



浓缩电工技能与技巧之**精华**
展示电工知识与经验之**宝典**

全程图解

电工实用技能

● 王兰君 张景皓 黄海平 编著

 人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS



全程图解

电工实用技能

◆ 王兰君 张景皓 黄海平 编著

人民邮电出版社
北京

图书在版编目(CIP)数据

全程图解电工实用技能 / 王兰君, 张景皓, 黄海平
编著. — 北京: 人民邮电出版社, 2010. 4
ISBN 978-7-115-22119-3

I. ①全… II. ①王… ②张… ③黄… III. ①电工技
术—图解 IV. ①TM-64

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第002758号

内 容 提 要

本书采用大量的实际操作示意图, 以通俗易懂的语言介绍了电工基本知识和基本技能。内容包括: 电工基础知识、电子技术基础知识、电工常用工具与测量仪表、电工基本操作技能、常用低压电器、照明电器安装与内线施工、电工计量仪表安装与线路、电缆与外线工程、电动机应用及维修、变频器与软启动器、电工常用控制线路、电工经验与技巧线路、变压器以及安全用电等。

本书内容丰富, 形式新颖, 实用性和操作性强, 可供广大城乡电工, 尤其是初学电工的技术人员阅读, 同时也可供职业技术学院相关专业师生以及下岗职工、再就业培训人员阅读参考。

全程图解电工实用技能

-
- ◆ 编 著 王兰君 张景皓 黄海平
责任编辑 申 苹
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街14号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京昌平百善印刷厂印刷
 - ◆ 开本: 850×1168 1/32
印张: 11.625
字数: 315千字
印数: 1—4 000册
- 2010年4月第1版
2010年4月北京第1次印刷

ISBN 978-7-115-22119-3

定价: 29.00元

读者服务热线: (010)67129264 印装质量热线: (010)67129223

反盗版热线: (010)67171154

前 言

随着我国经济的发展，电气化程度日益提高，社会上从事电气工作的人员迅速增加。为了满足初学电工技术的人员和想进一步提高技能的职场电工人员的要求，我们精心编写了本书。

本书最大的特点是以现场实景示教，用大量的图片配以简明扼要的文字说明，演示现场操作方法，使读者在直观、轻松的阅读中快速掌握电工技术，提高电工技能。同时，本书还特别注重技能的培训，力求使读者阅读后，能很快应用到实际工作当中，从而达到花最少的时间、学最实用的技术的目的。

本书可供广大城乡电工、职业技术学院相关专业师生以及下岗职工、再就业培训人员阅读参考。

参加本书编写的人员还有王文婷、黄鑫、张玉娟、张钧皓、鲁娜、张学洞、刘东菊、张永其、凌玉泉、刘守真、高惠瑾、朱雷雷、谭亚林、刘彦爱、贾贵超、凌珍泉等，在此一并表示感谢。

由于编者水平有限，书中难免有错误和不当之处，敬请广大读者批评指正。

编 者

目 录

| | |
|-------------------|----|
| 第 1 章 电工基础知识 | 1 |
| 1.1 电的基础知识 | 1 |
| 1.2 电量的要素——电压与电流 | 2 |
| 1.3 电阻与电容 | 2 |
| 1.4 欧姆定律与直流电路基本知识 | 4 |
| 1.5 电磁与左、右手定则 | 5 |
| 1.6 交流电的产生与三相交流电 | 7 |
| 第 2 章 电子技术基础知识 | 12 |
| 2.1 电阻器的识别 | 12 |
| 2.2 电容器的识别 | 14 |
| 2.3 集成电路的识别 | 16 |
| 2.4 晶体二极管与三极管的识别 | 16 |
| 2.5 二极管及其应用 | 17 |
| 2.6 整流电路 | 20 |
| 2.7 滤波电路 | 22 |
| 2.8 三极管及其应用 | 23 |
| 2.9 三极管放大电路 | 27 |
| 2.10 电子技术实训 | 31 |
| 第 3 章 电工常用工具与测量仪表 | 33 |
| 3.1 电工必备工具 | 33 |
| 3.2 电工常用工具 | 38 |
| 3.3 电工架杆工具 | 53 |
| 3.4 电工常用焊接工具 | 57 |
| 3.5 电工常用测量工具 | 60 |
| 3.6 电工常用仪表 | 63 |
| 第 4 章 电工基本操作技能 | 73 |

| | | |
|------------|---------------|-----------|
| 4.1 | 导线绝缘层的剥削 | 73 |
| 4.2 | 导线的连接 | 76 |
| 4.3 | 导线的封端 | 84 |
| 4.4 | 导线绝缘层的恢复 | 85 |
| 4.5 | 电气设备固定件的埋设 | 87 |
| 4.6 | 导线在绝缘子上的固定 | 90 |
| 4.7 | 电工常用绳扣 | 94 |
| 第5章 | 常用低压电器 | 99 |
| 5.1 | 熔断器 | 99 |
| 5.2 | 熔断管 | 100 |
| 5.3 | 保险片与熔丝 | 100 |
| 5.4 | 断路器 | 101 |
| 5.5 | 漏电断路器 | 102 |
| 5.6 | 交流接触器 | 103 |
| 5.7 | 热继电器 | 104 |
| 5.8 | 中间继电器 | 105 |
| 5.9 | 时间继电器 | 106 |
| 5.10 | 计数继电器 | 107 |
| 5.11 | 电压继电器 | 108 |
| 5.12 | 过电流继电器 | 109 |
| 5.13 | 瓷底胶盖开关 | 110 |
| 5.14 | 开启式刀开关 | 111 |
| 5.15 | 熔断器式刀开关 | 112 |
| 5.16 | 铁壳开关与转换开关 | 113 |
| 5.17 | 组合开关 | 113 |
| 5.18 | 万能转换开关 | 114 |
| 5.19 | 行程开关 | 114 |
| 5.20 | 按钮开关 | 115 |
| 5.21 | 凸轮控制器 | 116 |
| 5.22 | 照明开关 | 117 |
| 5.23 | 控制变压器 | 118 |

| | | |
|-------------------------|--------------------|------------|
| 5.24 | 接触调压器 | 119 |
| 5.25 | 电力电容器 | 120 |
| 5.26 | 电机调速控制器 | 121 |
| 5.27 | 电动机启动器 | 122 |
| 5.28 | 避雷器 | 123 |
| 5.29 | 低压配电柜 | 123 |
| 第6章 照明电器的安装与内线施工 | | 125 |
| 6.1 | 白炽灯的安装 | 125 |
| 6.2 | 日光灯的安装 | 132 |
| 6.3 | 高压水银荧光灯和其他气体放电灯的安装 | 137 |
| 6.4 | 开关、插座、插头的安装 | 139 |
| 6.5 | 闸刀开关和照明配电箱的安装 | 147 |
| 6.6 | 瓷夹板配线 | 151 |
| 6.7 | 护套线配线 | 153 |
| 6.8 | 槽板配线 | 155 |
| 6.9 | 瓷瓶配线 | 158 |
| 6.10 | 管道配线 | 161 |
| 6.11 | 有线电视连接与卫星接收 | 168 |
| 6.12 | 电话线与宽带网 | 173 |
| 第7章 电工计量仪表安装与线路 | | 177 |
| 7.1 | 电度表的外形、原理及规格 | 177 |
| 7.2 | 单相电度表的接线与应用 | 179 |
| 7.3 | 单相电度表的安装 | 180 |
| 7.4 | 三相电度表的应用及安装 | 181 |
| 7.5 | 电度表、功率表和功率因数表的实用线路 | 183 |
| 第8章 电缆与外线工程 | | 188 |
| 8.1 | 电缆直接埋地敷设 | 188 |
| 8.2 | 电缆沟内敷设 | 191 |
| 8.3 | 电缆排管敷设 | 194 |
| 8.4 | 电缆明敷 | 195 |
| 8.5 | 电缆接头的制作 | 197 |

| | | |
|-------------|-----------------|------------|
| 8.6 | 低压架空线路的安装 | 204 |
| 8.7 | 接户线 | 208 |
| 8.8 | 进户线 | 210 |
| 第9章 | 电动机应用及维修 | 212 |
| 9.1 | 电动机的应用 | 212 |
| 9.2 | 电动机的安装 | 214 |
| 9.3 | 电动机的接线 | 218 |
| 9.4 | 电动机运行中的监视与维护 | 224 |
| 9.5 | 电动机故障检查方法 | 226 |
| 9.6 | 电动机的拆卸与装配 | 229 |
| 9.7 | 电动机轴承的检修与安装 | 232 |
| 9.8 | 电动机内部故障查找方法 | 235 |
| 9.9 | 电动机的检修经验交流 | 236 |
| 9.10 | 电动机线头的焊接 | 242 |
| 9.11 | 电动机的烘干方法 | 245 |
| 第10章 | 变频器与软启动器 | 248 |
| 10.1 | 变频器的安装和使用 | 248 |
| 10.2 | 变频器的电气控制线路 | 250 |
| 10.3 | 变频器的实际应用线路 | 255 |
| 10.4 | 变频器检修实例 | 258 |
| 10.5 | 软启动器的特点 | 263 |
| 10.6 | 软启动器的电气控制线路 | 264 |
| 10.7 | 软启动器的实际应用线路 | 266 |
| 10.8 | 软启动器检修实例 | 267 |
| 第11章 | 电工常用控制线路 | 270 |
| 11.1 | 电动机正转控制线路 | 270 |
| 11.2 | 电动机正反转控制线路 | 272 |
| 11.3 | 电动机特殊要求控制线路 | 274 |
| 11.4 | 电动机减压启动控制线路 | 277 |
| 11.5 | 电动机制动控制线路 | 281 |
| 11.6 | 电动机保护控制线路 | 283 |

| | | |
|---------------|------------------|------------|
| 11.7 | 其他控制线路 | 285 |
| 第 12 章 | 电工经验与技巧线路 | 292 |
| 12.1 | 应急和节电线路 | 292 |
| 12.2 | 巧用线路 | 296 |
| 12.3 | 经验线路 | 302 |
| 第 13 章 | 变压器 | 306 |
| 13.1 | 变压器的工作原理 | 306 |
| 13.2 | 三相变压器的接线 | 308 |
| 13.3 | 变压器的结构及型号 | 308 |
| 13.4 | 变压器的安装 | 311 |
| 13.5 | 小型变压器的设计与制作 | 313 |
| 13.6 | 变压器运行中的检查 | 317 |
| 13.7 | 变电与配电 | 320 |
| 第 14 章 | 安全用电 | 322 |
| 14.1 | 触电的几种情况 | 322 |
| 14.2 | 安全用电注意事项 | 323 |
| 14.3 | 电工常用安全工具 | 325 |
| 14.4 | 接地和接零 | 327 |
| 14.5 | 接地的分类 | 330 |
| 14.6 | 接地装置和接零装置的安全要求 | 331 |
| 14.7 | 采用保护接零时的注意事项 | 332 |
| 14.8 | 接地装置的安装 | 334 |
| 14.9 | 电气设备接地或接零实例 | 337 |
| 14.10 | 防雷装置的安装与防雷保护 | 340 |
| 14.11 | 漏电保护器的应用及安装接线 | 348 |
| 14.12 | 使触电者脱离电源的几种方法 | 352 |
| 14.13 | 现场救护的具体步骤和处理措施 | 353 |
| 14.14 | 触电急救方法 | 353 |
| 14.15 | 灭火器的使用 | 356 |
| 14.16 | 常用安全标志牌 | 357 |

第 1 章 电工基础知识

1.1 电的基础知识

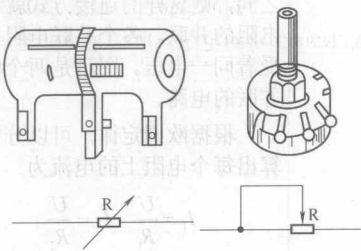
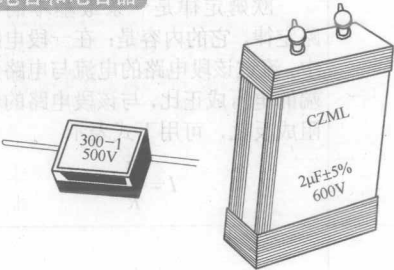

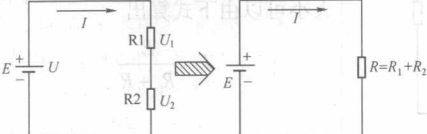
| 图 示 | 说 明 |
|--|---|
| <p>电荷的产生</p> <p>原子核</p> <p>自由电子</p> <p>原子</p> <p>(a)</p> <p>正负电相等的状态(中性)</p> <p>自由电子从原子中逃失的状态(原子带正电)</p> <p>(b)</p> <p>自由电子进入原子的状态(原子带负电)</p> | <p>构成一切物质的基础是原子，而原子是由原子核及围绕原子核旋转的电子组成的。原子核带正电荷。环绕原子核旋转的电子带负电荷。最外层轨道上的电子受核的吸引力比较弱，就很容易脱离原子核的束缚，跑到轨道外面去，成为“自由电子”。这些自由电子在原子间穿来穿去做着紊乱的没有规则的运动，如图 (a) 所示。</p> <p>原子失去了最外层电子后，它的电中性就破坏了，这个原子就带正电，称为正离子。飞出轨道的电子也可能被另外的原子所吸引，这个吸收了额外电子的原子就带负电，称为负离子，如图 (b) 所示。原来处于中性状态的原子，由于失去电子或额外地获得电子变成带电离子的过程，叫做电离。</p> |
| <p>摩擦起电</p> <p>胶木棒</p> <p>(a)</p> <p>玻璃棒</p> <p>胶木棒</p> <p>(b)</p> | <p>玻璃、宝石和丝绸摩擦后，在玻璃、宝石上呈现的电叫正电；而胶木、琥珀和毛皮摩擦后呈现在胶木、琥珀上的电称为负电。带有正电的物体能把另外一种带有正电的物体推开，如图 (a) 所示；相反，它又能吸引带负电的物体，如图 (b) 所示。</p> |


1.2 电量的要素——电压与电流

| 图 示 | 说 明 |
|------------------|---|
| <p>电压</p> | <p>在电路中，任意两点之间的电位差，称为该两点间的电压。所谓某点的电压，就是指该点与参考点之间的电位差。一般来讲，在电力工程中，规定以大地作为参考点，认为大地的电位等于零。如果没有特别说明的话，所谓某点的电压，就是指该点与大地之间的电压。电压用字母 U 来表示，其单位是伏特，用符号“V”来表示</p> |
| <p>电流</p> | <p>金属中含有大量的自由电子，当我们把金属导体和一个电池接成闭合回路时，导体中的自由电子（负电荷）就会受到电池负极的排斥和正极的吸引，驱使它们朝着电池正极运动。自由电子的这种有规则的运动，形成了金属导体中的电流。习惯上人们都把正电荷移动的方向定为电流的方向，它与电子移动的方向相反</p> |

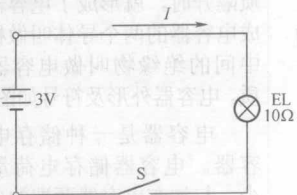
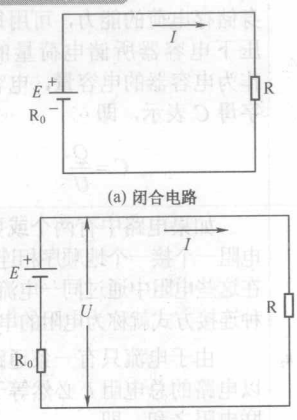
1.3 电阻与电容

| 图 示 | 说 明 |
|------------------|--|
| <p>电阻</p> | <p>自由电子在导体中沿一定方向流动时，不可避免地会遇到阻力，这种阻力是自由电子与导体中的原子发生碰撞而产生的。导体中存在的这种阻碍电流通过的阻力叫电阻，电阻用符号 R 或 r 表示。</p> <p>电阻的基本单位是欧姆，用希腊字母“Ω”来表示。如</p> |

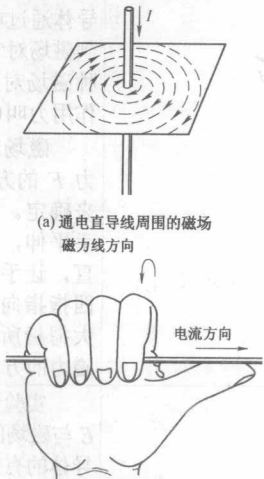
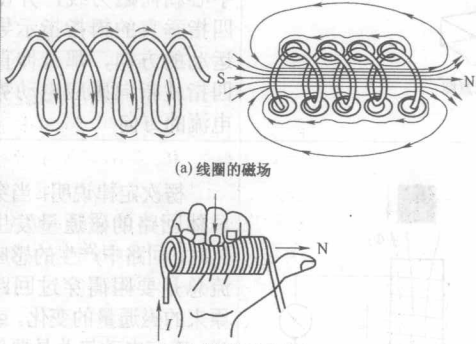
| 图 示 | 说 明 |
|--|--|
|  <p style="text-align: center;">(b)</p> | <p>如果在电路两端所加的电压是1伏特(V), 流过这段电路的电流恰好是1安培(A), 那么这段电阻就定为1欧姆(Ω)。</p> <p>物体电阻的大小与制成物体的材料、几何尺寸和温度有关。一般导线的电阻可由以下公式求得</p> $R = \rho \frac{l}{S}$ <p>式中: l 为导线长度(m); S 为导线的横截面积(mm^2); ρ 为电阻系数, 也叫电阻率, 单位为 $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$</p> |
| <p>电容和电容器</p>   <p style="display: flex; justify-content: space-around;"> 固定电容器 可变电容器 半可变电容器 </p> | <p>当两个导体的中间用绝缘物质隔开时, 就形成了电容器。组成电容器的两个导体叫做极板, 中间的绝缘物叫做电容器的介质。电容器外形及符号如图所示。</p> <p>电容器是一种储存电荷的容器。电容器储存电荷量的多少, 与加在电容器两端的电压成正比。为了比较和衡量电容器本身储存电荷的能力, 可用每伏电压下电容器所储电荷量的多少作为电容器的电容量, 电容量用字母 C 表示, 即</p> $C = \frac{Q}{U}$ |
| <p>电阻的串联</p>  | <p>如果电路中有两个或更多个电阻一个接一个地顺序相连, 并且在这些电阻中通过同一电流, 则这种连接方式就称为电阻的串联。</p> <p>由于电流只有一条通路, 所以电路的总电阻 R 必然等于各串联电阻之和, 即</p> $R = R_1 + R_2$ |

| 图 示 | 说 明 |
|---|--|
| <p>电阻的并联</p>  | <p>如果电路中有两个或更多个电阻连接在两个公共的节点之间,则这样的连接方式就称为电阻的并联。各个并联电阻上承受着同一电压。图示是两个电阻并联的电路。</p> <p>根据欧姆定律,可以分别计算出每个电阻上的电流为</p> $I_1 = \frac{U}{R_1} \quad I_2 = \frac{U}{R_2}$ |

1.4 欧姆定律与直流电路基本知识

| 图 示 | 说 明 |
|---|--|
| <p>欧姆定律</p>  | <p>欧姆定律是一条最基本的电路定律,它的内容是:在一段电路中,流过该段电路的电流与电路两端的电压成正比,与该段电路的电阻成反比,可用下式表示</p> $I = \frac{U}{R}$ |
| <p>全电路欧姆定律</p>  <p>(a) 闭合电路</p> <p>(b) 电源的内阻</p> | <p>图(a)是一个由电源、负载和连接导线组成的闭合电路。实际上,任何电源自身都是具有一定电阻的,电源自身的电阻叫电源内阻,用符号 R_0 表示。为了分析方便,可以把电源等效为恒定电动势 E 和内阻 R_0 的串联支路,如图(b)所示。在这个闭合电路中,电流的大小可以由下式算出</p> $I = \frac{E}{R_0 + R}$ |

1.5 电磁与左、右手定则

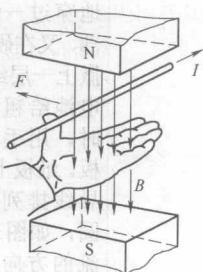
| | 图 示 | 说 明 |
|-----------------------|---|--|
| 通 电 直 导 线 | <p style="text-align: center;">电流的磁效应（右手螺旋定则）</p>  <p style="text-align: center;">(a) 通电直导线周围的磁场 磁力线方向</p> <p style="text-align: center;">(b) 右手螺旋定则示意图</p> | <p>把一根粗铜线垂直地穿过一块硬纸板的中部，又在硬纸板上均匀地撒上一层细铁粉。当用蓄电池给粗铜线通上电流时，用手轻轻地敲击纸板，纸板上的铁粉就围绕导线排列成一个个同心圆，如图 (a) 所示。电流的方向与磁力线的方向可用右手螺旋定则来判定，如图 (b) 所示。把右手的大拇指伸直，四指围绕导线，当大拇指指向电流方向时，其余四指所指的方向就是环状磁力线的方向</p> |
| 通 电 线 圈 | <p style="text-align: center;">电流的磁效应（右手螺旋定则）</p>  <p style="text-align: center;">(a) 线圈的磁场</p> <p style="text-align: center;">(b) 安培定则示意图</p> | <p>许多电气设备（如变压器、电动机、交流接触器）都使用着用导线绕成的线圈。当线圈通入电流时，将会有磁力线穿过线圈，就如同条形磁铁一样，磁力线从线圈穿出的一端是北极（N 极），磁力线穿入的一端为南极（S 极），如图 (a) 所示。</p> <p>通电线圈的磁场方向可以用线圈的右手螺旋定则（也称安培定则）来确定：右手握住线圈，使弯曲的四指的指向与线圈中电流的方向一致，则与四指垂直的大拇指所指的方向就是穿过线圈的磁力线的方向，如图 (b) 所示</p> |

续表

图 示

说 明

电磁力与磁感应强度 (左手定则)

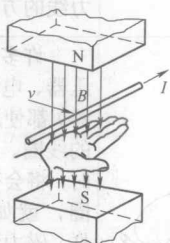


左手定则示意图

取长度为 l 的直导体放入磁场中, 使导体的方向与磁场的方向垂直。当导体通过电流 I 时, 就会受到磁场对它的作用力 F , 这种磁场对通电导体产生的作用力叫电磁力。

磁场对通电导体作用力 F 的方向可用左手定则来确定。如图所示, 将左手平伸, 大拇指和四指垂直, 让手心朝向磁力线, 四指指向电流的方向, 则大拇指所指的方向就是电磁力的方向

电磁感应 (右手定则)



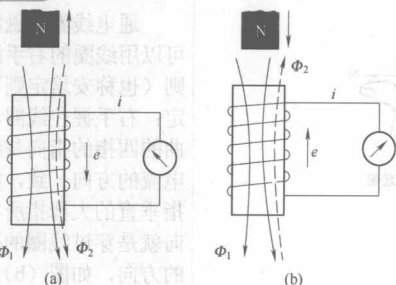
右手定则示意图

实验证明, 感应电动势 E 与磁场的磁感应强度 B 、导体的有效长度 l 以及导线的运动速度 v 成正比, 即

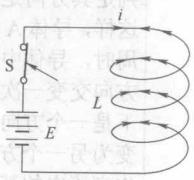
$$E = Blv$$

直导体中感应电动势的方向可用右手定则来判断。如图所示, 右手平伸, 手心朝向磁力线, 并使与四指垂直的拇指指示导线运动的方向, 那么伸直的的四指就指向感应电动势和电流的方向

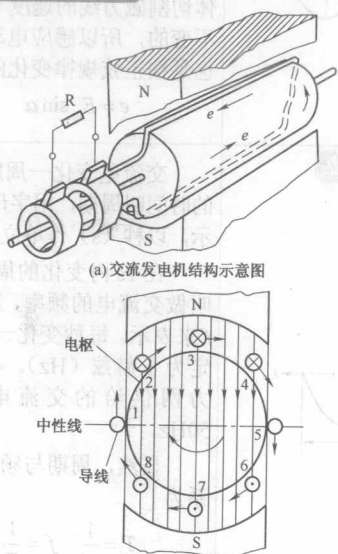
楞次定律



楞次定律说明: 当穿过导体回路的磁通量发生变化时, 回路中产生的感应电流总是要阻碍穿过回路的原来的磁通量的变化。或者说, 感应电动势总是要使它推动的感应电流反对产生这个感应电动势的原因

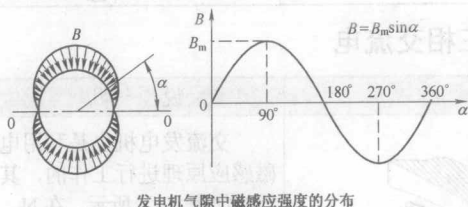
| 图 示 | 说 明 |
|--|---|
| <p data-bbox="129 169 264 200">线圈与电感</p>  <p data-bbox="284 515 445 546">线圈中的自感电动势</p> | <p data-bbox="631 169 927 592">当线圈中通过电流的时候,就会有磁通穿过线圈。当线圈中电流发生变化或接通与断开线圈回路时,穿过线圈的磁通量也随之发生变化。根据法拉第电磁感应定律,穿过线圈的磁通发生变化时,线圈中就会产生感应电动势。这种由于线圈自身电流变化,在线圈自身引起感应电动势的现象,称为自感应。由自感应产生的电动势叫自感电动势,用符号 e_L 表示</p> $e_L = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$ |

1.6 交流电的产生与三相交流电

| 图 示 | 说 明 |
|---|--|
| <p data-bbox="119 777 326 808">交流电的工作原理</p>  <p data-bbox="269 1070 461 1101">(a) 交流发电机结构示意图</p> <p data-bbox="310 1378 440 1409">(b) 交流电的产生</p> | <p data-bbox="621 785 922 1108">交流发电机也是利用电磁感应原理进行工作的,其结构如图(a)所示。在N、S两个磁极之间有一个装在轴上的圆柱形铁芯,它可以在磁极之间转动,称为转子。转子铁芯槽内嵌放着线圈(图中只画出了其中的一匝)。为了便于研究,我们把图(a)简化成图(b)的形式</p> <p data-bbox="621 1116 922 1409">设转子以均匀的角速度 ω 顺时针方向旋转,则导体A也随转子一起旋转。导体转到位置1时,切割不到磁力线,导体中不产生感应电动势。转到位置2时,将因切割磁力线产生感应电动势,用右手定则可以判定其方向是由外向里的。转到位置5</p> |

| 图 示 | 说 明 |
|-------------------|--|
| <p>(b) 交流电的产生</p> | <p>时, 不切割磁力线, 没有感应电动势产生。转到位置 6 时又将切割磁力线而产生感应电动势, 用右手定则可以判定其方向是从里向外的。这样, 导体 A 随转子旋转一周时, 导体中感应电动势的方向交变一次, 即转到 N 极下是一个方向, 转到 S 极下变为另一个方向, 这就是产生交流电的基本原理</p> |

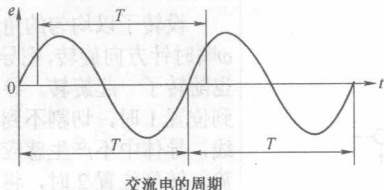
正弦波交流电



在制造发电机时, 把磁极的极面做成特定的形状, 使转子和定子间的空隙中的磁感应强度 B 按正弦规律分布, 磁感应强度 B 随 α 角变化的规律示意如图所示。由于发电机线圈导体长度 l 、导体切割磁力线的速度 v 都是不变的, 所以感应电动势 e 也是按正弦规律变化的, 即

$$e = E_m \sin \alpha$$

正弦波交流电的周期、频率和角频率



交流电变化一周所需用的时间叫周期, 用字母 T 表示, 以秒 (s) 作单位。
 在 1s 内变化的周期数, 叫做交流电的频率, 用字母 f 来表示。每秒变化一周期, 定为 1 赫兹 (Hz)。我国电网供给的交流电都是 50Hz。
 显然, 周期与频率的关系为

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