

新编建筑电气安装工程实用手册

本书编写组 编

社会科学文献出版社

新编建筑电气安装工程实用手册

本书编写组 编

社会科学文献出版社

目 录

第一篇 电器知识

第一章	电路知识	(1)
第一节	电路中的物理量	(1)
第二节	电路元件及参数	(2)
第三节	电路定律	(8)
第二章	电磁场、磁路知识	(10)
第一节	电场、库仑定律、电场强度	(10)
第二节	磁场、磁感应强度、磁通量与磁链	(10)
第三节	磁动势、磁场强度、磁压	(11)
第四节	材料的磁导率、磁场强度与磁感应强度的关系	(11)
第五节	磁组、磁导及磁路欧姆定律	(12)
第六节	电磁感应定律	(12)
第七节	磁性材料的特性	(13)
第八节	磁路定律及直流磁路的计算	(15)
第三章	线性电路计算方法	(18)
第一节	支路电流法	(18)
第二节	回路电流法	(18)
第三节	节点电位法	(19)
第四节	叠加原理	(20)
第五节	等效电源定理	(20)

第六节	星形网形络和三角形网络的等效互换	(23)
第七节	四端网络(双口网络)	(23)
第四章	正弦效流电路中的物理量及其联系	(26)
第一节	正弦交流电	(26)
第二节	正弦量的表示法	(27)
第三节	纯电阻、纯电感与纯电容的交流电路	(28)
第四节	电阻、电感、电容串联和并联的交流电路	(29)
第五节	功率和功率因数	(31)
第六节	三相正弦交流电路	(32)
第五章	模拟电子电路	(35)
第一节	常用半导体器件原理及参数	(35)
第二节	分立元件放大器原理分析	(46)
第三节	集成运算放大器电路	(77)
第四节	正弦波振荡器	(86)

第二篇 供配电系统

第一章	概述	(93)
第一节	电力系统的电压和频率	(93)
第二节	供电电源及供电方式	(94)
第二章	电力负荷计算及无功补偿	(98)
第一节	电力负荷的分类	(98)
第二节	电力负荷计算	(98)
第三节	无功补偿	(100)
第三章	变压器	(102)
第一节	变压器室的一般要求	(102)
第二节	变压器的选择	(102)
第三节	变压器的安装	(104)
第四节	变压器的交接验收	(106)

第四章	高低压配电装置	(108)
第一节	高压配电室的布置	(108)
第二节	户内高压配电装置	(109)
第三节	低压配电室布置	(109)
第四节	户内低压配电装置的种类	(110)
第五节	配电盘及成套柜的安装	(112)
第五章	低压配电方式及配电线路	(113)
第一节	低压配电方式	(113)
第二节	电缆选择与敷设	(115)
第三节	管内穿线及导线连接	(122)
第四节	封闭式母线密集绝缘母线槽	(124)
第六章	低压电网的接地系统	(137)
第一节	概述	(137)
第二节	几种接地系统的比较	(137)
第三节	TN 接地系统的等电位连接	(141)
第四节	低压电网中漏电保护器的应用	(142)
第五节	低压配电系统接地实施	(146)
第七章	高低压备用电源及自动投入装置	(156)
第一节	自备柴油发电机	(156)
第二节	不间断供电系统	(157)
第三节	备用电源自动投入装置	(160)
第四节	电源互换用电器的选择	(161)
第八章	建筑物防雷及变配电所防雷	(162)
第一节	建筑物防雷	(162)
第二节	工业建筑物和构筑物的防雷规范	(164)
第三节	民用建筑的防雷分类	(168)
第四节	民用建筑物的防雷措施	(169)
第五节	防雷装置	(176)

第六节 电气设备的保护..... (183)

第九章 建筑电气安装质量等级评定 (185)

第一节 线路敷设 (185)

第二节 电气器具、设备 (195)

第三篇 电气照明

第一章 概述 (225)

第一节 名词解释 (225)

第二节 电气照明设计的主要内容步骤..... (228)

第二章 工业企业照明设计 (229)

第一节 名词解释 (229)

第二节 照度标准 (229)

第三节 照明质量 (233)

第四节 光源选择 (238)

第五节 灯具及其附属装置选择 (239)

第六节 照明供电 (239)

第七节 照明节能 (240)

第三章 民用建筑照明设计 (243)

第一节 名词解释 (243)

第二节 照度标准 (244)

第三节 照明质量 (249)

第四节 照明光源和灯具..... (254)

第五节 照度计算 (255)

第六节 照明供电 (256)

第七节 照明节能 (257)

第八节 各类建筑照明设计要求 (258)

第四章 应急照明与障碍照明 (271)

第一节 应急照明 (271)

第二节	障碍照明	(290)
第五章	照明安装与验收	(296)
第一节	照明灯具及其电气装置的安装	(296)
第二节	交接验收	(299)
第三节	工程质量等级评定	(299)
第六章	灯具通用安全条件	(302)
第一节	灯具通用安全要求	(302)
第二节	灯具外壳防护等级分类	(316)

第四篇 电梯

第一章	电梯概论	(319)
第一节	电梯的基本结构	(319)
第二节	电梯的主要性能指标	(320)
第三节	电梯控制系统的组成	(332)
第二章	电梯的电力拖动系统	(334)
第一节	概述	(334)
第二节	直流电梯拖动方式	(336)
第三节	交流双速电梯拖动方式	(347)
第四节	交流调压调速电梯拖动方式	(352)
第五节	变频调速电梯拖动式	(367)
第三章	电梯信号控制系统	(383)
第一节	通电待命	(383)
第二节	选层运行	(387)
第三节	停梯开门	(390)
第四节	急停、急驶、强迫换速停车	(391)
第五节	检修运行	(392)
第六节	一次运行的分析	(393)

第四章 电梯安装与验收..... (395)

第一节 电梯的技术条件..... (395)

第二节 电梯电气装置施工及验收 (396)

第三节 电梯的安装验收..... (403)

第四节 电梯安装的土建及通风要求 (407)

第五节 电梯的供电及保护 (413)

第六节 照明 (414)

第七节 电梯的电气设备安装要求 (415)

第八节 电梯注意事项及操作说明 (417)

第九节 电梯技术档案应包括的内容 (419)

第十节 电梯运行记录 (420)

第十一节 电梯试验方法..... (420)

第十二节 电梯安装工程的质量等级检验评定 (435)

第五篇 建筑物自动化系统

第一章 建筑物自动化..... (443)

第一节 概述 (443)

第二节 系统采用与规划..... (445)

第二章 BA 系统监控总表的编制 (447)

第一节 设计一个 BA 系统..... (447)

第二节 BA 系统的监控中心 (449)

第三节 BA 系统硬件及其状态的规定 (451)

第四节 BA 系统软件中的原则规定 (454)

第三章 系统的服务功能与网络结构及其它 (455)

第一节 系统的服务功能与网络 (455)

第二节 信号传输与数据通信 (457)

第三节 电源 (460)

第四节 线路敷设 (460)

第六篇 防火与报警

第一章	工业建筑防火与报警	(470)
第一节	生产的火灾危险性分类	(470)
第二节	厂房的耐火等级、层数和防火分区	(471)
第三节	厂房的电气设备及消防要求	(471)
第四节	消防电源及配电	(473)
第五节	火灾自动报警和消防控制室	(474)
第二章	民用建筑的防火与报警	(476)
第一节	低层民用建筑的分类和耐火等级	(476)
第二节	高层民用建筑的分类和耐火等级	(478)
第三节	消防电源及配电	(484)
第四节	应急照明和障碍标志灯	(487)
第三章	火灾自动报警系统设计与施工	(492)
第一节	建筑物保护范围	(492)
第二节	报警区域和探测区域的划分	(492)
第三节	系统设计	(493)
第四节	火灾探测器的选择与设置	(495)
第四章	火灾自动报警系统施工与验收	(519)
第一节	施工前的准备	(519)
第二节	系统的调试	(521)
第三节	系统的验收	(522)
第四节	系统的运行	(526)

第七篇 通信、广播、电视

第一章	通信	(531)
第一节	工业企业通信设计	(531)
第二节	民用建筑通信	(555)

第二章 广播 (570)

第一节 工业企业广播 (570)

第二节 公共建筑的有线广播 (571)

第三章 电视

第一节 工业电视系统 (575)

第二节 工业企业共用天线电视系统 (578)

第三节 民用建筑闭路应用电视 (589)

第四节 民用建筑共用天线电视系统 (593)

第四章 综合布线系统 (603)

第一节 名词解释 (603)

第二节 系统示意图 (604)

第三节 系统设计 (604)

第四节 电源及接地防护 (608)

第五节 安装要求 (609)

第一篇 · 电器知识

第一章 电路知识

第一节 电路中的物理量

一、电动势、电位、电压

1. 电动势。非电场的外力把单位正电荷从 a 点移到 b 点所作的功,称为 a、b 两点间的电动势 E。其单位是 V。电动势是标量,它的方向规定为非电场的外力推动正电荷移动的方向,即从低电位到高电位。

2. 电位。在电场中任取任意点 p 作为参考点,单位正电荷在电场力作用下从电场中的 a 点移到参考点 p 时,电场力所作的功称为 a 点的电位 V_a 即

$$V_a = \int_a^p E dl \quad v \quad (1-1-1)$$

在理论研究中常取无穷远点作为电位的参考点;在电力线路中常取大地作为电位的参考点,用符号 $\perp$ 表示;在电子线路中常取公共点作为电位的参考点,用符号 $\perp$ 表示。参考点的电位规定为零。

3. 电压。在电场中单位正电荷在电场力的作用下从 a 点移到 b 点,电场力所作的功称为 a、b 两点间的电压

$$v_{ab} = \int_a^b E d\mathcal{A} = \int_a^p E d\mathcal{A} - \int_p^b E d\mathcal{A} = V_a - V_b \quad V \quad (1-1-2)$$

电压是标量,它的方向规定为从高电位到低电位。

二、电流、电流密度

1. 电流。单位时间内通过某导体截面的电量,称为电流强度,简称电流 i,且

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (1-1-3)$$

对于恒定电流

$$I = \frac{Q}{t} \quad (1-1-4)$$

式中的 t 为时间,单位是 s ; Q 是电量,单位是 C 。

2. 电流密度。在垂直于电流方向的单位面积中所通过的电流,称为电流密度 J 。当电流在载面积 S 中均匀分布时,

$$J = \frac{I}{S} \quad A/m^2 \quad (1-1-5)$$

三、电功、电功率

1. 电功。电量为 Q 的电荷在电场力的作用下,从 a 点移到 b 点,电场力所作的功,称为电功 W ,

$$W = VQ = VIt = I^2 R t \quad J \quad (1-1-6)$$

式中 V 是 a 、 b 两点间的电压,单位是 V ; I 是电流,单位是 A ; t 是时间,单位是 s ; R 是电阻,单位是 Ω 。

$$1J = 1W \cdot s = 277.8 \times 10^{-9} KW \cdot h \quad (1-1-7)$$

2. 电功率。单位时间内电场力所作的功,称为电功率 P ,

$$P = \frac{W}{t} = VI = I^2 R = \frac{V^2}{R} \quad W \quad (1-1-8)$$

第二节 电路元件及参数

一、电阻与电导

1. 电阻。耗能元件。电阻是表征电阻器耗能能力的参数,其单位是 Ω (欧姆)。

物体的电阻 R 与物体的长度 l 成正比,与物体截面积 S 成反比(当电流在截面中均匀分布时),此外还与物体材料有关,即

$$R = \rho \frac{l}{S} \quad \Omega \quad (1-1-9)$$

式中的 ρ 为电阻率。不同的材料有不同的电阻率。其单位是 $\Omega \cdot m$ 。工程上常用 $\Omega \cdot mm^2/m$,或 $\Omega \cdot Cm$ 。

物体的电阻与温度有关。在一般工作温度范围内,导体电阻与温度的关系可以认为是线性的。用下式表示

$$R_2 = R_1 + R_1 a (t_2 - t_1) \quad \Omega \quad (1-1-10)$$

式中的 R_1 温度为 t_1 时导体的电阻; R_2 是温度为 t_2 时导体的电阻; a 是以温度 t_1 为基准时导体的电阻温度系数 $1/^\circ C$ 。

所有金属的电阻都随温度的增加而增大,所以 a 值是正的。而电解液,碳和半导体的电阻却随着温度的增加而减小。所以它们的 a 值是负的。

2. 电导 衡量物体传导电流的能力的物理量,用 g 表示,单位为 S (西门子)或 μS (微欧)它是电阻的倒数,即

$$g = \frac{1}{R} \quad S \text{ 或 } \mu S \quad (1-1-11)$$

3. 电导率。电导率 γ 是电阻率 ρ 的倒数,即

$$\gamma = \frac{1}{\rho} \quad 1/\Omega \cdot m \quad (1-1-12)$$

工程上常用 $m/\Omega mm^2$ 作为电导率的单位。

4. 电阻的串联与关联

几个电阻依次首尾相接,中间没有节点,且不产生分支电路这种连接方式叫串联。其重要特点是有电源作用下,串联电路中的电流是处处相等的。如图 1-1-1 所示三个电阻的串联。

$$R=R_1+R_2+R_3 \quad (1-1-13)$$

由式(1-1-13)表明电阻串联时,总电阻等于这些电阻之和。总电阻 R 就是这些串联电阻的等效电阻。

几个电阻首端、尾端分别连在一起,这种连接方式叫并联(如图 1-1-2)。由于三个(或更多)的电阻联接在两个公共的节点之间,使得各个关联支路电阻上受到同一电压,这是并联电路的一个重要特征。

$$\frac{1}{R}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3} \quad (1-1-14)$$

由式(1-1-14)表明:电阻并联时,总电阻的倒数等于各个电阻的倒数和。同时,总电阻 R,也就是这些并联电阻的等效电阻。

图 1-1-1 电阻的串联

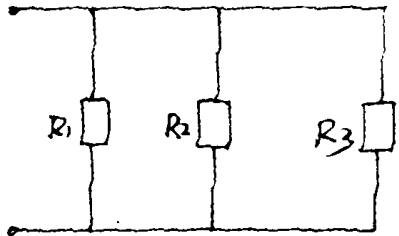


图 1-1-2 电阻的并联

二、电容

在电路中电容器把电能转为电场能,它是储能元件。电容是表征电容器储能能力的参数。

如果在电容的两极板上施加电压 V,则电容被充电,在电容器两极板上分别出现数量相等而符号相反的电荷。电荷 q 与电压 v 的比值,称为电容器的电容 C,即

$$C=\frac{q}{v} \quad F \quad (1-1-15)$$

对于恒定电压

$$C=\frac{Q}{V} \quad F \quad (1-1-16)$$

电容的基本单位为 F(法拉);由于这个单位太大,常用 uF(微法)或 pF(皮法)。皮法又称微微法(uuF) $1\mu F=10^{-6}F$; $1pf=10^{-12}F$

电容器充电后,极板间产生电场,而电场储有能量,即

$$W=\frac{1}{2}CV^2 \quad (1-1-17)$$

所以电容器是由于两端加有电压而储存能量的元件,它的储能与加于元件的电压有关。电容说明电容器容纳电荷,即储存电场能力,它的数值与导体的形状、大小、相互位置有关,也和两导体间绝缘材料的电性能有关。表示绝缘材料电性能的物理量称为介电常数 ϵ ,单位是 F/m。真空介电常数 $\epsilon_0=8.85\times 10^{-12}F/m$ 。某一绝缘材料的介电常数 ϵ 真空介电常数 ϵ_0 之比称为该材料的相对介电常数 ϵ_r ,

$$\epsilon_r=\epsilon/\epsilon_0 \quad (1-1-18)$$

表(1-1-1)列出了几种绝缘材料的 ϵ_r 值。

表 1-1-1 几种绝缘材料的相对介电常数

材料名称	ϵ_r
空气	1.0
电容器油	2.1~2.3
蓖麻油	4.2
白云母	5.4~8.7
聚丙烯薄膜	2.0~2.2

电容的串联与关联。单个电容器可用各种不同的方法互相联接在一起。在各种联连中，都可以求出用来代替电容器联接组的等值电容器的电容。当条件满足：如果等值电容器极板间的电压与加在电容器联接组两端点的电压相等时，那么这等值电容器从电源得到的电荷，应与这电容器联接组从电源得到的电荷相等。

由此可知；当电容器并联时，总电容等于各电容器的电容之和，即

$C=C_1+C_2+C_3$ (1-1-19)

当电容器串联时，总电容的倒数等于各电容器的倒数之和，即

$\frac{1}{C}=\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2}+\frac{1}{C_3}$ (1-1-20)

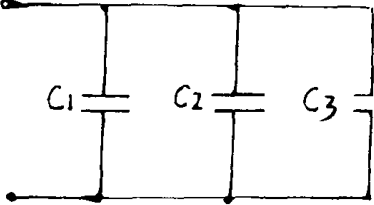


图 1-1-3 电容并联

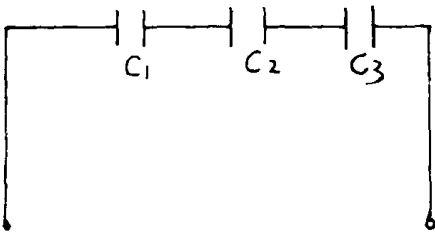


图 1-1-4 电容串联

几种典型结构的电器计算公式：

平板电容器(如图 1-1-5)，两极板间的电容与极板相对面积 S (单位： M^2)成正比；与极板间的距离 d (单位： M)成反比，即

$C=\frac{\epsilon S}{d} \text{ F}$ (1-1-21)

式中 s —极板面积 m^2 d —极板间的距离 m ，球形电容器(如图 1-1-6)，电容计算公式为：

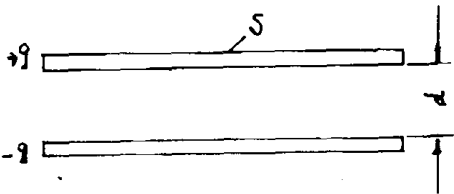


图 1-1-5 平板电容器

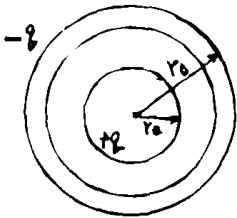


图 1-1-6 环形电容器

$C=\frac{4\pi\epsilon r_a r_b}{r_b-r_a}F$ (1-1-22)

式中： r_a —内球形外表面半径 (单位： m)

r_b 外球内表面半径 (单位： m)

其中，当 $r_b\rightarrow\infty$ 时，则圆形电容器成为半径为 r_a 的孤立导体球的电容，式 1-1-22 可化简为：

$$C = 4\pi\epsilon r_a F \quad (1-1-23)$$

圆柱形电容器(如图 1-1-17),由容计算公式为:

$$C = \frac{2\pi\epsilon e}{\ln r_b / r_a} F \quad (1-1-24)$$

式中 e —圆柱形电容器的长度(单位:m)

r_a —内柱外表面的半径(单位:m)

r_b —外柱内表面的半径(单位:m)

两输电线间的电容(地面影响忽略不计),其电容计算公式为:

$$C = \frac{\pi E e}{L_n \left[\frac{h}{a} + \sqrt{\left(\frac{h}{a} \right)^2 - 1} \right]} \quad (1-1-25)$$

式中 l —输电线长度 (单位:m)

zh —导线轴线间的距离 (单位:m)

a —导线的半径 (单位:m)

如 $a \ll h$, 则

$$C = \frac{2\pi\epsilon e}{\ln(2h/a)} F \quad (1-1-26)$$

单根架空输电线的电容 电容计算公式为:

$$C = \frac{2\pi\epsilon l}{L_n \left(\frac{h}{a} + \sqrt{\left(\frac{h}{a} \right)^2 - 1} \right)} F \quad (1-1-27)$$

式中 h —导线轴线与地而的距离 (单位:m)

a —导线的半径 (单位:m)

l —输电线长度 (单位:m)

如 $a \gg h$, 则

$$C = \frac{2\pi\epsilon l}{L_n \left(\frac{zh}{a} \right)} F \quad (1-1-28)$$

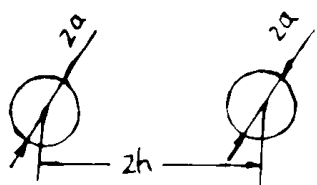


图 1-1-8 两输电线间的电容



图 1-1-9 单根架空输电线的电容

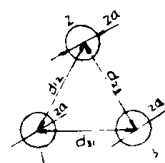


图 1-1-10 三根输电线间的电容

$$\text{每相的电容 } C_\phi = \frac{2\pi\epsilon l}{L_n \left(\frac{d}{a} \right)} F \quad (1-1-29)$$

式中 $d = \sqrt{d_{12}d_{23}d_{31}}$ 是导线轴线间距离的几何平均值 (单位:m)

三、电感。

在电路中电感器把电能转变为磁场能,它是储能元件。电感是表征电感器储存磁场能能力

的参数。电感包括自感和互感,有时自感也称为电感。

自感 载流线圈的磁链 ψ_m 与所通过的电流 i 的比值,称为自感系数 L ,简称自感

$$L = \frac{\psi_m}{i} \quad \text{H} \quad (1-1-30)$$

当线圈通有电流 I 时,其中的磁场储有能量

$$W_m = 1/2 LI^2 \quad \text{J} \quad (1-1-31)$$

所以电感线圈是由于电流的流通而储存能量的元件,它的储能与通过元件的电流有关。自感说明一个线圈产生磁链,即储存磁能的能力,它的大小与线圈匝数平方成正比,与线圈的几何尺寸、形状及物质的磁导率有关。

对于空心线圈, ψ_m 与 i 不成正比, L 是常量。而铁芯线圈 ψ_m 与 i 不成正比 L 是随之而变的一个变量。

几种自感的计算公式。

圆截面直导线段的自感(如图 1-1-11)电感计算公式为:

$$L = \frac{\mu_0 L}{2\pi} (\ln \frac{2L}{r_0} - 0.75) \quad (1-1-38)$$

其中: $r_0 \ll L$

矩形线圈的自感(如图 1-1-12),电感计算公式为:

$$L = \frac{\mu_0}{\pi} [a \ln \frac{2ab}{r_0(a+b)} + b \ln \frac{2ab}{r_0(a+b)} - 2(a+b-d)] + \frac{\mu_0}{\pi} (\frac{a+b}{4}) \quad (1-1-39)$$

其中: r_0 为圆形导线半径 $d = \sqrt{a^2 + b^2}$

$r_0 \ll a$

$r_0 \ll b$

圆环的自感(如图 1-1-13),电感计算公式:

$$L = \mu_0 R (L_n \frac{8R}{a} - 1.75) \quad (1-1-40)$$

其中: a 为圆环载面的半径 $a \ll R$

长螺管线圈的自感(如图 1-1-14),电感计算公式:

$$L \approx \frac{\mu_0 N^2 R}{l} \quad (1-1-41)$$

其中: $l/R > 40$

短螺管线圈的自感(如图 1-1-15),电感计算公式:

$$L \approx \frac{6.4 \mu_0 N^2 D^2}{3.5D + 8L} \cdot \frac{D - 2.25d}{D} \quad (1-1-42)$$

其中: N 为匝数

同轴电缆的电感(如图 1-1-16)计算公式:

$$L = \frac{\mu_0 L}{2\pi} (\frac{i}{4} + \ln \frac{r_2}{r_1}) \quad (1-1-42)$$

其中: l 为电缆长度;电缆外导层导体厚度忽略不计

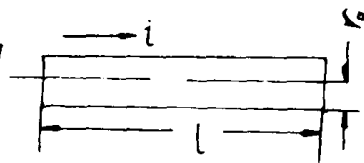


图 1-1-11 圆截面直导线段的自感

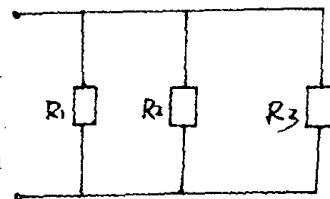


图 1-1-12 矩形线圈的自感

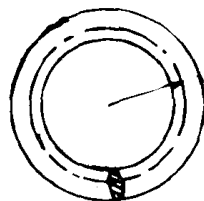


图 1-1-13 圆环的自感

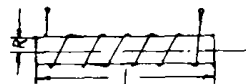


图 1-1-14 螺管线圈的自感

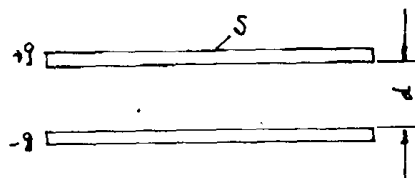


图 1-1-15 短螺管线圈的自感

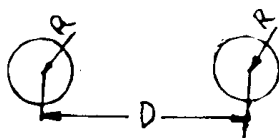
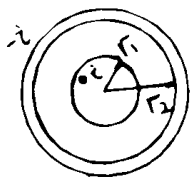


图 1-1-16 图 1-1-17 两线制输电线的电感

两线制输电线的电感(如图 1-1-17)计算公式:

$$L = \frac{\mu_0 l}{\pi} \left(l_n \frac{D}{R} + \frac{1}{4} \right) \quad (1-1-43)$$

其中: ρ 为输电线的长度; $R \ll D, D \ll l$

三线制输电线的电感(如图 1-1-18)计算公式:

三线间距离不等时,一相等效电感

$$L_\varphi = \frac{\mu_0 l}{2\pi} \left(l_n \frac{D'}{R} + \frac{1}{4} \right) \quad (1-1-44 a)$$

其中: i 为输电线长度 $D' = \sqrt[3]{D_{AB}D_{BC}D_{CA}}$, $R \ll D, D \ll l$ 。三相输电线每隔相等距离换位。

三线间距离相等时,一相等效电感

$$L_\psi = \frac{\mu_0 l}{2\pi} \left(l_n \frac{D}{R} + \frac{1}{4} \right) \quad (1-1-44 b)$$

其中: i 为输电线长度 $D = D_{AB} = D_{BC} = D_{CA}$, $R \ll D, D \ll l$

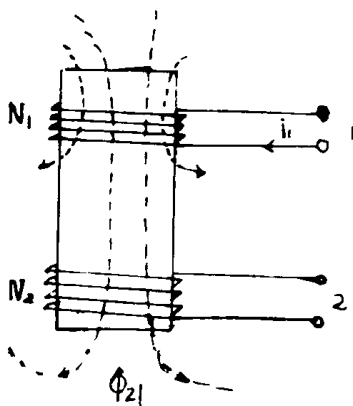
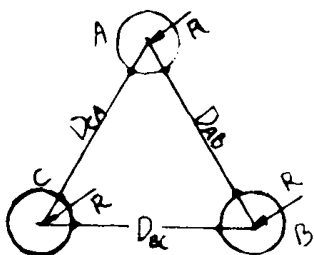


图 1-1-18 两线制输电线的电感 图互感 1-1-19

互感 如图 1-1-19 所示,在磁通量与电流成正比的情况下,线圈 1 中的电流 i_1 所产生的与线圈 2 环链的磁链 ψ_{21} 成正比于 i_1 , ψ_{21} 与 i_1 的比值 M_{21} 称为线圈 1 对线圈 2 的互感系数,简称互感,即

$$M_{21} = \frac{\psi_{21}}{i_1} \quad \text{H} \quad (1-1-32)$$

同样,线圈 2 对线圈 1 的互感系数 M_{12} 为

$$M_{12} = \frac{\psi_{12}}{i_2} \quad \text{H} \quad (1-1-33)$$

而且 $M_{12} = M_{21} = M \quad \text{H} \quad (1-1-34)$

互感有正、负值,当两个电流从同名端流入时为正;一个从同名端流入,一个从非同名端流入为负。互感系数与线圈匝数 N_1 和 N_2 的乘积成正比,并与两个线圈的形状、大小、相互位置