

新编

实用电工 技术指南

北京华服丰尚物业管理有限责任公司◎编著



石油工业出版社

新编实用电工技术指南

北京华服丰尚物业管理有限公司 编著



石油工业出版社

内 容 提 要

本书是一本供广大电工技术人员学习电工相关知识、查找相关技术信息的综合型技术书籍。本书共分5章,分别介绍电工基础、常用电工仪表、常用电气设备、配电系统与电气试验、常用符号及原理图、附录包括低压高压电工复习题、倒闸操作票、建筑电气工程施工质量、安全用电、安全标识牌工作票式样等内容。本书注意贯彻我国电气技术最新标准和规范,注重设计、安装和运行维护方面的实用内容,注意介绍更新换代产品。

本书图文并茂,很多是物业供电工程的实例。在文字叙述上力求浅显易懂,便于自学;并提供了部分低压高压电工应试复习题,为广大维修电工以及职业院校学生考取相关职业资格证书提供参考。

本书可作为相关技术人员的培训教材和参考书,也可作为职业院校相关专业的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

新编实用电工技术指南 / 北京华服丰尚物业管理有限责任公司编著.
北京:石油工业出版社,2014.4

ISBN 978-7-5021-9922-7

I. 新…

II. 北…

III. 电工技术—指南

IV. TM-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 298778 号

出版发行:石油工业出版社

(北京安定门外安华里2区1号 100011)

网 址:www.petropub.com.cn

编辑部:(010) 64523583 发行部:(010) 64523620

经 销:全国新华书店

印 刷:北京中石油彩色印刷有限责任公司

2014年4月第1版 2014年4月第1次印刷

787×1092毫米 开本:1/16 印张:28 插页:1

字数:712千字

定价:112.00元

(如出现印装质量问题,我社发行部负责调换)

版权所有,翻印必究

《新编实用电工技术指南》

编 委 会

主 任：谢正华

副 主 任：张海峰

主 编：刘志军

副 主 编：张保镇

参编人员：柴晓荣 敖 军 杨建勇

主 审：刘莲青

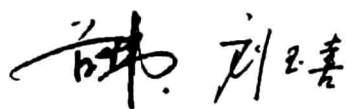
序

与传统物业主要依靠人工修修补补相比，现代物业管理科技化、智能化、信息化、专业化特点日趋明显，培养一批高素质的物业管理服务专业人才，是高端物业建设的典型特征。

俗话说：一流的企业出标准。对自身的管理服务实践加以总结，进而形成一套科学有效的物业管理工作方法或标准，是一个物业公司走向成熟的标志。成立于 2010 年的华服丰尚物业公司，管理着北京昆仑大厦、丰和大厦、丰和园小区，服务内容涉及写字楼和生活小区，服务面积达到 30 万平方米。在不断探索物业管理新模式的同时，华服丰尚结合“两厦一区”电工管理的实际，发挥专业人才优势，编写了这本《新编实用电工技术指南》，成为华服丰尚物业管理向着规范化、高端化迈进的标志，是值得肯定的一件好事。

作为高端物业建设的践行者，成立三年来，华服丰尚物业公司全体干部员工以服务为宗旨，以业主满意为目标，推广精细化、管家式服务，着力提升员工的服务技能和服务水平，充分发挥员工的积极性、主动性和创造性，培育了一大批物业管理服务专门人才，在华油北京服务总公司举办的两届职业技能竞赛中屡获佳绩。工程部的同志们利用业余时间，结合“两厦一区”现代化物业管理实际，悉心研究电工新设备、新技术，编写出这本对物业电工专业具有指导意义的专业手册。可以说，这是一本来源于实践、植根于生活，具有较强实际操作价值的书籍，也是华服丰尚发挥员工特长、关注员工成长的一个缩影。

高端物业，人才为先。希望这本书的出版如一缕春风，在员工中掀起钻研业务、岗位成才的热潮，在综合性高端物业公司建设进程中涌现出更多的专家型员工，并将管理服务实践进行系统化、规范化总结，成为员工提升素质的加油站，企业提升实力的助推器。



前 言

为满足从事现代电气技术、工业与民用建筑、物业管理等工作等相关人员适应新技术发展的需要，我们编写了这本《新编实用电工技术指南》。本书从电工技术人员日常工作的实际需要出发，融入了编者十几年的教学经验及众多一线电工的工作经验进行归纳编纂。从基础知识入手，既有电工应知的基础理论知识，又有施工原理图的解析以及室内装修配电、高压配电等实际应用的介绍，力求简明实用、通俗易懂，具有一般工作实践的读者一看就懂，一学就会。

在内容组织上本书兼顾了不同技术水平读者的需要，注重以实用、够用为原则，以内容新、规范性强为特点，取材实用、资料丰富。书中提供了大量的实际操作图和例题，各章内容相对独立，便于读者有选择性地进行学习。

本书注重基础知识适度够用，更着眼于技能操作训练。力求浓缩精炼，突出针对性、典型性、实用性。书中提供了大量的操作实例，重点介绍维修电工在工作中必须掌握的基本知识和技能要求，具有一定工作经验的读者能进一步提高知识水平和技术水平。

本书注重宣传国家与行业最新标准与技术规范，附录中提供了与电气施工质量、电气设备操作等相关的行业规范，例如《建筑电气工程施工质量、验收规范》、《常用电气绝缘工具试验标准》等。附录中的“各种电气设备接地装置的接地电阻”、“倒闸操作票格式”、“变（配）电室工作票格式”、“值班记录簿格式”、“常用电气绝缘工具试验标准”、“安全标识牌式样”等参考了《北京地区电气规程汇编》。不仅对加强施工质量，保证人身安全，引导和培养技术工人遵守规范的职业道德提供保障，而且为电工人员日常查阅各种标准规定和各种新设备数据等提供方便。

在介绍电气产品时本书尽量采用新系列产品，鉴于部分老型号设备还在服役，为维护与维修方便，也对这部分老设备进行简要介绍，满足了不同电工人员的需要。

本书是电气运行维护、电气检修、电气值班人员日常工作实用的综合型技术书籍，也是拓展专业知识、提高专业技术水平的一本实用工具书。对从事建筑电气安装工作的人员和工矿企事业单位从事电气维修、电气值班人员同样具有指导作用。本书既可供电工作业人员阅读，也可供职业院校相关专业的学生阅读，还可作为职业岗前培训、电工取证复审短训班的参考书籍。

本书由刘志军任主编，图片由敖军制作。第一、二、三、四、五章、附录二由刘志军编写；附录一由张保镇编写；附录三、四、五由张保镇、刘志军、杨建勇、柴晓荣合编，本书内容由刘志军统稿。北京信息职业技术学院刘莲青教授担任主审。

在本书编写过程中，得到了谢正华、张海峰同志的悉心指导，在此衷心向他们表示最诚挚的谢意。由于编者水平所限，加之时间仓促，书中不足之处，敬请读者及同行专家批评指正。

编 者
2014年2月

目 录

第一章 电工基础	1
第一节 常用名词术语.....	1
第二节 常用的定律定则及关系式.....	8
第三节 电流的估算及保护.....	28
第四节 导线截面及绝缘材料的分级.....	31
[知识链接] 复数	33
第二章 常用电工仪表	37
第一节 常用电工仪表简述.....	37
第二节 电压表与电流表.....	40
第三节 万用表.....	47
第四节 兆欧表.....	52
第五节 钳形电流表.....	58
第六节 接地电阻测试仪.....	59
第七节 单臂电桥.....	63
第三章 常用电气设备	66
第一节 主令电器.....	66
第二节 交流接触器.....	70
第三节 继电器及时控开关.....	75
第四节 自动转换开关.....	82
第五节 自愈式低压并联电容器.....	89
第六节 软启动器.....	94
第七节 漏电保护器 (R、C、D)	106
第八节 低压空气断路器.....	111
第九节 变频器.....	117
第十节 三相交流异步电动机.....	124
第十一节 干式变压器.....	139
第十二节 高压断路器.....	146
第十三节 仪用互感器.....	155
第十四节 高压成套配电装置.....	162
第十五节 直流电源成套装置.....	167
第四章 配电系统与电气试验	173
第一节 低压配电系统.....	173
第二节 电气试验.....	177

第三节	变压器试验·····	181
第四节	互感器、隔离开关试验·····	193
第五节	绝缘子、套管、母线试验·····	195
第六节	电力电缆、电容器试验标准·····	197
第七节	断路器试验·····	198
	[知识链接] 常用试验仪器设备的使用与维护·····	206
第五章	常用符号及原理图·····	208
第一节	建筑电气工程平面图常用图例·····	208
第二节	电气设备常用文字符号、图形符号新旧标准对照表·····	210
第三节	常用电动机控制原理图·····	214
第四节	灯具及接线·····	234
第五节	室内装修配电系统图·····	241
第六节	高压配电模拟图·····	243
附录一	低压高压电工复习题·····	250
附录二	倒闸操作票·····	366
附录三	建筑电气工程施工质量验收规范·····	390
附录四	安全用电·····	421
附录五	安全标识牌、工作票式样·····	434
参考文献	·····	438

第一章 电工基础

第一节 常用名词术语

一、直流电

(1) 电路——由电源、负载、开关经导线连接而组成的闭合回路，称为电路。

(2) 电流——导体中的自由电子，在电场力的作用下做有规则的定向运动就形成电流。电流用符号“ I ”表示，单位是“安培”，用符号“A”表示，习惯上规定正电荷移动的方向作为电流的方向。

(3) 直流电——指方向不随时间而变化的电流，但电流的大小有可能不固定。

(4) 电位——电场力将单位正电荷从电场中某一点，移到参考点（零电位点）所做的功，称为该点的电位。电位用符号“ φ ”表示，单位是“伏特”，用符号“V”表示，通常在电力系统中，以大地作为参考点，其电位定为零电位。

(5) 电动势——由其他形式的能量转换为电能所引起的电源正极、负极之间的电位差，称为电动势。电动势用符号“ E ”表示，单位是“伏特”，用符号“V”表示，其方向由负极指向正极的方向，即电位升高的方向。

(6) 电压——指电场中任意两点之间的电位差。电压用符号“ U ”表示，单位是“伏特”，用符号“V”表示，其方向由高电位指向低电位，即电位降低的方向。

(7) 电阻——电流在导体中通过时所受到的阻力称为电阻。电阻用符号“ R ”表示，单位是“欧姆”，用符号“ Ω ”表示。

(8) 内阻——电源内部对电荷移动所产生的阻力称为内阻。内阻用符号“ r ”表示，单位是“欧姆”，用符号“ Ω ”表示。

(9) 电阻率——通常以某种导体长 1m，横截面积为 1mm^2 ，在 20°C 时所具有的电阻值，为该导体中的电阻率。电阻率用符号“ ρ ”表示，单位是“欧姆·毫米²/米”，用符号“ $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ ”表示。

(10) 电阻率的温度系数——导体的温度每升高 1°C 时，电阻率增大的百分数称为电阻率的温度系数，用符号“ α ”表示。

(11) 电流的热效应——电流通过导体时，由于要克服导体中电阻而做功，将其所消耗的电能转化为热能，从而使导体温度升高的现象，称为电流的热效应。电流的热效应用符号“ Q ”表示，单位是“焦耳”，用符号“J”表示。

(12) 有关基尔霍夫定律的名词解释：

① 支路——指电路中的每一个分支，并且分支中的电流处处相等。

② 节点——电路中三条或三条以上支路的连接点称为节点。

③ 回路——电路中任意一个闭合路径称为回路。

④网孔——不含多余支路的单孔回路称为网孔。

(13) 线性电路——电路的参数不随外电压及通过其中的电流而变化，即电压和电流成正比的电路，称为线性电路（叠加原理是反映线性电路基本性质的一个重要原理）。

二、磁路

(1) 电流的磁效应——在通电导体的周围存在着磁场，这种现象称为电流的磁效应。

(2) 磁极——磁铁两端吸引力最大处称为磁极。

(3) 磁性——磁铁吸引铁的性质称为磁性。

(4) 磁铁北极 (N) ——转动条形磁铁，在静止时，一极总是指向地球的北方，称为磁铁的北极 (或 N 极)。

(5) 磁铁南极 (S) ——转动条形磁铁，在静止时，一极总是指向地球的南方，称为磁铁的南极 (或 S 极)。

(6) 磁场——在磁体和载流导体的周围，存在着一个磁力能起作用的空间，称为磁场。

(7) 电流的磁效应——在通电导体的周围存在着磁场，称为电流的磁效应。

(8) 磁感应强度——用来表示磁场中各点的磁感应强弱和作用方向的物理量。磁感应强度用符号 “ B ” 表示，单位 “特斯拉” 简称 “特”，用符号 “T” 表示，其方向为该磁场中磁针 N 极所指的方向。

(9) 磁通 (或磁通密度) ——表示磁场中某一截面上的磁感应强弱的物理量。磁通用符号 “ ϕ ” 表示，单位是 “韦伯”，用符号 “Wb” 表示，或 “麦克斯韦”，用符号 “Mx” 表示，1 麦克斯韦 = 10^{-8} 韦伯。

(10) 磁导率 (又称磁导系数) ——用来衡量各种物质导磁性能的一个物理量。磁导率用符号 “ μ ” 表示，单位是 “亨 / 米”，用符号 “H/m” 表示。

(11) 剩磁——当磁材料被通电磁化后，达到磁饱和，如断掉电源，电流等于零，外加磁场消失，但由于铁磁材料内部已经排列整齐的 “磁分子” 不会立刻恢复到原来杂乱无章的状态。因此在铁磁材料的内部，还会留有残留的磁场，称之为剩磁。剩磁用符号 “ B_r ” 表示。

(12) 软磁性材料——指磁滞回线狭窄，回线所包围的面积小，磁滞损耗小 (如电动机的硅钢片、铁镍合金、纯铁等，主要适用于电动机、电磁铁、接触器、变压器铁芯等)。

(13) 硬磁性材料——指磁滞回线所包围的面积大，有较大的剩磁和矫顽磁力，磁滞损耗也相对较大 (如钨钢、钴钢、高碳钢、铁镍钴合金等，这些材料一般用来制作永久磁铁)。

(14) 矩磁性材料——磁滞回线很宽，近似于一矩形闭合曲线，回线所包围的面积最大，所以剩磁大 (这些材料，适用于计算机的记忆磁芯和远程控制设备中的重要元件)。

(15) 电磁感应现象——磁场中导体在做切割磁力线运动时，该导体内就会有感应电动势产生，这种现象称为电磁感应现象。

(16) 感应电流——由感应电动势所产生的电流叫做感应电流。其方向与感应电动势的方向相同。

(17) 自感现象——由于线圈本身的电流变化而在该线圈中产生电磁感应的现象，称为自感现象。

(18) 自感电动势——由自感现象所产生的感应电动势，称为自感电动势。自感电动势用符号“ e_L ”表示，单位是“伏特”，用符号“V”表示。

(19) 自感（或自感系数）——指线圈中通过单位电流的变化所产生的自感磁通数，称为自感系数。自感用符号“ L ”表示，单位是“亨利”，用符号“H”表示。

(20) 互感现象——两个线圈靠近时，当一个线圈内的电流发生变化，另一个线圈就会产生感应电动势，这种现象称为互感现象。互感现象用符号“ M ”表示，单位是“亨利”，用符号“H”表示。

(21) 互感电动势——由互感现象所产生的感应电动势，称为互感电动势。互感电动势用符号“ e_M ”表示，单位是“伏特”，用符号“V”表示。

(22) 互感量——线圈1对线圈2的互感能力，称为互感量。互感量用符号“ M ”表示，单位是“亨利”，用符号“H”表示。

(23) 涡流——当线圈缠绕在铁芯上通以交变电流时，将会在铁芯的任何一个闭合曲线构成的回路中，产生随交变电流的变化而作周期性变化的磁通，根据“动生磁”的原理，使铁芯中产生感应电流，这种感应电流称为涡流。

三、交流电

(1) 交流电——指方向和大小都随时间呈周期性变化的电流、电压、电动势，简称交流电。

(2) 正弦（交流电）的最大值——正弦交流电变化一个周期所出现的最大瞬时值，称为最大值也称为极大值、峰值、振幅值。正弦交流电最大值用符号“ E_m 、 U_m 、 I_m ”表示。

(3) 正弦交流电的周期——正弦交流电完成一个循环所需要的时间称为周期。正弦交流电的周期用符号“ T ”表示，单位是“秒”，用符号“s”表示。

(4) 正弦交流电的频率——正弦交流电在单位时间（1s）内变化的周期数，称为交流电的频率。正弦交流电的频率用符号“ f ”表示，单位“赫兹”，用符号“Hz”表示，或“1/s”表示。

(5) 交流电的角频率——交流电每秒时间内所变化的弧度数（指电角度）称为角频率。角频率用符号“ ω ”表示，单位是“弧度/秒”，用符号“rad/s”表示。

(6) 初相位——交流电动势在开始研究它的时刻（常确定为 $t=0$ 时）所具有的电角度（ $\omega t + \varphi$ ），称为初相位或初相角。初相位用符号“ φ ”表示，单位是“度”，用符号“°”表示。

(7) 相位差——频率相同的正弦交流电初相位之差称为相位差。例： $e_1 = E_m \sin(\omega t + \varphi_1)$ ， $e_2 = E_m \sin(\omega t + \varphi_2)$ ， $\varphi_{12} = \varphi_1 - \varphi_2$ 。

(8) 同相——两个同频率正弦交流量的相位差为零时称为同相。

(9) 反相——两个同频率正弦交流量的相位差为 180° 时称为反相。

(10) 超前——两个同频率交流量初相角大的那一个称为超前于另一个。

(11) （正弦交流电）有效值——当一个交流电流和一个直流电流分别通过阻值相同的电阻，经过相同时间，产生相同的热量，把这个直流电流值称为这个交流电流值的有效值。用符号“ E 、 U 、 I ”表示。

(12) 纯电阻电路——电路中电阻起决定作用，电容、电感的影响可以忽略不计的电

路，可视为纯电阻电路。

(13) 瞬时功率——电压瞬时值 u 与电流瞬时值 i 的乘积，称为瞬时功率。瞬时功率用符号“ p ”表示，单位是“瓦特”，用符号“W”表示。

(14) 纯电感电路——电路中电感起决定性作用，而电阻、电容的影响可以忽略不计，可视为纯电感电路。

(15) 无功功率——一般认为电感、电容在电路中不消耗能量，只对电源的能量起交换作用。瞬时功率并不等于零，其瞬时功率的最大值称为无功功率。无功功率用符号“ Q ”表示，单位是“乏尔”或“千乏尔”，用符号“var”或“kvar”表示。

(16) 视在功率——在交流电路中，总电流与总电压的乘积，称为视在功率或表观功率。视在功率用符号“ S ”表示，单位是“伏安”或“千伏安”，用符号“V·A”或“kV·A”表示。

(17) 纯电容电路——绝缘电阻很大，介质损耗很小的电容器组成的交流电路，可近似地认为是纯电容电路。

(18) 容抗——在纯电容电路中，电容具有阻碍交流电流通过的性质，称为容抗。容抗用符号“ X_C ”表示，单位是“欧姆”，用符号“ Ω ”表示。

(19) 感抗——电感具有阻碍电流通过的性质称为感抗，其分为自感抗和互感抗。感抗用符号“ X_L ”表示，单位是“欧姆”，用符号“ Ω ”表示。

(20) 串联谐振——在 R-L-C 串联电路中，当 $X_L = X_C$ （感抗等于容抗） $u_L = u_C$ 电路中，电流 $I = U/R$ 为最大，此时总电路呈电阻性，此状态称串联谐振或电压谐振（特点：电感或电容两端的电压可能大于电源电压）。

(21) 并联谐振——在 R、L 串联，再与 C 并联电路中，如果电压与电流同相，电路呈电阻性，此种状态为并联谐振或称为电流谐振（在电感和电容元件中会流过很大的电流，造成熔丝烧断或电器元件烧毁）。

(22) 功率因数——在交流电路中，电压与电流之间相位差的余弦称为功率因数。用符号“ $\cos\varphi$ ”表示，功率因数有时也表示为 $\cos\varphi = P/S$ 或 $\cos\varphi = R/Z$ 。

(23) 相序——三相交流电动势在时间上出现最大值的先后顺序成为相序。相序一般分为正相序、负相序和零相序。

(24) 线电压——在三条相线中，任意两条相线之间的电压，称为线电压。线电压用符号“ U_L ”表示，单位是“伏特”，用符号“V”表示。

(25) 相电压——任一条相线与零线之间的电压称为相电压。相电压用符号“ U_ϕ ”表示，单位是“伏特”，用符号“V”表示。

(26) 相电流——指流过每一相电源绕组或每一相负载中的电流称为相电流。相电流用符号“ I_ϕ ”表示，单位是“安培”，用符号“A”表示。

(27) 线电流——任一条相线上的电流称为线电流。线电流用符号“ I_L ”表示，单位是“安培”，用符号“A”表示。

四、仪表

(1) 磁电系仪表——通电导体在磁场中会因受力而运动，而且电流越大，受力也越大，利用这样一种电磁现象制造的仪表，称为磁电系仪表。磁电系仪表用符号“C”表示，其只

能测量直流不能测量交流，主要用来制作直流电流表和直流电压表。

(2) 电磁系仪表——由通电线圈建立，线圈中的电流越大，产生的磁场越强，对铁的吸引力越大，但准确度和灵敏度都比较差。电磁系仪表用符号“T”表示，而这类仪表能够测量交流、直流。

(3) 整流系仪表——加上了整流装置的磁电系仪表称为整流系仪表。整流系仪表用符号“L”表示。

(4) 量程——指仪表能够测量的最大值称为仪表的量程（有时也称满刻度值）。

(5) 误差——在电工测量中，仪表的指示值和被测量的真实值之间会有一个差别，称为误差。

(6) 基本误差——仪表本身固有的因素。如造成工艺缺陷、轴承摩擦、刻度不精密等，这部分误差是无法避免的，称为仪表的基本误差。

(7) 附加误差——由于使用不当，例，读数方法不当，测量线路不正确受外磁场、外电场的干扰，环境条件超出了仪表的使用范围，这种误差称为附加误差。

(8) 仪表准确度——用来说明仪表的准确程度即精确度的百分数。仪表的准确度一般分为七个等级。分别是 0.1 级、0.2 级、0.5 级、1.0 级、1.5 级、2.5 级、5 级。

五、安全、防护

(1) 安全用具——对电工而言是指在带电作业或停电检修时，用以保证人身安全的用具。

(2) 基本绝缘安全用具——用具本身的绝缘强度足以抵抗电气设备的运行电压称为基本绝缘安全用具。

(3) 辅助绝缘安全用具——用具本身的绝缘强度不足以抵抗电气设备的运行电压，只能强化基本绝缘安全用具的保护作用，称为辅助绝缘安全用具。

(4) 检修安全用具——指电工人员进行检修工作时，用来保护电气作业人员安全的器具和工具。

(5) 屏护——把带电体与外界隔绝的措施称为屏护。

(6) 间距——带电体与地面之间，带电体与其他设备之间，带电体与带电体之间均应保持一定的安全距离，这种安全距离简称为间距。

(7) 跨步电压——人在接地点周围行走，两脚间有电位差，常以距离 0.8m 以上的电位差的大小作为比较值，这个值称为跨步电压。

(8) 功能性接地——为了保证电气设备在正常或事故的情况下，能可靠地工作，并使其达到某种预期的固有功能效果的接地称为功能性接地。

(9) 保护接地——电力系统有一点直接接地或电力系统中没有接地点，受电设备的外露可导电部分通过保护线与电力系统无关的接地极进行电气连接，称为保护接地。

(10) 保护接零——电力系统有一点直接接地，受电设备的外露可导电部分通过保护线与接地点连接称为保护接零。

(11) 工作接地——低压系统的中性点直接接地俗称工作接地。

(12) 设备的接地：

① 信号接地——为保证信号具有稳定的电位而设置的接地；

②逻辑接地——为了获得稳定的参考电位，将电子设备中某些金属部件作为“逻辑地”的一种接地；

③屏蔽接地——为防止外电场和外磁场对电子设备干扰或电子设备对其他电子设备的干扰所做的一种接地；

④功率接地——除电子设备以外的其他交流电路的工作接地。

(13) 接地装置——指接地体和接地线的总称。

(14) 人工接地体——按照一定设计要求，埋设在土壤中的各种金属接地体。

(15) 自然接地体——指直接埋入土壤中的金属管道和设备基础、钢筋混凝土的建筑物和构筑物以及地面上的一种金属构件（注：可燃性液体的金属管道和可燃易爆气体的金属管道，严禁作自然接地体）。

(16) 接地电阻——接地装置的工频接地电阻值称为接地电阻。

(17) 对地电压——指带电部分与大地零电位之间的电位差称为对地电压。

(18) 重复接地——指在 TN 系统中，将 PEN 线或 PE 线一处或多处，通过接地体与大地做再次连接称为重复接地（其接地电阻不大于 10Ω ）。

(19) 等电位接地（等电位连接）——使每一个外露可导电部分及装置外可导电部分的电位实质上相等的连接。

六、三相异步电动机

(1) 旋转磁场——三相绕组中的电流产生的合成磁场，是一个随时间变化在空间旋转的磁场，称为旋转磁场。

(2) 异步电动机转差——旋转磁场转速 n_1 与电动机转子转速 n 之差 $(n_1 - n)$ 称为异步电动机的转差。

(3) 转差率——转差与同步转速 n_1 之比的百分数称为转差率。

(4) 电动机机械特性——指电动机的转速与电磁转矩之间的关系。

(5) 电动机额定转矩——电动机在长期工作时，其轴上所输出的最大允许转矩，称为电动机的额定转矩。

(6) 启动转矩——电动机接上电源，转子尚未转动（即转速 $n=0$ ）的瞬间，这时，电动机所产生的电磁转矩称为电动机的启动转矩。

(7) 最大转矩——三相异步电动机启动过程中，电动机的转速由零逐渐增加到稳定转速，在转速增加的过程中，电动机的电磁转矩是变化的，电磁转矩有一最大值，称为电动机的最大转矩。

(8) 电动机直接启动（又称全压启动）——是将电动机的定子绕组直接接到额定电压的电源上启动。

(9) 温升——指用电设备在额定值条件下运行时，发热温度高出环境温度的允许值。

(10) 国家标准温升——用某绝缘等级最高允许工作温度减去国家标准规定环境温度 40°C ，再减去测量误差 5°C （其差值为国家标准温升）。

七、电容器

(1) 电容量——电容器接通电源后，在两极板上积聚的电荷量 (Q) 与电容器两端电

压 U_C 的比值称为电容量。电容量用符号“C”表示，单位是“法拉第”，简称“法”，用符号“F”表示。

(2) 并联电容器的补偿方式：

① 个别补偿（就地补偿）——在用电设备附近，按其本身无功功率的需求量，装设电容器组与用电设备直接并联，两者同时投入运行或断开；

② 分散补偿——一般将电容器接在车间的配电母线上，只能补偿供电线路和变压器中的无功功率；

③ 集中补偿——将电容器装在工厂总降压变、配电所内，电容器的容量只需按变、配电所总负荷选择。

(3) 低压接户线——1kV 以下（380V/220V）的配电线路，引至用户建筑物外墙第一支持物间的一段线路，称之为低压接户线。

(4) 套接线——自第一支持物沿建筑物敷设至另一建筑物的线路，称为套接线。

八、配电

(1) 三位一体——避雷器的接地引下线与电力变压器低压绕组中性点及电力变压器金属外壳，连接在一起共同接地，这种连接方式称为“三位一体”式接地方式（接地电阻不大于 4Ω ）。

(2) 五防柜：

① 防止带负荷拉合隔离开关；

② 防止误拉合断路器；

③ 防止带地线合闸送电；

④ 防止带电挂地线；

⑤ 防止误入带电间隔。

(3) 合环——两路或两路以上的电源同时给相同变压器供电称为合环。

(4) 并列——两台或两台以上的运行变压器接于公共母线上，供相同的负载叫并列。

(5) 合环七步令：

① 解除运行路继电保护；

② 解除备用路继电保护；

③ 合上备用路；

④ 查环流；

⑤ 拉开运行路；

⑥ 恢复原运行路继电保护；

⑦ 恢复备用路继电保护。

(6) 重合闸前加速——当线路发生故障时，线路保护无选择性的无时限的将开关断开，重合闸动作一次重合，若线路仍有故障，保护装置按选择性动作跳开开关，称为重合闸前加速。

(7) 重合闸后加速——当线路发生故障时，线路保护有选择性的将开关跳开切除故障，重合闸动作一次重合，若线路有故障，保护装置将不带时限跳开开关，称为重合闸后加速。

第二节 常用的定律定则及关系式

一、直流电路

(1) 导体电阻计算：对于均质导体在一定温度下，电阻大小与其长度成正比，与其横截面积成反比，并且与其材料有关。

关系式：
$$R=\rho\frac{L}{S}$$

式中 R ——导体电阻 (Ω)；

ρ ——导体电阻率 ($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$)；

L ——导体长度 (m)；

S ——导体截面积 (mm^2)。

例：某工厂有一条 1000m 长的动力线路，原使用的绝缘铝线为 50mm^2 ，因绝缘老化，计划换为铜线，要求导线电阻不应改变，试求铜线截面积。

解：由公式 $R=\rho L/S$ 可知： L 、 R 不变， ρ 、 S 改变， $\rho_{\text{铜}}=0.0175\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ ， $\rho_{\text{铝}}=0.0285\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$

则 因为 $R_{\text{铜}}=\rho_{\text{铜}}L_{\text{铜}}/S_{\text{铜}}$ ， $R_{\text{铝}}=\rho_{\text{铝}}L_{\text{铝}}/S_{\text{铝}}$

所以 $S_{\text{铜}}=\rho_{\text{铜}} \cdot S_{\text{铝}}/\rho_{\text{铝}}=0.0175 \times 50 \div 0.0285=30.7 (\text{mm}^2)$

根据国家线材规格标准，选 35mm^2 的绝缘铜线。

答：铜线截面积为 35mm^2 。

(2) 部分电路欧姆定律：在某一段电路中，一定温度下，当电阻不变时，流过该段电路的电流与这段电路两端的电压成正比。

关系式：
$$I=U/R$$

式中 I ——流过电路的电流 (A)；

U ——电阻两端的电压 (V)；

R ——电路中的电阻 (Ω)。

例：某一段直流电路，其电压为 6V，电阻为 10Ω 。求：该段电路中的电流。

解：由题意可知： $U=6\text{V}$ ， $R=10\Omega$ ，根据 $I=U/R$ ，所以 $I=6 \div 10=0.6 (\text{A})$

答：该段电路中的电流为 0.6A。

(3) 全电路欧姆定律：当温度不变时，一个含有电源的闭合电路中，回路中的电流与电源电动势成正比，与电路的电源内阻和外电阻之和成反比。

关系式：
$$I=\frac{E}{R+r_0}$$

式中 I ——为电路中的电流 (A)；

R ——为外电路电阻 (Ω)；

r_0 ——为电源的内阻 (Ω)；

E ——为电源电动势 (V)。

例：一蓄电池与一盏灯泡和开关用导线连接在一起，未合上开关时测得电源的电动势为 12V，当合上开关，电路工作时，测得电源两端电压 $U=11.5\text{V}$ ，电路中的电流 $I=0.5\text{A}$ 。求该电源内阻 r_0 。

解：由题意可知： $E=12\text{V}$ ， $U=11.5\text{V}$ ， $I=0.5\text{A}$

根据公式 $I = \frac{E}{R + r_0}$ 得 $r_0 = \frac{E - IR}{I}$

因 $IR=U$ ，得 $r_0 = \frac{E - U}{I}$

所以 $r_0 = \frac{12 - 11.5}{0.5} = 1 \text{ (}\Omega\text{)}$

答：该电源内阻为 1Ω 。

(4) 电阻串联：几个电阻首、末端依次相连，中间没有分支只有一支电流通路的连接方式称为电阻串联。

串联电阻的基本特征：

- ① 串联电路中的电流处处相等，即： $I=I_1=I_2=I_3=\cdots=I_n$ ；
- ② 串联电路两端的总电压等于各电阻上电压之和，即： $U=U_1+U_2+U_3+\cdots+U_n$ ；
- ③ 电阻串联后的总电阻（等效电阻）等于负载的电阻之和，即： $R=R_1+R_2+R_3+\cdots+R_n$ ；
- ④ 各电阻上电压分配与其电阻值成正比，即串联电路中，电阻大的分配电压高，电阻小的分配电压低；
- ⑤ 串联电路中某一电阻值与总电阻值之比称为分压比，又称为分压系数。

关系式： $U_1 = IR_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot U = K_1 U$ $U_2 = IR_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot U = K_2 U$

式中 K ——分压系数；

U_1 —— R_1 的电压降；

U_2 —— R_2 的电压降；

U ——总电压。

用途：

- a. 用于限流，以解决线路电流大于负载额定电流之间的矛盾；
- b. 用于分压，以解决电源电压高于负载额定电压之间的矛盾。

例 1（用于限流）：有 2 台直流电动机，电动机绕组的额定电流为 10A，电阻为 1Ω ，电源电压为 220V，因为工作需要，2 台电动机必须同时启动，启动电流应限制在额定电流 1.5 ~ 2.5 倍，因此加装电阻以限制启动电流，现有 5Ω 、 10Ω 两只电阻。试问用哪只电阻串联较为合适？

解：根据题意可知： $R_1=R_2=1\Omega$ ， $U=220\text{V}$ ， $I_{\text{额}}=10\text{A}$ ， $R_3=5\Omega$ ， $R_4=10\Omega$

R_1 、 R_2 等效电阻为 R ： $R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{1 \times 1}{1 + 1} = 0.5(\Omega)$