

实践电工手册

DIANGONG SHOUCHE
Shijian

朱建德 主编
潘品英

机械工业出版社

72
Z15

实 践 电 工 手 册

朱建德 潘品英 主编



机械工业出版社

本手册是以实践内容为主、少数参考图表为辅的新模式《电工手册》。它的取材是从实践素材中遴选出具有普遍意义的理性概念和应知应会知识，以及施工心得、维修经验、事故教训、技术革新、电气测试、新材料、新工艺、安全用电等具体问题，经筛选归纳分为16章80小节847个参考命题。文字采用摘记体裁，平铺直叙、通俗易懂，把实践中的感性知识和理性知识有机地结合，有利于加深对事物本质和现象的认识，从而能丰富、提高实际工作中的技术理论基础。

本手册适于各行业的初、中级电工自学进修参考；也适于大中专院校电工专业或培训班师生作为实习教学参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

实践电工手册/朱建德，潘品英主编. —北京：机械工业出版社，1998.12

ISBN 7-111-06594-8

I. 实… II. ①朱…②潘… III. 电工技术-手册 IV. TM-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 20589 号

出版人：马九荣（北京市百万庄大街22号 邮政编码100037）
责任编辑：李振标 版式设计：冉晓华 责任校对：申春香
封面设计：姚毅 责任印制：王国光

三河市宏达印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

1998年12月第1版·第1次印刷

850mm×1168mm^{1/32}·29印张·2插页·1091千字

0 001—5000册

定价：52.00元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

前 言

1951年拙编《实用电工手册》的问世，无疑是新中国第一本《电工手册》。鉴于建国伊始的客观形势需要，又蒙有关政府部门的厚爱、推荐，乃受到全国各地有关单位、厂矿与电工读者们的热烈欢迎，陆续印行了八版仍供不应求。为了进一步丰富书中的内容，以答谢广大读者的热忱关注与建议修订的愿望，在1956年重新拙编出版了新编本《实用电工手册》，又先后重印了十余次，到“文革”前停版。80年代，全国各地相继出版了各种版本的《电工手册》达10余种之多，综观内容简详不一，各有重点特色。但万变不离其宗，基本上均以参考数据与附图为主，文字为辅的教材模式，个别还超出手册的范畴。有鉴于斯，乃自1985年开始酝酿另编一本新电工手册的设想。

温故知新，感觉50年代拙编的新编本《实用电工手册》存在单纯罗列事物现象并就事论事，又偏重于参考数据与一般理性内容，而缺少结合实践的感性知识，以及对事物本质的必要分析。这是经30余年实践后的深切体会。遂决定在原有内容框架上作了一些调整精简，并改革以实践内容为主、少量参考图表为辅的备忘摘记模式。由于种种原因，新手册的编撰工作历经十二载，期间也因不断更新、增补、筛选素材，或归并、增删命题，于是作了多次反复修改而数易原稿，因此，旷日持久倍感艰辛。今天终于以新模式、新体裁奉献给广大读者。

新手册——《实践电工手册》顾名思义不同于各种版本的《电工手册》，也有别于《电工问答》类参考书。其编撰宗旨与特点主要区别如下：

1. 新手册的取材是从实践素材中遴选出具有普遍意义的理性概念和应知应会知识，以及施工心得、维修经验、事故教训、技术革新、电气测试、新材料、新工艺、安全用电等具体问题，经筛选归纳分为16章80小节，共847个参考命题。

2. 新手册的素材来源除作者长期积累外，也有借鉴各种参考书刊的有关点滴实例作为引子，经提炼结合引伸，所以内容具有一定现实性。

3. 新手册命题的设定，以及各命题相关的理性、感性知识的编选，力求灵活周详、突出重点，采用摘要论注、罗列分析、举例计算、提示要领以及引导思考等，均经斟酌、消化而编写，务使每个命题所容纳的内容力求高密度，并争取每个命题能够达到较全面的实践与理论相结合。

4. 新手册所归纳的 847 个命题，仅作为电工专业实践中的抽样代表性的，不可能概全，也不可能全面系统。但是对初、中级的值班电工、维修电工、内外线电工作为自学进修参考，以丰富实践知识，提高理论基础会有很好的帮助；对大、中专院校电工专业的师生或培训班师生，结合实习教学参考、扩大实践知识的视野，也有所裨益。

5. 新手册行文为摘记体裁，因此不注重语法修辞与语言风采，只求重点、要点内容，尽量“摘录”，并力求文字精炼、通俗易懂、便于理解。作为手册新模式的尝试，无疑难免有不少条理不清、挂一漏万、意犹未尽等缺点和不足，诚望新老读者、行家不吝指正。

新手册在 12 年的编撰过程中，诸如素材的搜集、编卡、分类、归纳、遴选、增补、制图、抄写等等工作，均承蒙诸坚承、文由之、梁筱化、米日京、杜锡收、招才万、金讷新、田水和、尤永创、潘玉景、祝凤献、水竹韵等同志历尽艰辛，鼎力协助而完成，谨此表示衷心感谢；同时也向各有关参考书刊的作者表示谢忱。

作者

1998 年春节

目 录

前 言

第 1 章 实践电工基础	1
1-1 理性概念	1
1-2 基本定律定则	20
1-3 基本计算公式	31
第 2 章 常用电工材料	46
2-1 导电材料	46
2-2 绝缘材料	54
2-3 磁性材料	58
2-4 其它常用材料	65
第 3 章 电工仪表	73
3-1 电工仪表的结构与性能	75
3-2 电流表与电压表	84
3-3 钳形电流表	94
3-4 万用表	98
3-5 电能表	106
3-6 摇表与电桥	132
3-7 电气测试	144
3-8 其它专用测试仪	150
第 4 章 三相交流异步电动机	154
4-1 交流电动机的性能与估测	156
4-2 异步电动机结构	165
4-3 交流电动机绕组	171
4-4 异步电动机的起动、调速	184
4-5 异步电动机的安全、节能运行	201
4-6 异步电动机的控制和保护	218
4-7 交流电动机的故障和维修	227
4-8 交流电动机绕组重绕和改接	243

4-9 多速电动机	281
第 5 章 单相、微型、特种电动机	291
5-1 分相、电容电动机	292
5-2 罩极、电扇电动机	301
5-3 通用电动机	313
5-4 微型、特种电动机	322
第 6 章 直流电机	343
6-1 直流电机结构	344
6-2 直流电机的使用和运行	350
6-3 直流电机的换向和故障	358
第 7 章 变压器	375
7-1 变压器的概念和参数	377
7-2 变压器结构	387
7-3 变压器绕组的极性和接线	396
7-4 变压器的运行与操作	408
7-5 变压器保护	417
7-6 变压器故障与维修	424
7-7 变压器油及其处理	443
7-8 变压器的测试	452
7-9 特种变压器	463
第 8 章 同步发电机和同步电动机	473
8-1 同步电机的结构、性能	474
8-2 同步电机励磁系统	480
8-3 同步电机的运行和控制	485
8-4 同步电机的故障和检修	494
第 9 章 输配电及其设备	500
9-1 汇流排	501
9-2 输配电系统	508
9-3 绝缘子	518
9-4 架空线路	525
9-5 电容器	543
9-6 电抗器和消弧线圈	562
第 10 章 电线与电缆	571

10-1	电线	571
10-2	电缆的结构	576
10-3	电缆的敷设和使用	582
10-4	电缆的测试和故障	594
第 11 章	接地接零与安全用电	604
11-1	接地与接零	605
11-2	接地线和接地极	619
11-3	安全用电和漏电断路器	627
11-4	“虚电压”、静电和电气火灾	653
第 12 章	电气防雷	667
12-1	雷害及防雷	668
12-2	避雷器的性能和参数	682
12-3	避雷器的安装和使用	695
12-4	避雷针和避雷线	704
第 13 章	高压电器	715
13-1	高压绝缘套管	716
13-2	高压隔离开关	722
13-3	高压断路器	731
13-4	高压熔断器	748
第 14 章	互感器和继电器	753
14-1	互感器的结构和参数	754
14-2	互感器的使用和接线	762
14-3	互感器的检测	776
14-4	继电器	782
第 15 章	低压电器	790
15-1	低压开关	791
15-2	低压熔断器	796
15-3	低压断路器	801
15-4	接触器	808
15-5	按钮和指示灯	826
第 16 章	电照明和电热	835
16-1	电光源和电照明	836
16-2	白炽灯	843

VII 目 录

16-3 荧光灯	855
16-4 高压汞灯、钠灯及其它电光源	878
16-5 电热器	897

第 1 章 实践电工基础

1-1 理性概念

- 【1】 电源、电动势、电位、电压及电流
- 【2】 电场、磁场与电磁场、电磁感应
- 【3】 交流电的瞬时值、最大值、平均值、有效值
- 【4】 电阻的特性
- 【5】 电感的特性
- 【6】 电容的特性
- 【7】 电流方向与电流的附加效应
- 【8】 交、直流电路及其串并联
- 【9】 交流电的正弦波与谐波
- 【10】 三相交流电的相序与相位
- 【11】 有功功率、无功功率、视在功率

【12】 三相四线制与三线制

1-2 基本定律定则

- 【1】 欧姆定律
- 【2】 右手螺旋定则
- 【3】 电动机左手定则
- 【4】 发电机右手定则
- 【5】 楞次定律
- 【6】 楞次-焦耳定律
- 【7】 基尔霍夫定律

1-3 基本计算公式

- 【1】 直流电源串并联
- 【2】 $R-L-C$ 串并联
- 【3】 三相交流负载的 Y 、 Δ 联结
- 【4】 负载电功率与功率因数
- 【5】 效率与功率损耗

1-1 理性概念

【1】 电源、电动势、电位、电压及电流

在电路中，将正电荷（质子）从一端运动到另一端的势能叫电动势，在某一端的势能称电位，而两点之间的势能之差是电位差，通常称为电压。在直流电路中，正电荷作有规律的定向持续运动便形成直流电流。一般来说，电流的流向是指电子流动方向，在外电路中，电流是由高电位流向低电位；但在电源两极内部，则电子是从电源的低电位（负极）向高电位（正极）移动的，故应分而论之。

交流电也具有直流电的各项性质，不同的是交流电路中的自由电子是作交替

往返的周期运动，所形成的电流是交变的，故称“交流电流”。同样，交流电的势能也是在正、负最大值之间作周期性变化的，势能的值属瞬时值，而反映电路中的电位则以各瞬时的势能的平均值来衡量。同理，电路中的交流电流也是从高电位流向低电位。至于如荧光灯、高压钠灯、霓虹灯等管子内以电离气体作为导通的交流电流，则属自由电子与正负离子的运动，是电流的一种特殊形式。

然而，形成势能的这种能量源泉的设备就叫做电源。干电池、蓄电池、太阳能电池、温差热电偶和直流发电机等均属直流电源。直流电源分正、负极，正极是高电位，负极是低电位，电流从正极经导体流向负极。在直流电路中的各电气负载（包括充电的蓄电池）和仪表等，均须分清正、负极性，不能接错，否则不能正常运转工作，仪表则会反向指示而可能损坏。但也视具体情况而论。例如，在直流电焊作业时，工件接正极所产生的热量为100%，若反过来将工件接负极则所产生的热量就只有40%~65%。所以，为了提高工效，当用裸焊条施焊或切割钢板时，加工件宜接正极，这样可使热量集中在加工件而快速熔化，达到焊接或切割的目的。但对薄钢板、铸铁、高碳钢等焊接，或使用涂覆焊条时，为使焊条先熔化，加工件则宜接负极。对电火花加工，因切割刀是电子束，工件则宜接正极而切割器接负极，使电子冲击工件而利于切削熔蚀；否则，加工件接负极，其作用相反，这时不但起不到有效的切削作用，反而会加速刀具的损坏。

交流发电机是交流电源。它的电能通过高压电网输送，用电单位（或部门）再用变压器将电压降低到使用电压向设备供电。因此，通常也将供电变压器视为电源。交流电路分单相和三相，其电位不以正、负论高低。在单相电路中，各电气设备和仪表须分清相线（火线）和零线（中性线），相线是高电位，零线是低电位。三相交流电路要比单相复杂得多，它一般有四根线，除一根零线外，还有三根不同相位的相线，接线时不但要分清零线，还须注意相线的相属和相序。例如，三相电动机电源相序若接反，所带动的机械设备就会反转，对某些不允许反转的设备便可能造成损坏。

在单位时间（每秒）内通过导体截面的电流表示电流强度；导体的截面越大，容许通过的电流越大。从安全使用的角度考虑，一定的导体截面积，容许通过的电流有一定限量，超过了限量，导体就会发热，日久就会使导线的绝缘老化、破坏而引起接地、短路故障，又可能导致更大的损失。为了安全用电，通常在电路中串联熔断器（保险丝），当发生故障时能自动切断电源，可避免故障进一步扩展。

【2】电场、磁场与电磁场、电磁感应

带电荷的物体周围存在静电场，电荷运动又产生磁场，载电流的导体周围也

存在电场，电场随时间变化时引生磁场，磁场随时间变化时又产生电场，两者互为因果形成电磁场。由此，运动电荷或电流之间的相互作用要借电磁场传递。永磁体的磁场是内分子电流引起的，属恒定磁场，永磁体之间的相互作用只通过磁场传递。载电流导体的电压越高、电流越大，其电磁场强度也越大。直流电产生稳定电磁场，交变电流产生交变电磁场；螺旋线圈产生的电磁场比直导体产生的电磁场强，而有铁心的线圈产生的电磁场就更强。

电场、磁场存在于带电荷物体或载电流导体的周围空间，以看不见的密集而互不相交的电力线、磁力线有规律的分布。静电场的电力线分布是从正电荷趋向负电荷；交变电磁场的电力线围绕磁力线呈闭合曲线。电力、磁力曲线的密集程度与电场、磁场强弱成正比，且靠近导体较密而远离导体较疏。表征磁力线疏密、分布情况的物理量称为磁通量，简称磁通。

载电流导体、线圈的磁力线分布与方向决定于电流方向，可用“右手螺旋定则”决定，直导线的磁力线密集分布在导线径向周围，线圈的磁力线密集分布在螺旋线圈中间。电磁铁就是利用铁心外绕电流线圈产生强大磁性，继电器、接触器、断路器、控制开关等都是运用电磁铁机构的实例。

软铁放置在永磁体附近，会使软铁感应产生磁性，这种现象称为磁感应。通过线圈（闭合回路）的磁通发生变化，或线圈在磁场中运动而使线圈（闭合回路）内产生感应电动势的现象，称为电磁感应。感应电动势的方向与产生磁场的电流方向相反，故也称反电动势。发电机、变压器就是基于电磁感应原理制造的。

电场、磁场、电磁场均具备一定的能量，凡磁性体或导体处在电场、磁场中均要感应产生磁性或电动势。特别是处在强交变磁场中还会产生涡流而导致发热，并起削弱电磁场的作用。两载流导体相互平行时，相当于每一导体处在另一导体的磁场中，两导体均要受到电磁力作用。若两导体的电流方向相同，两导体就会受到相互吸引的作用应力；如两电流方向相反则受排斥力，而作用力的大小跟距离成反比，和载流导体的电流大小成正比。故在实践中，对高电压、大电流母线、汇流排以及输配电线路，为避免电磁感应与相互作用力的影响，安装时要考虑适当的线间距离与方向并采取换位措施，以防止因电动力作用而造成振动或导体弯曲、变形，以及高低压的感应干扰。

载流导体在电磁场中受到作用应力的方向可用“左手定则”确定，电动机就是基于此理论原理制造的。精密仪表、电气设备及电缆等为了避免外磁场或电磁场的干扰影响，通常采用屏蔽措施，即用良导体或良导磁体作保护隔离。其实质也是利用电磁感应原理，使外磁场在隔离层感应产生反电动势，从而形成一个相反的磁场来削弱外磁干扰。金属外包铠装电缆及电子设备上具有编织网护套的

电线均具备屏蔽作用，超高压作业的均压服也是起屏蔽作用的实例。

【3】交流电的瞬时值、最大值、平均值、有效值

直流电的电动势（电压）和电流的大小恒定不变，且是定向持续流动的电流，而交流电是电动势（电压）或电流的大小及方向都随时间作周期性变化的。具体地说，交流电的电动势（电压、电流）的变化是从零值向正方向升到最大值，再由最大值降到零值，又从零值向负方向升到最大值，继而又降到零值。完成正、负两个方向及大小值变化的过程称为一个周期（简称“周”）。由此可见，交流电的量是随时间而变的瞬时值；每秒时间所变化的周期数称为交流电的频率，以 f 表示，单位是赫（Hz），它与周期的关系为

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

式中 T ——每一周期的时间，s（秒）。

我国交流供电使用的频率是 50Hz，它表示每秒钟要变化 50 周，假如发电机是一对磁极的，则每分钟须运转 3000 转，就能发出 $f = 50\text{Hz}$ 按正弦规律变化的交流电；如每分钟运转 3600 转，发电机的交流频率就成为 60Hz。如果发电机低于额定转速下运行，则发出的交流电频率与电压都会相应降低，这就不符合供电质量要求。

交流电若采用瞬时值计量显然是极不方便的，交流电正弦波的最大值其实也属瞬时值之一，显然也不宜作为交流电的计量，于是曾设想用半个周期内正弦波各瞬时值的平均值作为计量单位以表征交流电的量，这时交流电（电动势、电压、电流）的平均值与最大值有如下关系，即

$$\text{最大值} = 1.57 \text{ 平均值}$$

然而，实践中发现，用平均值计量的热效应不能与直流电计量单位等同，为此，交流电采用与直流电等效的有效值进行计量。即以一同标准电阻，在一个交流电周期内所发的热量，与直流电在相同时间内所发出相等热量时，直流电的这个量作为交流电计量的有效值。它们之间存在如下关系：

$$\text{平均值} = 0.9 \text{ 有效值} = 0.637 \text{ 最大值}$$

$$\text{有效值} = 1.11 \text{ 平均值} = 0.707 \text{ 最大值}$$

这样，交流电和直流电的计量就能用统一的单位，因此，用 1 安培（A）和 1 伏特（V）的直流电接入标准电阻 1min 所发的热效应，若改用交流电接入 1min 使之发出等同的热效应时，所需的交流电流和电压有效值也是 1A 和 1V。但为简便起见，一般对交流电都省略不注明“有效值”，例如，交流电动机的标称额定电流、电压，以及仪表的指示值等都是以有效值为计量标准的。只在设计交流发

电机和变压器等电机及整流装置等少量场合的计算才偶尔用到平均值。

【4】电阻的特性

已知电流是自由电子沿导体一定的方向运动，而在运动的过程中，由于导体结构等原因，总要多少被导体原子的阻挡抵抗而受到一定的运动阻力，这种阻碍自由电子在导体内流动的阻力就称为电阻。任何物质都具有电阻，且不同物质的电阻各异，金属导体电阻最小，绝缘体的电阻最大，半导体的电阻介于两者之间，液体的电阻则随成分而异，但一般要比金属电阻大些。电阻的单位是欧(Ω)。

导体的电阻大小与导体的截面积和长度有关，截面越大电阻越小，导体越长则电阻越大。一般规定：截面积为1平方毫米(mm^2)、长度为1米(m)的导体在20℃温度时的电阻值称为电阻率。不同材质有不同的电阻率，电阻率越小，导电性越好。常用导体中银的电阻率最小(0.016)，铜次之(0.017)，铝(0.03)、铁(0.13)、锰铜(0.43)、康铜(0.5)、镍铬合金(1.0)等更次之。

电阻率与电阻的关系由下式表示：

$$R = \rho \frac{L}{S}$$

式中 R ——导体电阻， Ω ；

ρ ——导体的电阻率， $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ ；

L ——导体长度，m；

S ——导体截面积， mm^2 。

导体的电阻也与温度有关，一般约在0~100℃范围内金属导体的电阻随温度升高而增大；半导体、碳导体和液体的电阻则随温度升高而减小；少数合金导体(如康铜、锰铜)的电阻随温度升高而仅有极细微的变化。PTC陶瓷半导体的电阻随温度升高而增加，但有一定限度，到了一定温度，电阻就不再增加。导体电阻随温度变化的物理量称为电阻温度系数，电阻变化随温度增加的属正温度系数，电阻变化随温度减少的属负温度系数。

与上述特性相反的是某些金属(如铌—钛、铌—锆合金及铌三铝等金属化合物)在摄氏零下273(-273°C)绝对温度附近时，电阻会突然消失，这种特殊的现象就是超导电性，具有超导电性的材料就叫超导体。用超导体来制造电机的电枢或磁场绕组，电流在零电阻的导体中就没有损耗，可使电机的效率与容量得到很大的提高。但实验表明，超导体温度一旦高于绝对温度临界值，超导体就不复存在而恢复电阻特性。而且，通过超导体的电流超过一定值，或外磁场强度超过某一定值后，超导电性也会被破坏，使超导体恢复呈现电阻特性。

大多数导体电阻的阻值都不随电压、电流的变化（不包括因电流引起的温度变化）而变化，其电阻值是常量，即电阻的阻值总是同施加在电阻两端的电压高低与电阻中通过的电流大小成正比关系，也就是电阻的伏安特性为一条直线，这类电阻称为线性电阻。线性电阻（ Ω ）与电流、电压的关系可由欧姆定律表示：

$$R = \frac{U}{I}$$

式中 U ——电阻两端电压，V；

I ——流过电阻 R 的电流，A。

线绕电阻、碳膜电阻、金属膜电阻等元件，在一定范围内，它们的电阻值基本不变，属于线性电阻。但是，有一些电阻的电阻值同施加的电压高低与通过的电流大小不成正比关系，其伏安特性呈一条曲线，这类电阻称为非线性电阻，它就不能用欧姆定律来直接计算，只能根据伏安特性用作图的方法来求解。例如，阀型避雷器内的电阻阀片与晶体二极管均属非线性电阻元件。

此外，导体的电阻除本身电阻外，也与导体间的连接安装的质量有关。例如，导线的连接，母线的拼接，开关、继电器触头或刀开关动静触头的闭合等，即使看起来紧密服贴，实际上接触面不可能达到完全紧密吻合的程度，如果用放大镜来观察就会发现两导体接触面上仅有几点是真正接触的。这就相当于有效导电截面积减少，即相当于增加两导体的附加电阻。这种因接触不良所增加的电阻值，通常称为“接触电阻”。接触电阻比导体本身的电阻大得多，接触电阻既影响电路的正常运行，又增加电路损耗，在接触不良点发热而容易产生电弧，烧坏设备，甚至引起火灾事故。

电阻使用在不同性质的场合会产生一定的性能差异，在直流电路中，其功率损耗可属“纯电阻”性；在交流电路，精确地说它不是“纯电阻”。因为交流电存在交变磁场，导体在交变磁场中，导体截面上会产生涡流和集肤效应，因此，除电阻本身的有功损耗外，还增加了附加的功率损耗。所以在交流电路中，导体的有效电阻要比直流电路的“纯电阻”要大。另外，线绕电阻在交流电路上除具有电阻性外，导线绕成线圈状会产生一定的电感，而且线匝之间也具有一定的电容性，所以严格地说它不算“纯电阻”。但由于其它属性的量所占比例极微，一般的情况下都可忽略不计，仍可把它看作是“纯电阻”性。例如，计算线绕电阻在交流电路上的消耗功率；白炽灯的发光功率等就是仍把它们看作为“纯电阻”性的。

【5】电感的特性

由于电感应作用，在线圈接入电路时，因线圈本身电流变化，此电流所产生

的磁通也随之发生变化，从而引起线圈中产生自感电动势的现象称为自感，也称电感。另外，在相互靠近的两个线圈中，当一个线圈中的电流变化，会引起两个线圈在磁路交链部分的磁通也发生变化，从而使邻近另一个线圈中也产生感应电动势，因为此电动势是由另一线圈感应而来，故此现象称为互感。直流电流因大小、方向不随时间改变，通过线圈只产生恒定磁场，就不会发生自感现象，只在闭合或开断电路的瞬间发生瞬时自感电动势。交流电通过线圈产生交变磁场，穿过线圈的磁通是随着交流频率变化的，所以自感、互感属交流电流电磁感应特有的现象。

自感的特性有三种形式的现象：

(1) 在线圈（闭合回路）中，当本身电流变化导致磁通量增大时，将引起线圈本身产生自感电动势并产生磁通，其方向与变化前的原电流、原磁通的方向相反，故自感电动势在此变化瞬间起到阻止原电流、原磁通增加的作用；

(2) 若线圈（闭合回路）本身电流变化而导致磁通量减少时，自感电动势及其磁通的方向将与原电流、原磁通的方向相同，即在此变化瞬间，起了力图阻碍原磁通减少的作用；

(3) 当线圈（闭合回路）本身电流若发生突变，如由大急速变小，或由小急剧变大的瞬间，线圈中都会产生自感电动势（或电压）。

互感线圈具有功率（磁动势）平衡特性。在相互靠近的两线圈中，原线圈的消耗功率大致等于感应线圈的负载功率。因此，原线圈中的电流与感应线圈负载成正比。例如，构成变压器的一、二次绕组中，当二次不接负载时只有空载电动势，这时一次侧也只有极小的空载电流，以维持电磁转换的势能；当二次接上负载后，一次的电流便随之增大。这便是互感磁动势平衡特性的具体实例。

电抗器是具有铁心或无铁心的感应线圈，是利用自感的感抗特性起限制电路电流作用。电风扇变速电抗器既作为调节电源电压进行调速，又起到限流作用；荧光灯镇流器也属于电抗器，它是借起辉器突然开路的瞬间，使本身磁通量突变减少瞬间产生自感高压电动势而触发灯管内两端的灯丝电极导通才启辉工作的，荧光灯启辉后，镇流器仅起限流作用。

电动机的运转是由于转子（或电枢）绕组和定子绕组所产生的磁场相对运动，由互感特性使转子绕组中产生感应电流，电动机转速越快，感应电流越大。可见电动机是利用载流导体和磁场间的相互作用力而运转工作，使电能变为机械能输出。反之，根据互感原理，利用运动的磁场和导体间的相互作用，也可使机械能转变为电能而成为发电机。

用导线绕成的电感线圈，如线圈截面越大、匝数越多，单位电流所产生的交链磁通也越大，因而线圈电感量也越大。如在线圈中间放置铁心，则电感更大。

电动机、变压器、电磁铁等均属有心电感。空心线圈的电感量不随电流大小变化而为一常量，属于线性电感；有铁心的线圈则属非线性电感。实际上用导线绕成的电感线圈除具有电感外还有一定量电阻，但若匝数不是十分多，从线圈的主要特性着眼，电阻较小的电感线圈，一般仍可看作纯电感元件。

电感的单位为亨 (H)，在交流电路中具有类似于“电阻”的作用，但运用于电路欧姆定律时，必须将其单位化为欧姆的感抗 X_L (Ω)

$$X_L = \omega L = 2\pi fL$$

式中 ω ——交流电的角频率， $\omega = 2\pi f$ ；

f ——交流电流频率，Hz；

L ——线圈的电感量，H。

由上式可见，线圈的感抗是随电流频率改变的，所以同一线圈接入电源的频率越高，则感抗越大；如接在直流电源上，则频率 $f = 0$ ，其感抗也为零，即相当于短路。

在交流电路中，因具有自感与感抗阻力作用，使电路中的电流相位滞后于电压相位 90° ，从而引起电路功率因数相应降低而增加了无功电流。除线圈具有电感特性外，实际上，输电线路在电流流过时所产生的交变磁通与电路发生交链，为此，严格地说，任何并行输电的导线（母线）都具有一定的自感和互感，只因其量极微，一般可略而不计。

【6】电容的特性

被绝缘隔开的两金属电极之间具有容纳、储存电荷功能的这种现象称为“电容”；电容的实质是由于电磁感应带电而引起本身电位改变形成的物理现象。也就是一导体的电位（电势）由于受邻近另一导体的电荷量变化而使其电位发生相应改变的特性。利用这种特性把两金属导体（箔片）中间隔以绝缘介质就成为电容器。常用的纸介电容器就是用两铝箔片中间隔绝缘纸卷成。除此之外，还有隔以塑料薄膜、云母、陶瓷或浸以电解质等制成各种介质的电容器。

电容器两极板上带电量 Q 与两端极板电压之比称为电容量 (C)，单位是法 (F)，一般采用实用单位微法 (μF)。电容量的大小与两极板间距离及两极板的面积有关，也与中间隔离的介质材料有关。一般是极板面积越大、距离越小则电容量越大；隔离介质的绝缘性能越高，电容量也越大。以各种介质材料的电容率与真空介质的电容率之比称为相对电容率，如空气为 1，矿物油为 2.2，橡胶为 2.7，电容纸是 4.3，云母为 6~7.5，陶瓷在 10 以上。选用相对电容率高的材料才能做出容量大、体积小和耐电压高的电容器。此外，存放电容器宜充电后贮存，可确保质量及延长存放时间。