互 感	200

12-3	磁耦合係數·····	201
12-4	耦合線圈極性之表示法·····	202
12-5	耦合電路分析·····	203
	習 題·····	209
第十三章 多相制 ·····		212
13-1	二相制·····	212
13-2	三相制·····	212
13-3	Y—接發電機·····	213
13-4	相 序·····	215
13-5	Y—接負載·····	215
13-6	Y— Δ 系統·····	217
13-7	Δ —接發電機·····	219
13-8	電功率·····	221
13-9	不平衡三相制·····	224
13-10	二瓦特表測定三相電功率·····	228
13-11	對稱成分·····	229
	習 題·····	230
第十四章 波形分析 ·····		232
14-1	概 述·····	232
14-2	傅氏級數·····	232
14-3	波形之對稱·····	235
14-4	傅氏級數之其他型式·····	239
14-5	非正弦波之分析·····	240
14-6	均方根值與電功率·····	249
	習 題·····	251
第十五章 拉氏變換與暫態分析 ·····		254
15-1	拉氏變換·····	254
15-2	電路分析之應用·····	257
15-3	展開法·····	259
15-4	初值定理·····	269

15-5	終值定理	270
15-6	S -領域電路	271
	習 題	275
第十六章 四端網路		278
16-1	四端網路	278
16-2	通用型式	278
16-3	問題類型	279
16-4	網目方程式	280
16-5	節點方程式	281
16-6	轉移問題	282
16-7	例 題	282
16-8	一般傳輸問題	284
16-9	傳輸參數	285
16-10	特 例	286
16-11	逆轉方程式	288
16-12	串級網路	289
16-13	傳輸問題影像阻抗	290
16-14	影像轉移函數	292
16-15	衰減與相位函數	293
16-16	奈	294
16-17	功率比	294
16-18	分 貝	294
16-19	挿接問題	297
16-20	影像阻抗匹配	298
16-21	摘 要	299
	習 題	299
附 錄		302
索 引		313

第一章 定義與電路參數

1-1 庫倫定律 (Coulomb's Law)

公元 1785 年法國物理學家庫倫 (Charles Coulomb) 以實驗確立了兩帶電體間之作用與其間距離之關係。即

兩帶電質點 q 與 q' 間之作用力 F 與各帶電質點所帶電量之乘積成正比，與兩帶電質點間距離 r 之平方成反比。

$$F \propto \frac{qq'}{r^2} \quad \text{或} \quad F = k \frac{qq'}{r^2}$$

此處 k 為一具有因次 (Dimension) 之比例常數，由電荷，距離及力所用之單位而定。若電荷 q 及 q' 距離 r ，力 F ，分別用庫倫 (Coulombs)，米 (Meters)，牛頓 (Newtons) 為單位，則

$$k = 9 \times 10^9 \text{ 牛頓} \cdot \text{米}^2 / \text{庫}^2 \text{ (nt} \cdot \text{m}^2 / \text{coul}^2 \text{)}$$

若我們定另一常數 $\epsilon_0 = \frac{1}{4k\pi} = 8.85 \times 10^{-12} \text{ 庫}^2 / \text{牛頓} \cdot \text{米}^2$

則
$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qq'}{r^2}$$

若帶電體周圍的介質不是真空，則介質中由感應而起的電荷會減小原帶電體間的作用力。若減小的程度為 $1/k$

則兩帶電質點在介質中之作用力為
$$F = \frac{1}{4\pi k\epsilon_0} \frac{qq'}{r^2}$$

此處 k 為一沒有因次的比例常數，稱為電介質常數 (Dielectric Constant)

若令 $\epsilon = k\epsilon_0$ 則
$$F = \frac{1}{4\pi k\epsilon_0} \frac{qq'}{r^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon} \frac{qq'}{r^2}$$

我們稱 ϵ 為介質之誘電係數 (Permittivity)， ϵ_0 為真空之誘電係數。

所以就真空而言 $k=1$ ， $\epsilon=\epsilon_0$ ，空氣之誘電係數 ϵ 比真空之誘電係數 ϵ_0 大得非常有限，通常可以 ϵ_0 視之。

由上述可知一庫倫之電荷，相當於帶有相等電荷之兩帶電質點，在真空中距離 1 米，其間之作用力恰為 9×10^9 牛頓時，各質點所帶之電量。

1-2 電位差 (Potential Difference)

兩點間之電位差 v 等於將一單位電荷由一點移到另一點所需作的功。若將一庫倫之電荷由一點移到另一點所需的功為一焦耳，則此兩點間之電位差為一伏特 (Volt)。即

1 伏特 (Volt) = 1 焦耳/庫倫 (Joule/Coulomb)

若電路上兩點間之電位差為 v ，則一帶電量為 q 之電荷從高電位那一點經由此兩點間之電路，移動到低電位那一點，共作功 qv 。

一種裝置，例如電池或發電機，如果能對經過其間的電荷作功，亦即電荷從此裝置的低電位端移動到高電位端可獲得能量時，我們稱此裝置具有電動勢 (Electromotive Force) $e.m.f.$ 。一裝置之 $e.m.f.$ 就是當不通電時，其高低電位兩端之間的電位差。

1-3 電流 (Current)

物質含有自由電子 (Free electrons)，能在原子間移動者，稱為導體 (Conductor)。有電位差的電場可以使這些自由電子產生運動。

當導體中有電荷 q 從一點向另一點運動時，我們稱此導體中有電流 (Current)。如果電荷保持一定的速率由一點向另一點運動，則稱此電流為定電流 (Constant Current)。如果運動的速率恰為每秒一庫倫則稱此電流之大小為一安培 (Ampere)。即

1 安培 = 1 庫倫/秒

如果電流的大小不是定值而隨時間有變化的時候，則任何時刻之瞬時電流 (Instantaneous Current)

$$i(t) \text{ 安培} = \frac{dq(t)}{dt} \text{ 庫倫/秒}$$

電流的方向，按習慣約定，定為反電子移動的方向為電流之正方向。

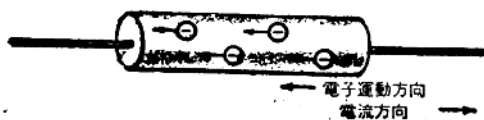


圖 1-1

1-4 功率 (Power)

電功率 P 等於外加電壓 v 與所產生之電流 i 之乘積

$$P \text{ (瓦特)} = v \text{ (伏特)} \times i \text{ (安培)}$$

由定義，正電流的方向與電壓電源同方向，如圖 1-2 所示，即正電流方向由電壓電源之正極流出。若 P 為正值，則表電源供給電路能量。

如果功率 P 是時間 t 的週期函數，又週期為 T 時，則

$$\text{平均功率 } P = \frac{1}{T} \int_0^T P dt$$

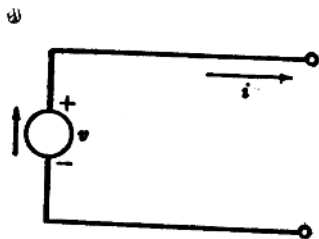


圖 1-2

1-5 能量 (Energy)

因為功率 P 是能量轉換 w 對於時間之變率。即

$$P = \frac{dw}{dt}$$

所以由 t_1 至 t_2 一段時間內能量之轉換

$$W = \int_{t_1}^{t_2} P dt$$

1-6 電阻 (Resistance)

純電阻器兩端的電位差 $v(t)$ 與通過之電流 $i(t)$ 成正比。比例常數 R 就稱為此電阻器之電阻 (Resistance)。其單位以伏特/安培或歐姆 (Ohms) 表之。即

$$v(t) = Ri(t) \quad i(t) = \frac{v(t)}{R}$$

至於電壓 $v(t)$ 及電流 $i(t)$ 是否為定值(如直流)或是時間的正弦或餘弦函數並無限制, 上面的式子仍然適用。

英文字母之小寫 (*v.i.p.*) 表一般時間的函數, 大寫 (*V.I.P.*) 表定值。極大值則在右下角加註, 以 V_m, I_m, P_m 表之。

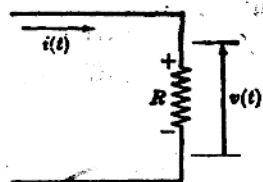


圖 1-3

1-7 電感 (Inductance)

電路中之電流變化時, 與電路相鏈的磁力線亦隨之變化。此磁力線的變化, 使電路因感應而生電動勢 (*e.m.f.*) v 。若導磁係數為定數, 則感應電動勢 v 與電流 (對於時間) 之變化率成正比。比例常數 L 就稱為電路之自感 (Self-Inductance) 或電感 (Inductance) 如圖 1-4 所示。即

$$v(t) = L \frac{di(t)}{dt} \quad \text{或} \quad i(t) = \frac{1}{L} \int v dt$$

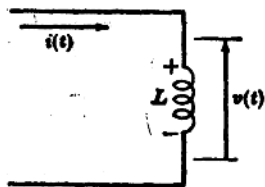


圖 1-4

若 v 以伏特為單位 di/dt 以安培/秒為單位。則 L 的單位為伏特-秒/安培或亨利 (Henries)。如果電流之變化率為每秒 1 安培在電路中的感應 *e.m.f.* 恰為 1 伏特時, 此電路之自感即 1 亨利 (1h)。

1-8 電容 (Capacitance)

電容器 (Capacitor) 兩端之電位差 v 與電容器所帶之電荷 q 成正比, 比例常數 C 稱為此電容器之電容 (Capacitance)。即

$$q(t) = Cv(t) \quad \text{或} \quad i = \frac{dq}{dt} = C \frac{dv}{dt}, \quad \text{或} \quad v(t) = \frac{1}{C} \int i dt$$

如 q 以庫倫為單位, v 以伏特為單位, 則電容 C 的單位就是

庫倫/伏特 或 法拉 (Farads)。

若使電容器兩極板間之電位差每增加 1 伏特所需之電荷 q 恰為 1 庫倫時, 此電容器之電容就是 1 法拉 (1f)。因法拉單位實在過大, 較常用的單位有

$$1 \text{ 微法 (Microfarad)} = 1\mu f = 10^{-6} f$$

$$\text{及 } 1 \text{ 微微法 (Micromicro farad)} = 1\mu\mu f = 10^{-12} f$$

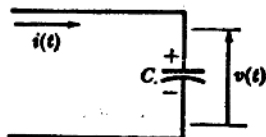


圖 1-5

1-9 克希荷夫定律 (Kirchhoff's Laws)

- (1) 克希荷夫電流定律: 流入接合 (Junction) 的電流總量等於流出此接合的電流總量。如果流入接合的電流當作「正」, 流出的電流當作「負」, 則克希荷夫電流定律即等於說, 流入或流出任一接合電流之代數和為零。

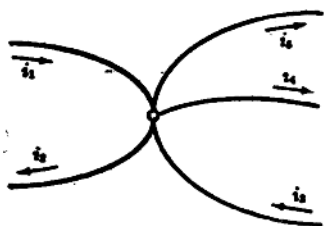


圖 1-6 Σ 流入之電流 = Σ 流出之電流

$$\text{即 } i_1 + i_3 = i_2 + i_4 + i_5$$

$$\text{或 } i_1 + i_3 - i_2 - i_4 - i_5 = 0$$

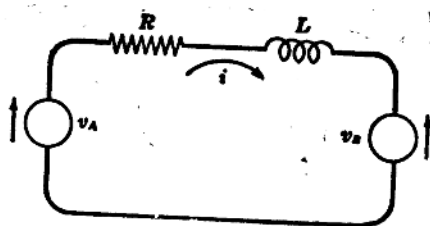


圖 1-7 Σ 電壓升 = Σ 電壓降

$$\text{即 } v_A + v_B = R_i + L \left(\frac{di}{dt} \right)$$

$$\text{或 } v_A - v_B - R_i - L \frac{di}{dt} = 0$$

- (2) 克希荷夫電壓定律: 沿任何「通路」(Closed Circuit) 之全部壓升必等於其全部壓降, 換句話說就是: 沿著一通路之全部電位差之代數和為零。如果通路上的電源電壓不止一個, 而且方向互相均不一致時, 則與所假設之電流方向之電源電壓就當作正的。

電路元件與電壓, 電流之關係

元 件	兩端之電位差	其中的電流
電 阻 R	$v(t) = Ri(t)$	$i(t) = \frac{v(t)}{R}$
電 感 L	$v(t) = L \frac{di}{dt}$	$i(t) = \frac{1}{L} \int v dt$
電 容 C	$v(t) = \frac{1}{C} \int i dt$	$i(t) = C \frac{dV}{dt}$

公制所用的單位

量	單位	量	單位
長度 l	公尺 m (米)	電荷 Q, q	庫倫 C (庫)
質量 m	公斤 kg (鈺)	電位 V, v	伏特 V (伏)
時間 t	秒 sec (秒)	電流 I, i	安培 amp(安)
力 F, f	牛頓 nt (牛頓)	電阻 R	歐姆 Ω (歐)
能量 W, w	焦耳 j (焦)	電感 L	亨利 h (亨)
功率 P, p	瓦特 w (瓦)	電容 C	法拉 f (法)

【例 題】

- 1-1 如圖 1-8 所示之電路，外加電壓 $V=45$ 伏特，求電流，各個電阻兩端之電位差及各個電阻所損耗之功率。

【解】 由克希荷夫電壓定律

$$V=I(2)+I(6)+I(7), \quad 45=15I, \quad I=3 \text{ 安}$$

2 歐姆電阻兩端之壓降 $V_2=IR_2=3(2)=6$ 伏。同理

$$V_6=3(6)=18 \text{ 伏}, \quad V_7=21 \text{ 伏}。$$

2 歐姆電阻所耗功率 $P_2=V_2I=6(3)=18$ 瓦，或

$$P_2=I^2R_2=3^2(2)=18 \text{ 瓦}, \quad \text{同理 } P_6=V_6I=54 \text{ 瓦},$$

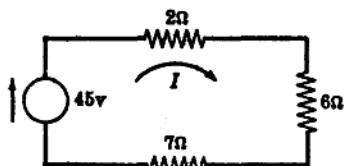


圖 1-8

$$P_7=V_7I=63 \text{ 瓦}。$$

- 1-2 兩個定電壓電源 V_A 及 V_B 作用於同一電路，如圖 1-9 所示。求各電源所輸出的功率。

【解】 由克希荷夫電壓定律

$$20-50=I(1)+I(2) \quad I=-10 \text{ 安}$$

$$V_A \text{ 輸出之功率} = V_AI = 20(-10) = -200 \text{ 瓦}$$

$$V_B \text{ 輸出之功率} = V_BI = 50(10) = 500 \text{ 瓦}。$$

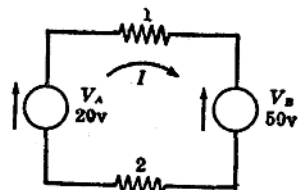


圖 1-9

- 1-3 如圖 1-10(a) 之電路，電源電壓 $v(t)=150 \sin \omega t$ 求電流 $i(t)$ ，瞬時功率 $P(t)$ 及平均功率 P 。

【解】 $i(t) = \frac{1}{R}v(t) = \frac{150}{25} \sin \omega t = 6 \sin \omega t$ 安

$$P(t) = v(t)i(t) = (150 \sin \omega t)(6 \sin \omega t) \\ = 900 \sin^2 \omega t \text{ 瓦}$$

$$P = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} 900 \sin^2 \omega t d(\omega t) = \frac{900}{\pi} \int_0^{\pi} \frac{1}{2} (1 - \cos 2\omega t) d(\omega t)$$

$$= \frac{900}{2\pi} \left[\omega t - \frac{1}{2} \sin 2\omega t \right]_0^{\pi} = 450 \text{ 瓦}。$$

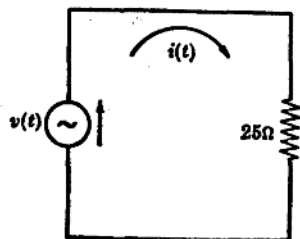


圖 1-10(a)

由圖 1-10(b) 可見, 電壓 $v(t)$, 電流 $i(t)$ 與常數 R 之關係。瞬時電壓及電流均同方向, 因此其乘積亦恆為正。因此, 不論通過電阻之電流方向如何, 電功率恆由電源所輸出。

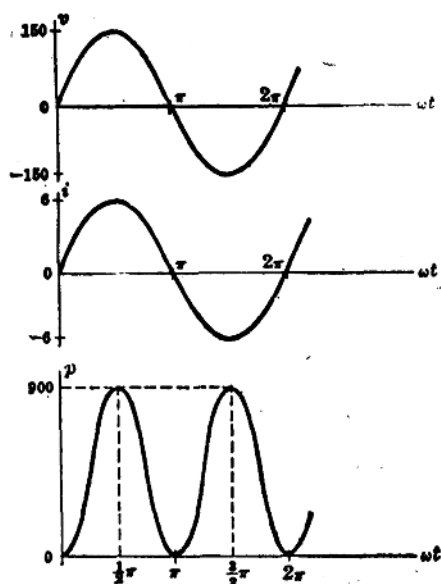


圖 1-10(b)

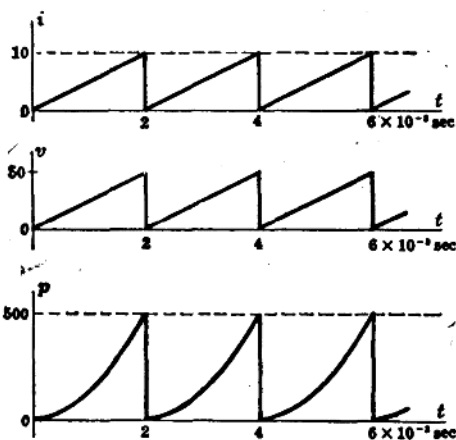


圖 1-11

1-4 如圖 1-11 所示電流函數為週而復始的鋸齒, 若此電流通過 5Ω 的純電阻。求 $v(t)$ $p(t)$ 及平均功率 P 。

【解】 因 $v(t) = Ri(t)$, $v_{\max} = Ri_{\max} = 5(10) = 50$ 伏,

當 $0 < t < 2 \times 10^{-3} \text{ sec}$, $i = \frac{10}{2 \times 10^{-3}} t = 5 \times 10^3 t$, 則 $v = Ri = 25 \times 10^3 t$,

$$p = vi = 125 \times 10^6 t^2,$$

$$P = \frac{1}{2 \times 10^{-3}} \int_0^{2 \times 10^{-3}} 125 \times 10^6 t^2 dt = 167 \text{ 瓦}.$$

1-5 如圖 1-12 之電路, 5Ω 電阻中的電流 $i(t) = 6 \sin \omega t$ 安。(a)

求 10Ω 及 15Ω 兩電阻中的電流及 a 至 b , b 至 c 間的電位差。

(b) 求各電阻所消耗的瞬時功率及平均功率。

【解】 (a) 5Ω 及 15Ω 兩電阻間之電位差同為 v_{bc} ,

$$v_{bc} = i_5 R_5 = (6 \sin \omega t)(5)$$

$$= 30 \sin \omega t \text{ (伏)}$$

$$i_{15} = v_{bc} / R_{15} = 2 \sin \omega t \text{ (安) 而}$$

$$i_{10} = i_{15} + i_5 = 8 \sin \omega t \text{ (安) 及 } v_{ab} = i_{10} R_{10}$$

$$= 80 \sin \omega t \text{ (伏)}.$$

(b) 瞬時功率 $p = vi$ 因此

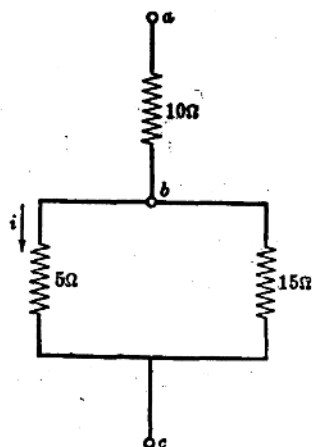


圖 1-12

$$p_s = (30 \sin \omega t)(6 \sin \omega t) = 180 \sin^2 \omega t \text{ (瓦)} \quad \text{同理}$$

$$p_{15} = 60 \sin^2 \omega t \text{ (瓦)}, \quad p_{10} = 640 \sin^2 \omega t \text{ (瓦)}, \quad 5 \text{ 歐電阻之平均功率}$$

$$P_s = \frac{1}{\pi} \int_0^\pi 180 \sin^2 \omega t d(\omega t) = \frac{1}{\pi} \int_0^\pi 180 \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{2} \cos 2\omega t \right) d(\omega t) = 90 \text{ 瓦} \quad \text{同理}$$

$$P_{15} = 30 \text{ 瓦}, \quad P_{10} = 320 \text{ 瓦。}$$

1-6 一純電感 $L = 0.02 \text{ h}$, 外加電壓 $v(t) = 150 \sin 1000t$, 求電流 $i(t)$, 瞬時功率 $p(t)$ 及平均功率 P 。

$$\begin{aligned} \text{【解】 } i(t) &= \frac{1}{L} \int v(t) dt = \frac{1}{0.02} \int 150 \sin 1000t dt \\ &= \frac{150}{0.02} \left(\frac{-\cos 1000t}{1000} \right) = -7.5 \cos 1000t \text{ 安} \end{aligned}$$

$$p = vi = -150(7.5) \left(\frac{1}{2} \sin 2000t \right)$$

$$= -562.5 \sin 2000t \text{ 瓦}, \quad \left[\text{因 } \sin x \cdot \cos x = \frac{1}{2} \sin 2x \right]$$

平均功率 P 由圖 1-13(b) 可見顯然為零。

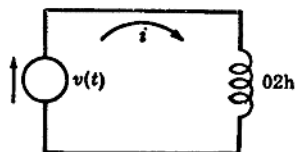


圖 1-13(a)

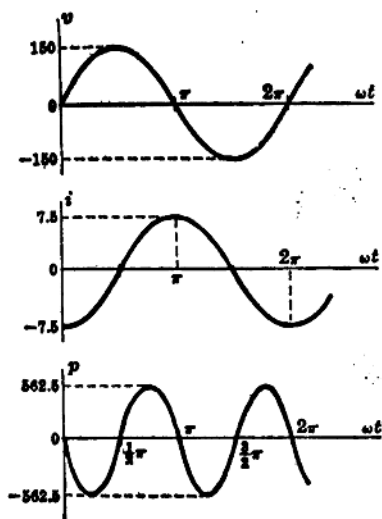


圖 1-13(b)

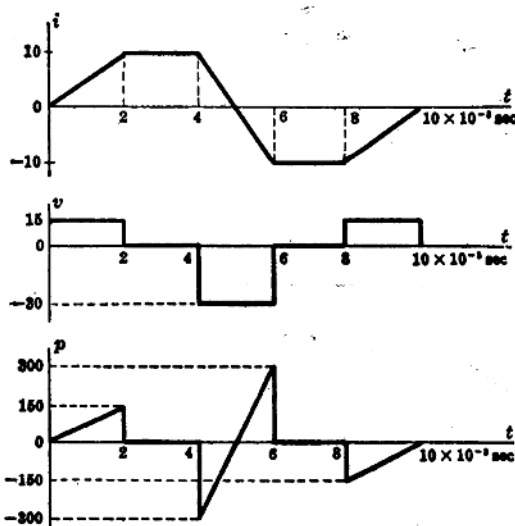


圖 1-14

1-7 一純電感 $L = 3 \times 10^{-3} \text{ h}$, 通過如圖 1-14 波形之電流。試求並劃出電壓 $v(t)$ 及瞬時功率 $p(t)$ 之圖形。又平均功率 P 多少?

【解】 瞬時電流 $i(t)$ 如圖 1-14 所示

$$(1) 0 < t < 2 \times 10^{-3} \text{ 秒}$$

$$i = 5 \times 10^3 t$$

$$(2) 2 \times 10^{-3} < t < 4 \times 10^{-3} \text{ 秒}$$

$$i = 10$$

$$(3) 4 \times 10^{-3} < t < 6 \times 10^{-3} \text{ 秒}$$

$$i = 10 - 10 \times 10^3 (t - 4 \times 10^{-3}) = 50 - 10 \times 10^3 t$$

$$(4) 6 \times 10^{-3} < t < 8 \times 10^{-3} \text{ 秒}$$

$$i = -10$$

$$(5) 8 \times 10^{-3} < t < 10 \times 10^{-3} \text{ 秒} \quad i = -10 + 5 \times 10^3(t - 8 \times 10^{-3}) = -50 + 5 \times 10^3 t$$

對應之電壓為

$$(1) v_L = L \frac{di}{dt} = 3 \times 10^{-3} \frac{d}{dt}(5 \times 10^3 t) = 15 \text{ 伏}$$

$$(2) v_L = L \frac{di}{dt} = 3 \times 10^{-3} \frac{d}{dt}(10) = 0$$

$$(3) v_L = L \frac{di}{dt} = 3 \times 10^{-3} \frac{d}{dt}(50 - 10 \times 10^3 t) = -30 \text{ 伏, 等。}$$

對應之瞬時功率為

$$(1) p = vi = 15(5 \times 10^3 t) = 75 \times 10^3 t \text{ 瓦}$$

$$(2) p = vi = 0(10) = 0 \text{ 瓦}$$

$$(3) p = vi = -30(50 - 10 \times 10^3 t) = -1500 + 300 \times 10^3 t \text{ 瓦, 等。}$$

平均功率 P , 顯然為零。

- 1-8 一電壓 $v(t)$ 加於兩串聯電感 L_1 及 L_2 , 求一等效電感 (Equivalent Inductance) L_e , 而能代此二串聯電感並產生同樣之電流。

【解】 $v(t) = L_1 \frac{di}{dt} + L_2 \frac{di}{dt} = L_e \frac{di}{dt}$, 所以 $L_e = L_1 + L_2$

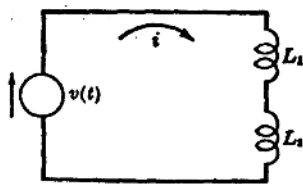


圖 1-15

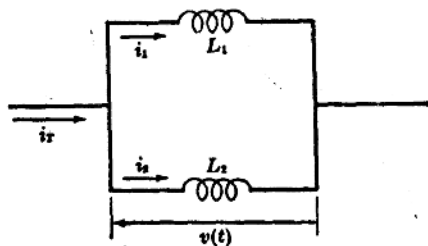


圖 1-16

- 1-9 如圖 1-16 求並聯電感 L_1 及 L_2 之等效電感 L_e 。

【解】 設並聯電感兩端之電位差為 $v(t)$ 又電感 L_1 及 L_2 中的電流各為 i_1 及 i_2 。

由克希荷夫電流定律若總電流 i_T 則

$$i_T = i_1 + i_2 \quad \text{或} \quad -\frac{1}{L_e} \int v dt = -\frac{1}{L_1} \int v dt + -\frac{1}{L_2} \int v dt$$

$$\text{所以} \quad \frac{1}{L_e} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} \quad \text{或} \quad L_e = \frac{L_1 L_2}{L_1 + L_2} \quad \text{即}$$

等效電感之倒數等於各個並聯電感倒數之和。

- 1-10 通過一純電感之電流 $i(t) = I_m \sin \omega t$ 。假如當 $t=0$ 時, 存於磁場中的能量為零。試計算並劃出能量函數 $\omega(t)$ 之圖。

【解】 $v(t) = L \frac{di}{dt} = L \omega I_m \cos \omega t$

$$p(t) = vi = \omega L I_m^2 \sin \omega t \cos \omega t = \frac{1}{2} \omega L I_m^2 \sin 2\omega t$$

$$w(t) = \int_0^t \frac{1}{2} \omega L I_m^2 \sin 2\omega t dt = \frac{1}{4} L I_m^2 [-\cos 2\omega t + 1] = \frac{1}{2} L I_m^2 \sin^2 \omega t$$

在 $\omega t = \pi/2, 3\pi/2, 5\pi/2$, 等時, 儲存之能量為極大值 $\frac{1}{2} L I_m^2$ 。在 $\omega t = 0, \pi, 2\pi, 3\pi$ 等時, 儲存之能量為零。如圖 1-17。當 $p(t)$ 為正時能量流向負載, 則儲存之能量增加。當 $p(t)$ 為負時, 能量由電感器之磁場送回電源。在純電感中並無能量之消耗。因此平均功率為零。也就是沒有淨能量之轉換。

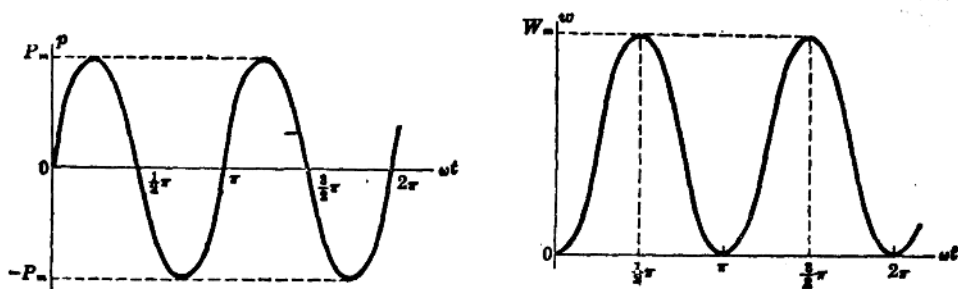


圖 1-17

1-11 有一純電容, 外加電壓 $v(t) = V_m \sin \omega t$, 求電流 $i(t)$, 功率 $p(t)$ 電荷 $q(t)$ 及儲存於電場中的能量 $w(t)$ 。假設 $t=0$ 時, $w(t)=0$ 。

【解】 $i(t) = C \frac{dv}{dt} = \omega C V_m \cos \omega t$ 安, $p(t) = vi = \frac{1}{2} \omega C V_m^2 \sin 2\omega t$ 瓦,

$q(t) = C v = C V_m \sin \omega t$ 庫, $w(t) = \int_0^t p dt = \frac{1}{4} C V_m^2 (1 - \cos 2\omega t) = \frac{1}{2} C V_m^2 \sin^2 \omega t$ 焦,

當 $\omega t = \pi/2, 3\pi/2, 5\pi/2$ 等時, 儲存之能量達極大值 $\frac{1}{2} C V_m^2$ 焦, 當 $\omega t = 0, \pi, 2\pi, 3\pi$ 等

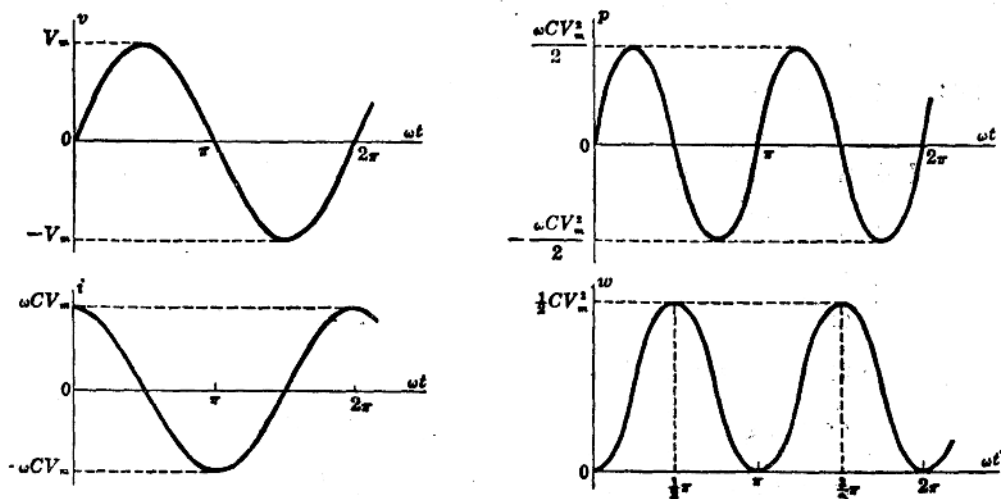


圖 1-18