

高等学校教学用书

电工学理论基础

第二册

Л. П. 聶 孟 著
П. Л. 卡蘭塔羅夫

高等教育出版社

高等学校教学用书



电工学底理論基礎

第二册

交流电路理論

И. И. 卡蘭塔罗夫 著
Л. П. 聶孟
鍾兆琰 譯

高等教育出版社

本書原來是根據蘇聯國立動力出版社 (Государственное энергетическое издательство) 於 1951 年出版的卡蘭塔羅夫 (П. Л. Калантаров) 和 聶孟 (М. Р. Нейман) 合著的 “電工學底理論基礎” (Теоретические основы электротехники) 第三版譯出的, 現在又由原譯者根據原書 1954 年第四版加以修訂。原書經蘇聯高等教育部批准為動力工程學院、電機工程學院以及動力工程系和電機工程系用的教科書。

全書分三冊出版。第一冊為 “電工學底物理基礎及直流電路理論”, 除 “直線律直流電路計算” 一章係卡蘭塔羅夫所寫者外, 其餘各章均係聶孟所寫。第二冊為 “交流電路理論” 原係卡蘭塔羅夫所寫, 因卡蘭塔羅夫已逝世, 新版由聶孟加以部分改寫和補充。第三冊為 “電磁場理論” 係聶孟所寫。

原書 1951 年版底中譯本是龍門聯合書局出版的, 新版譯本改由本社出版。

電 工 學 底 理 論 基 礎

第二冊

М. Р. 聶孟, П. Л. 卡蘭塔羅夫著

鍾光璈譯

高等教育出版社出版

北京環城廠一七〇號

(北京市書刊出版業營業許可證出字第〇五四號)

京華印書局印刷 新華書店總經售

書號 505(課 444) 開本 850×1168¹/₃₂ 印張 13²/₈ 字數 343,000

一九五六年一月北京第一版

一九五六年一月北京第一次印刷

印數 1—3,000 定價 (8) 洋 1.99

目 錄

第一章 交流电路底基本特性与电路裏發生的現象 9

§ 1. 週期性的和正弦波形的電動勢、电压和电流.....	9
§ 2. 交流电路裏的物理現象.....	12
§ 3. 应用於交流电路理論中的科学抽象，其实际意义及应用範圍.....	16
§ 4. 交流电路底参数.....	18
§ 5. 週期性電動勢、电压和电流底有效值和平均值.....	21
§ 6. 交流發电机.....	25
§ 7. 磁通和感应電動勢底曲綫・曲綫形狀底特徵.....	28
§ 8. 矢量圖.....	30
§ 9. 最簡單的 r 、 L 和 C 串联的电路裏当其端極上有正弦电压時的穩定电流.....	33
§ 10. 电路底阻抗、电阻和电抗.....	37
§ 11. 电压与电流之相位差.....	39
§ 12. 最簡單的 g 、 L 和 C 串联的电路內当其端極上有正弦电压時的穩定电流.....	40
§ 13. 电压三角形和阻抗三角形.....	43
§ 14. 电流三角形和導納三角形.....	45
§ 15. 連繫着等效阻抗和等效導納的關联式.....	47
§ 16. 在坐标軸上分段的矢量圖.....	48
§ 17. 最簡單的直綫圖与圓圖.....	50
§ 18. 交流电路內的有功功率.....	51
§ 19. 交流电路內的能量波動(漲落).....	54
§ 20. 功率三角形.....	60
§ 21. 等效参数及其实验測定.....	61
§ 22. 集膚效应和渦流對於电路参数的影响.....	64
§ 23. 不完全电容器底参数.....	68
§ 24. 交流电路中各种裝置底参数.....	69

第二章 交流电路底符号計算法.....72

§ 25. 符号法底基礎.....	72
§ 26. 正弦函數、其和數、積分及導數之符号表示法.....	75
§ 27. 符号法在交流电路計算中的应用.....	77

§ 28. 阻抗与導納底複量	78
§ 29. 以符号式表示的歐姆定律和克希荷夫定律	80
§ 30. 根据电压和电流複量求功率	82
§ 31. 受电器串联時的电路計算	83
§ 32. 受电器並联時的电路計算	86
§ 33. 受电器混合联接時的电路計算	89
§ 34. 沿感性线路的能量(电力)傳輸	91
§ 35. 論複雜交流电路底計算	93
§ 36. 耶日万定理	95
第三章 电路中的共振	97
§ 37. 關於共振的概念	97
§ 38. 串联共振	97
§ 39. 並联共振	101
§ 40. 共振下的能量波動	105
§ 41. 超电導通路裏的共振	107
§ 42. 串並联共振	108
§ 43. 电路中共振現象底实际意义	109
第四章 具有互感的电路·耦合电路中的共振	112
§ 44. 串联与並联下的互感	112
§ 45. 無芯变压器	115
§ 46. 两个耦合的超电導通路中的共振	119
第五章 四極網絡与鏈型網絡	123
§ 47. 四極網絡方程式	123
§ 48. 無源四極網絡底等效电路	126
§ 49. 四極網絡底空載与短路	127
§ 50. 对称四極網絡之重複阻抗与傳播常数	129
§ 51. 对称均匀鏈型網絡	132
§ 52. 懸式綫子串上的电压分佈	134
§ 53. 頻率濾波器	136
§ 54. 最簡單的濾波器底通頻帶範圍	138
§ 55. T 形反应环節底共振曲線	141
§ 56. 反应鏈型網絡底共振曲線	143
第六章 直線圖与圓圖	145
§ 57. 軌跡法在交流电路研究工作中的应用	145
§ 58. 曲線底乘法与除法	146

§ 59. 曲線底反演	147
§ 60. 複數平面內的反演	150
§ 61. 能量輸入功率因數恆定的受電器時之軌跡圖	151
§ 62. 能量輸入恆電納受電器時的軌跡圖	154
§ 63. 直線與圓周底複數方程式	156
§ 64. 四極網絡底軌跡圖	159
§ 65. 功率底圖解法	160
§ 66. 效率底標尺	164
§ 67. 功率直線在能量沿感性線路傳輸底兩種特殊情形下的繪製法	165
第七章 多相电路	167
§ 68. 關於多相系統與多相电路的概念	167
§ 69. 對稱多相系統	168
§ 70. 平衡的與不平衡的多相系統	171
§ 71. 多相系統底聯接法	172
§ 72. 电压与电流均為對稱系統時的多相电路	175
§ 73. 三相系統中的星形與三角形聯接	177
§ 74. 位形矢量圖	178
§ 75. 沒有互感時不對稱三相电路底計算	179
§ 76. 三相电路內电流對稱底條件	182
§ 77. 多相系統相數之變換	184
§ 78. 脈動磁場	186
§ 79. 旋轉磁場	188
§ 80. 帶堵住轉子的異步电机	191
§ 81. 帶旋轉轉子的異步电机	192
§ 82. 綜論對稱多相系統	193
§ 83. 三相系統底對稱成分	195
§ 84. 對稱成分濾器	198
§ 85. 在對稱三相电路中對稱成分之獨立性	202
§ 86. 對稱成分法在短路电流計算中之應用	203
§ 87. 在一般不對稱情況下的三相电路底功率	206
第八章 非正弦的週期性電動勢、电压与电流	208
§ 88. 週期性函數之分解為傅立葉級數	208
§ 89. 非正弦電動勢、电压与电流底有效值	215
§ 90. 有高次諧波時的有功功率	216
§ 91. 論电压為非正弦曲線時常參數电路底計算	219
§ 92. 常參數电路底特徵對於电流曲線形狀的影響	22

§ 93. 三相电路裏的高次諧波	225
§ 94. 振盪節拍	227
§ 95. 振盪之調制	229
第九章 有鉄芯的感應線圈与变压器	232
§ 96. 有鉄芯的感應線圈	232
§ 97. 鉄芯中的損耗	232
§ 98. 磁滯对电流曲線与电压曲線形状的影响	235
§ 99. 等效正弦曲線及磁通与电流之間的關係	237
§ 100. 鉄芯感應線圈底矢量圖及等效电路	239
§ 101. 鋼芯变压器	241
§ 102. 鋼芯变压器底方程式	243
§ 103. 变压器各繞組化歸同一匝數的換算	245
§ 104. 变压器底等效电路	246
§ 105. 鋼芯变压器底矢量圖	248
§ 106. 鋼芯变压器底變換比率与效率之測定	251
§ 107. 自耦变压器	252
§ 108. 用变压器改变多相系統底相數	253
第十章 集中参数电路內的过渡歷程	255
§ 109. 过渡歷程分析底一般原理	255
§ 110. 在建立直流時感性电路內的过渡歷程	257
§ 111. 感性电路在正弦电压下之接通	263
§ 112. 电容性电路内建立恒定电压時的过渡歷程	265
§ 113. 电容性电路在正弦电压下的接通	269
§ 114. 电容器底放电	272
§ 115. 具有电感和电容的电路在直流电压下的接通	282
§ 116. 具有电感和电容的电路在正弦电压下的接通	284
§ 117. 电路接在任何波形的电动势下的情形	291
§ 118. 論运算術	294
§ 119. 最簡單的係函數	297
§ 120. 歐姆定律和克希荷夫定律之推廣	298
§ 121. 分解定理	304
第十一章 穩定状态下的均匀輸电線	307
§ 122. 均匀輸电線方程式	307
§ 123. 均匀線方程式在穩定的正弦状态下的解法	308
§ 124. 論均匀線用純型电路造型	311
§ 125. 接通在特徵阻抗上的均匀線	312

§ 126. 行波·····	313
§ 127. 均勻線底特性·····	316
§ 128. 無畸變線·····	318
§ 129. 在各種不同運行狀態下的均勻線·····	319
§ 130. 無損耗線·····	322
第十二章 均勻線路中的過渡歷程 ·····	327
§ 131. 無畸變均勻線方程式底通解·····	327
§ 132. 無畸變線路裏的波·····	330
§ 133. 論傳輸線內波底起源和性質·····	331
§ 134. 兩均勻線共軛處波底折射和反射·····	333
§ 135. 波從線路終端的反射·····	335
§ 136. 均勻線底接通過程·····	339
§ 137. 兩均勻線共軛處有電抗時波底通過·····	341
§ 138. 兩均勻線共軛處有電阻時波底通過·····	345
第十三章 非直線律交流電路 ·····	348
§ 139. 非直線律交流電路，其參數和性能以及研究這種電路的方法·····	348
§ 140. 交流電路中的非直線性電阻·····	350
§ 141. 由恆電壓來源饋電的非直線律電路中的穩定狀態·····	352
§ 142. 關於由恆電壓電源饋電的複雜非直線律電路中運行情況 穩定性的一般見解·····	357
§ 143. 交流底整流·····	359
§ 144. 可控制的非直線性元件。帶控制電極的離子儀器。三極電子管·····	360
§ 145. 用可控制的離子器件調整整流器並使直流變換成交流·····	364
§ 146. 真空管振盪器·····	369
§ 147. 藉非直線性元件之助來實現的調制和檢波·····	372
§ 148. 弛張振盪·····	374
§ 149. 交流電路中的感應性的和容電性的非直線性元件·····	377
§ 150. 含有鐵芯感應線圈和電容器底非直線律電路·····	378
§ 151. 鐵磁電壓鎮定器·····	383
§ 152. 鐵磁共振倍頻器·····	385
§ 153. 鐵磁頻率三倍器·····	386
§ 154. 鐵磁頻率二倍器·····	387
§ 155. 鐵磁功率放大器·····	389
§ 156. 交流電路裏的非直線性電容器·····	391
§ 157. 非直線律電路中過渡歷程底計算法·····	394
§ 158. 鐵芯線圈底短接·····	395

§ 159. 鉄芯線圈在直流电压下的接通.....	400
§ 160. 鉄芯線圈在正弦电压下的接通.....	405
§ 161. 电路的非直線律性能在电工技術各部門中的实际应用.....	408
俄文下角一覽表.....	409
中、俄、英文对照索引	410

第一章 交流电路底基本特性与 电路裏發生的現象

§ 1. 週期性的和正弦波形的電動勢、电压和电流

在廣义上講，隨時間变化的電動勢、电压和电流称为交变的電動勢、电压和电流。

讓我們規定称電動勢、电压和电流在某一時刻 t 的值为電動勢、电压和电流底瞬時值。这样一來，如以 e, u 和 i 代表電動勢、电压和电流底瞬時值，我們就可以寫出：

$$e = F(t), \quad u = F(t), \quad i = F(t).$$

在电气工程中最常用的是週期性的電動勢、电压和电流，就是說其值在經過相等的時間後又重複的電動勢、电压和电流，因此，對於这种電動勢、电压和电流，下列公式

$$e = F(t) = F(t + kT),$$

$$u = F(t) = F(t + kT),$$

$$i = F(t) = F(t + kT)$$

是合理的，公式中 k 是一个任何整數，而 T 是一个恆定量，称为電動勢、电压和电流底週期。它代表週期性的電動勢、电压和电流值在重複時必須經過的最小時間。週期底倒數称为電動勢、电压或电流底頻率。用 f 代表頻率，我們有：

$$f = \frac{1}{T}, \quad T = \frac{1}{f}.$$

这样看來，頻率在數值上等於單位時間內的週期數。直流電動勢、

电压和电流可以看成是週期性電動勢、电压和电流底一种特殊情况，它底变化週期是無限大而頻率等於零，也就是說 $T = \infty$ 而 $f = 0$ 。

頻率底量度單位等於每秒鐘一個週期，称为赫茲(1 赫)^①。

电气工程中应用的頻率幅度是異常大的——从幾十赫茲到幾十億赫茲。在動力設備中用的是低頻率，具体地說，傳輸与分佈動力的標準頻率在苏联和歐洲用 50 週，在美國用 60 週^②。在電話通訊中用較高的頻率，約為幾百到幾千週，而在無線電設備中，所用頻率却高到幾十億週。

確定電動勢或电流底变化規律的週期函數可能是很複雜的。但是，像大家所熟悉的，週期函數可以分解成傅立葉 (Fourier) 級數而把此函數表示為級數各項之和。在一般情況下，傅立葉級數中包括：

- 1) 恆定成分，
- 2) 頻率与該週期函數底頻率相等的正弦函數，称为基本波或第一諧波，
- 3) 一連串其他正弦函數，其頻率整倍於該週期函數底頻率，並且称为高次諧波。

應該指出，交变电動勢、电压和电流这些名称往往有比上述的更狹的意义，它們是用來指恆定成分等於零的週期性電動勢、电压和电流。

我們將先着手研究最簡單的交变电動勢、电压和电流，它們是時間底正弦函數。對於正弦電動勢和电流底研究之所以特別重視可以解釋如下：在技術實踐中往往力圖在电路中獲得正弦电压和电流，因為，我們以後就要看到，高次諧波之出現在許多情形下會導致我們所不願有的現象——引起多餘的能量損耗，為电路各段中發生過电压創造條件，使強大的輸電線路對於鄰近的通訊線路的影响為之加大。

因此，現代工業頻率發電機總是製造成使其電動勢曲線底形狀很

① 按我國慣例簡稱週——譯者。

② 我國所用標準頻率也是 50 週——譯者。

接近正弦曲線。在这种情形下，我們以後可以看到，在常参数电路中电流曲線底形狀也將是正弦的。在高頻率技術中也同樣廣泛地利用正弦电压和电流。

週期性的電動勢、电压和电流，其变化規律如能表示为下列函數

$$e = E_m \sin\left(\frac{2\pi t}{T} + \psi_e\right),$$

$$u = U_m \sin\left(\frac{2\pi t}{T} + \psi_u\right),$$

$$i = I_m \sin\left(\frac{2\pi t}{T} + \psi_i\right)$$

的，称为正弦電動勢、电压和电流，或称諧波電動勢、电压和电流。在这些函數底右方，唯一的变量就是時間 t 。从正弦電動勢、电压和电流底表達式中可以看出，它們底週期是 T ，而 e 、 u 和 i 底最大值分別为 E_m 、 U_m 和 I_m 。最後的三个值就称为電動勢、电压和电流底最大值或振幅。从正弦量由負值通过零而轉到正值的最近一點算起的正弦底幅角称为電動勢、电压或电流底相，而確定電動勢、电压和电流在 $t=0$ 時的值的 ψ 、 ψ_u 和 ψ_i 各量則称为電動勢、电压和电流底初相。因为 $\frac{1}{T} = f$ ，所以，如以 ω 代表 $2\pi f$ ，則可以寫出：

$$e = E_m \sin\left(\frac{2\pi t}{T} + \psi_e\right) = E_m \sin(2\pi f t + \psi_e) = E_m \sin(\omega t + \psi_e),$$

$$u = U_m \sin(\omega t + \psi_u),$$

$$i = I_m \sin(\omega t + \psi_i).$$

物理量 ω 等於 2π 乘頻率 f ，称为交变電動勢、电压或电流底角頻率，而与頻率及週期有下列的關係：

$$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}.$$

圖 1、2 与 3 表示了初相不同的正弦波電動勢在笛卡兒坐标系內的曲線。在这种場合沿橫坐标軸标註時間 t 或与其成正比例的 ωt 值。

从圖 2 可以看出,如果初相是正值,正弦波始點就沿橫坐标軸移至坐标系原點左方。

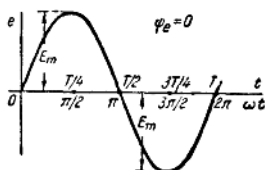


圖 1.

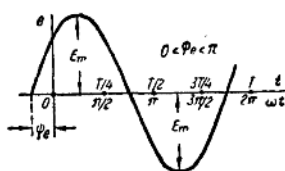


圖 2.

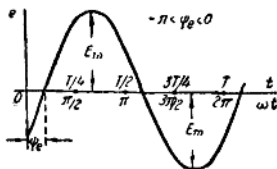


圖 3.

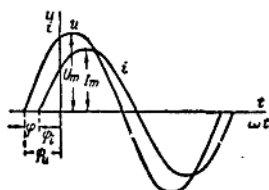


圖 4.

在同時研究兩個頻率相同的正弦波函數時,它們底相位差,就是初相間的差,通常称为相角移並且用 φ 代表。例如电压 $u = U_m \times \sin(\omega t + \psi_u)$ 与电流 $i = I_m \sin(\omega t + \psi_i)$ 間的相位差,就是电流曲線对电压曲線的相角移,为 $\varphi = \psi_u - \psi_i$ (圖 4)。如果兩個同頻率的正弦波函數有同一初相,那末我們称它們是同相的,如果初相位差等於 $\pm\pi$,那末它們是反相的,如果初相位差是 $\pm\frac{\pi}{2}$,那末我們說它們是正交的。

§ 2. 交流电路裏的物理現象

根据第一册中所給的定义,構成电流路徑的各种裝置底總体,我們称为电路。

电路裏連續的恆定电流^①只能是傳導电流,或者是徙動电流。电

① 就是通常所謂直流——譯者。

介質裏的位移电流不可能是在任何長期內恆定的，因为电介質底位移和極化强度不能無限增長而不破坏电介質底抗电强度。因此在直流电路裏只能包括一些电流能以傳導电流底形态在其中存在的裝置，例如輸电線路底導線、电机底繞阻、电解槽、原电池、蓄电池等等，或者电流能以徙動电流底形态在其中存在的裝置，例如电子管。

交变电流，也就是隨時間变化的电流，也能以位移电流底形态存在於电介質中。因此，在交流电路裏也能有电容器，它底極板是被电介質隔開的。当电容器端極上有交变电压時，在其金屬極板間就会產生交变电場，因而在隔開極板的电介質中就会發生位移电流。在交变电压之下，位移电流不僅發生於电容器中，也就是發生於專門为利用其电容而製造的裝置中，並且也發生於包圍任何交流电路元件的电介質中，因为在这些元件之間存在着交变电压，也就是存在着交变电場。举例說，如果輸电線路底導線間电压是隨時間变化的，則導線間的电介質裏也会發生位移电流。由於这种關係，在線路底不同地方線路導線中的交变电流將是不同的，因为沿整条線路电流將从導線中以位移电流底形态通过电介質分支出來。人們說，線路導線間的關係就像一個电容器那样，它們之間有了电容。上述一切對於交流电路中的任何裝置都是合理的。举例說，当交变电流通过变阻器時就会出现交变电压降，就是說，在变阻器底金屬絲內以及包圍它的电介質內就發生了交变电場。因此，变阻器金屬絲各段之間会有位移电流通过，由於这种關係，在原則上說來变阻器底不同地方会有不同值的电流。人們說，变阻器各段之間有了电容。

如果沿感应線圈有交变电流通过，那末，在線圈各匝內將感应起交变电动势。在線圈端極上以及各匝之間將有交变电压出現，也就是有交变电場出現，这就使線圈各匝間的电介質內出現位移电流。嚴格地說來，在这种情形下沿線圈不同地方也会有不同值的电流。人們說，線圈各匝間有电容存在。

總之，在交變電壓下位移電流和電容是沿整個電路分佈的。

關於電路底電感我們也可說同樣的話。當電流流過電路時，沒有一段電路能免於為磁通所包圍。因此，在交變電流的情況下在每一段電路裏會感應自感電動勢和互感電動勢。人們說，電路底每一段、每一元件都具有電感。不光是線圈有電感，線路底導線、變阻器以及交流電路底任何元件都具有電感。在原則上說來，甚至電容器也有電感，雖然是很微小的電感。

在交變電流底情況下，電磁能量底消耗和轉變成熱能的过程也同樣是在電路底所有元件中進行的。不僅是變阻器，就是感應線圈和輸電線路底導線，以及電路底其他元件，都具有不等於零的電阻，因而當電流流過它們時就會消耗電磁能而分散出熱能。如果線圈有一個鐵磁材料製成的芯子，那末，除了線圈中的能量損耗之外，還有鐵芯裏的磁滯損耗和渦流損耗。在電容器中，在交變電壓之下會有電介質中的損耗。在電子管中，陽極上會發生熱能，因為在電場中取得了加速的電子在陽極上失去了速度。在離子管中，電磁能不僅在電極上，並且在電極間的間隙中也會轉變成熱能。

用某段電路底電阻來說明該段電路中元件在單位電流之下在單位時間內消耗電磁能的本領時，按照上述我們應當肯定，電阻是沿整個電路分佈的。

在電路底個別段中，電磁能不僅會轉變成熱能，還可能轉變成其他形態的能量，例如電磁能在蓄電池充電時就變換成蓄電池中的化學能，在電動機中變換成機械功等等。但是這種變換不一定在電路底所有元件中進行。

電路中發生的力能过程，對於我們來說，當然是有特殊意義的，因為電路主要是為了傳輸和變換能量而創造的。即使建立電路的直接目的不是為了要通過它來傳輸電磁能，而是為了控制或調節某些其他裝置中的过程，那末，即使在此種情況下，這個電路底動作也總是伴隨著

电磁能在其中傳輸和变换的过程。在研究交流电路中的力能过程時，我們必須特別注意，电场和磁场是某一定量的能底携帶者。在交变电流和交变电压下，这两个場是随時間变化的。当場加强時，場中能底貯積量增加了，当場減弱時，这一能量貯積就要減少，轉变成其他形态的能量或返还给在电路中作用的能源。

我們在本書第三册末尾在研究交变电磁場時將要看到，当电路中的电流和电压迅速变化時，一般說來總會發生电磁場及其固有的能量底輻射。但是在普通电路中，在电流和电压底頻率是比較低的情形下，能量輻射是可以忽略不計的。

最後，我們还应当注意一个在第一册中就會指出过的很重要的情况，那就是：交流电路底任何兩點 A 和 B 之間的电压是与決定电压時所选的這兩點間的路徑有關的。的確，我們有：

$$u_{AB} = \int_A^B \mathbf{E} d\mathbf{l}.$$

但是兩個不同的路徑，例如路徑 AmB 和路徑 AnB ，會組成一個閉合迴路 $AmBnA$ ，而存在於所研究的电路附近的交变磁通 Φ ，是与这个迴路交鏈的。变化的磁通 Φ 在迴路 $AmBnA$ 內感生電動勢。因此，

$$\begin{aligned} u_{AmB} - u_{AnB} &= \int_{AmB} \mathbf{E} d\mathbf{l} - \int_{AnB} \mathbf{E} d\mathbf{l} = \int_{AmB} \mathbf{E} d\mathbf{l} + \int_{BnA} \mathbf{E} d\mathbf{l} = \\ &= \oint_{AmBnA} \mathbf{E} d\mathbf{l} = -\frac{d\Phi}{dt} \neq 0, \end{aligned}$$

也就是說，

$$u_{AmB} \neq u_{AnB}.$$

這樣看來，如果是完全嚴格的話，我們就不能在交流底情況下把电路某兩點間的电压，特別是电路端極上的电压，說成是某一完全確定的量，应当說明這一电压是沿兩點間哪一條路徑的。

上述一切都說明交流电路中發生的物理过程是極其複雜的。

§ 3. 应用於交流电路理論中的科学抽象, 其实际意义及应用範圍

交流电路中發生的物理过程,其全部複雜性並不是在一切情形下都需要加予考慮。与此相反,在大多數情形下能容許許多假定,使問題大大簡化,而且並不造成脫离实际情况的顯著偏差。

电場和磁場沿电路均匀分佈的現象只有在比較少的情形下会觀察到,例如在用來傳輸能量的長途輸电線上。更常見的情形是磁場和电場沿电路不均匀地分佈。在电路底某幾段內,例如在电容器內,电場佔着优势,以致与电場有關的現象顯得突出;在电路底另外幾段內,例如在感应綫圈內,磁場佔着优势,因而由於磁場变化而發生的現象就成为主要的現象。

与上述完全相同,电磁能轉成熱能的变換也往往基本上集中在一段或若干段电路中。

拿变阻器作为一个例子來看看。除了电阻 r 之外,它还有一些电容存在於各綫匝之間和一些电感。但是,如果交变电流底頻率不高,或者一般說,电流按任何規律变化得相当慢,那末从各段綫中分支出來的电介質內的位移电流与綫內傳導电流相比,就小得微不足道了。在这种情形下这些位移电流可以忽略不計,这就等於說,变阻器各綫段間的电容 C 算作等於零。与此完全相同的是当电流頻率很低時,或者一般說,当它变化得相当慢時,变阻器中的自感電動势与它底电阻內的电压降相比時就可以略去不計,这就等於把变阻器底电感 L 算作零。換句話說,脫离了現象底真正複雜圖景而加以抽象化,我們可以假定变阻器只具有 $r \neq 0$ 的电阻,而其电感和电容則是 $L=0$ 和 $C=0$ 。应当指出,这样一段电路也可用其电導 $g = \frac{1}{r}$ 來表徵。

我們再拿电容器作为另一个重要的例子來看看。一直到很高的頻率我們可以忽視电容器底电感 L 而僅考慮它底电容 C 。如果在电路裏