

电工实用技术丛书

怎样当好 变配电所值班工

操文才 应去非 编著



机械工业出版社
China Machine Press

电工实用技术丛书

怎样当好变配电所值班工

操文才 编著
应去非



机械工业出版社

本书根据 10kV 变、配电所运行的实际状况,有针对性地从事电工基础理论、高低压配电装置、继电保护以及变、配电的安全经济运行,作了全面、系统的阐述。

根据电气设备运行管理规程和电气设备安全操作规程的要求,对变、配电所的“标准化”管理的有关规定也作了必要的介绍。为了使用电管理工作更加规范化,本书还带有附录《供电营业规则》。

本书的内容具有通俗性和实用性,适用于普通电工,也可供电气技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

怎样当好变配电所值班工/操文才,应去非编著. —北京:机械工业出版社, 2002

(电工实用技术丛书)

ISBN 7-111-09739-4

I. 怎… II. ①操…②应… III. ①电力工程—基本知识②配电装置—基本知识 IV. TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 097325 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:边 萌 王春雨 版式设计:冉晓华

责任校对:刘志文 封面设计:姚 毅 责任印制:路 琳

中国建筑工业出版社密云印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2002 年 3 月第 1 版·第 1 次印刷

787mm×1092mm^{1/32}·17.375 印张·388 千字

0001—5000 册

定价:25.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
本社购书热线电话(010)68993821、68326677-2527

前 言

随着我国社会主义市场经济不断发展，近年来电力工业取得了史无前例的成就，供用电的尖锐矛盾得到很大的缓解。但对供用电的安全性、经济性就提出了一个更高的要求，如何提高变、配电所运行人员的素质就显得更为重要。为便于广大运行电工能够全面系统地学习到变配电方面的知识，特编写了本书。书中从电工基础理论，常用的高、低压电器，继电保护，经济及安全运行等方面都作了介绍，对于主要设备除阐述工作原理外，并列出了技术参数，还有典型故障紧急处理实例等内容，努力做到使本书更贴近实际生产。

当今技术日新月异，发展非常迅速，有许多新技术、新设备（如组合智能化电器、新型微机保护装置等）在变、配电所中已得到应用。因诸多原因未能编集到本书中，编者只能表示遗憾！

由于编者水平所限，书中不足之处在所难免，恳求广大读者提出宝贵意见。

编 者

目 录

前言

第一章 电工必备基础知识	1
第一节 直流电路	1
第二节 电磁与电磁感应	6
第三节 单相交流电路	10
第四节 三相交流电路	15
第二章 工厂变、配电所	18
第一节 电力系统的基本概念	18
一、发电厂	18
二、变电所	18
三、电力网	19
四、电力系统	19
第二节 工厂供电系统	20
第三节 工厂变、配电所的形式及其特点	24
第四节 工厂变、配电所的位置、布置与结构	26
一、变、配电所位置的选择	26
二、变、配电所的总体布置	27
三、变、配电所的结构	28
第三章 工厂变、配电所的电气设备	36
第一节 选择电气设备的一般原则	36
一、按正常工作条件选择额定电压和额定电流	36
二、按短路情况来校验电气设备的动稳定性和热稳定性	37
三、按三相短路容量校验开关电器的断流能力	38
四、电气设备形式的选择	39

第二节 高压断路器	40
一、高压断路器综述	40
二、少油断路器	45
三、真空断路器	59
四、六氟化硫断路器	67
第三节 高压隔离开关	76
一、概述	76
二、主要技术数据	77
三、结构	79
四、检查与调整	82
五、维护与检修	85
第四节 高压负荷开关	87
一、概述	87
二、主要技术参数	88
三、结构及工作原理	88
四、安装与调整	94
五、使用与维护	96
第五节 高压开关的操动机构	96
一、概述	96
二、CS2 型手力操动机构	97
三、CD10 型电磁操动机构	100
四、CT8 型弹簧操动机构	112
第六节 高压熔断器	125
一、概述	125
二、技术参数	127
三、结构及工作原理	128
四、检查与维护	134
第七节 避雷器	136
一、概述	136
二、阀型避雷器	136

三、金属氧化物避雷器	141
四、安装与维护	144
五、阀型避雷器发生爆炸接地故障的紧急处理举例	145
第八节 电压互感器	146
一、概述	146
二、技术特性与参数	148
三、结构	150
四、检查和巡视	155
五、电压互感器在运行中发生熔丝熔断故障的紧急处理 举例	157
第九节 电流互感器	157
一、概述	157
二、技术特性与参数	159
三、结构	167
四、检查和巡视	173
五、电流互感器在运行中出现异常声音的紧急处理举例	175
第十节 并联电容器	176
一、概述	176
二、技术参数	180
三、电容器组	187
四、电容器组操作时应注意事项	192
五、电容器组在运行中的检查内容	192
六、并联电容器发生外壳严重膨胀故障的紧急处理举例	193
第十一节 电力变压器	194
一、变压器的作用和基本工作原理	194
二、变压器的构造及各部件的作用	196
三、变压器的型号含义及主要技术性能	199
四、常用电力变压器的技术参数	202
五、变压器绕组的联结组别	202
六、变压器油	211

七、电力变压器的过负荷运行	213
八、运行中电力变压器的巡视检查	216
九、变压器运行中气体继电器动作后的紧急处理举例	217
第十二节 低压电器	218
一、概述	218
二、低压熔断器	220
三、刀开关	234
四、交流接触器	243
五、低压断路器	254
第四章 工厂变、配电所的主接线	271
第一节 主接线的基本概念	271
一、对主接线的基本要求	271
二、主接线中主要电器的作用	273
第二节 主接线的几种典型接线方式	276
一、单母线式接线	276
二、单母线加旁路母线	279
三、双母线接线	280
第三节 工厂变、配电所常用的主接线	282
一、总配电所的主接线	282
二、车间变电所的主接线	283
三、变电所主接线施工图的绘制	286
第五章 供电系统的继电保护及二次回路	290
第一节 继电保护的任务、作用及基本要求	290
一、继电保护的任务与作用	290
二、继电保护的基本要求	292
第二节 继电保护的基本原理与分类	295
一、继电保护的基本原理	295
二、继电器的分类及符号	297
第三节 供电线路的保护	301

一、过电流保护	301
二、电流速断保护	308
三、低压过电流保护	314
四、中性点不接地系统中的接地保护	315
第四节 电力电容器的保护	318
一、电容器故障形式及保护的原则	319
二、熔断器保护	319
三、电容器的电流保护	320
四、电容器组的横联差动保护	322
五、电容器组的过电压保护	324
第五节 电力变压器的保护	325
一、电力变压器故障的种类和相应的保护装置	325
二、变压器的气体保护	326
三、变压器的过电流保护	330
四、变压器的电流速断保护	331
五、变压器的差动保护	333
第六节 变、配电所的二次回路	336
一、二次回路的基本概念	336
二、二次回路图	337
第六章 变、配电所的操作电源及控制、信号回路	350
第一节 操作电源	350
一、蓄电池附硅整流装置	350
二、硅整流电容储能直流系统	359
三、复式整流直流电源	363
四、直流系统绝缘监察与电压监察装置	365
第二节 断路器的控制、信号回路	367
一、断路器的控制、信号回路的基本要求	367
二、灯光监视的断路器控制、信号回路接线	370
第三节 变电所的信号装置	376

一、位置信号	376
二、中央信号装置	381
第四节 变电所的交流操作	384
一、交流操作断路器的控制回路	384
二、交流操作的中央信号回路	386
三、交流操作的继电保护装置	388
第七章 变、配电所的经济运行	391
第一节 负荷的调整	391
一、负荷调整的意义	391
二、负荷曲线	392
三、调整负荷的方法与措施	394
第二节 电力变压器的经济运行	400
一、概述	400
二、电力变压器经济运行的实现方法	401
第三节 无功功率补偿	404
一、无功功率补偿的意义	404
二、功率因数的计算	407
三、提高功率因数的方法	407
第八章 变、配电所的运行管理	420
第一节 技术管理	420
一、技术管理内容	420
二、变、配电所应建立的技术管理资料	421
三、变、配电所应悬挂的图表	421
四、变、配电所应具备的提示图表	421
五、变、配电所应具备的 6 种制度	422
六、变、配电所应具备的 8 种记录簿	427
第二节 设备管理	429
一、用电设备的升级及升级标准分类	429
二、设备单元划分	430

三、设备评级标准	431
第三节 安全运行	441
一、安全运行的基本要求	441
二、保证安全的组织措施	442
三、保证安全的技术措施	450
四、电气安全用具	452
五、防雷保护	454
六、保护接地与保护接零	460
七、防止电气火灾事故	475
八、电气事故调查与处理	488
九、触电及急救	493
附录	499
附录 A 变、配电所应具备的 8 种记录簿表格	499
附录 B 变电设备评级汇总表	507
附录 C 倒闸操作票	508
附录 D 第一种工作票格式	509
附录 E 第二种工作票格式	510
附录 F 标示牌式样	511
附录 G 供电营业规则	512
参考文献	544

第一章 电工必备基础知识

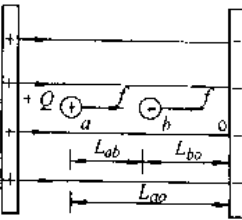
第一节 直流电路

直流电路的定义及计算见表 1-1。

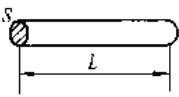
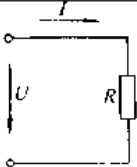
表 1-1 直流电路的定义及计算

名称	定 义	图 示	计算公式	计量单位	备 注
电 流	单位时间内通过导体横截面的电量称为电流	—	$I = \frac{Q}{t}$ I: 电 流 强 度 Q: 通过导体横截面的电量 t: 通过电荷量 Q 所需用的时间	I: A Q: C t: S	1kA = 10 ³ A 1mA = 10 ⁻³ A 1μA = 10 ⁻⁶ A
电 流 密 度	电 流 密 度 就 是 当 电 流 在 导 体 的 横 截 面 上 均 匀 分 布 时, 该 电 流 与 导 体 横 截 面 的 比 值	—	$J = \frac{I}{S}$ J: 电 流 密 度 I: 流 过 导 体 的 横 截 面 上 的 电 流 强 度 S: 导 体 的 横 截 面 积	J: A/mm ² I: A S: mm ²	

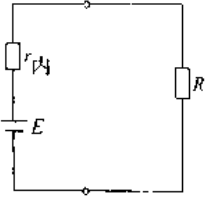
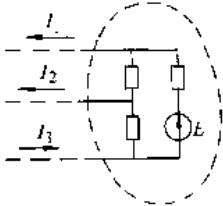
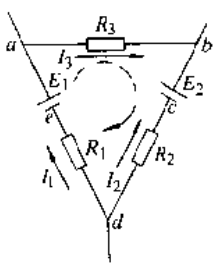
(续)

名称	定 义	图 示	计算公式	计 量 单 位	备 注
电位与电压	电场力把单位正电荷从电场中的某点移到参考点所做的功,称为该点的电位(电势)	 注:图中以“o”点为参考点	a 点电位: $\varphi_a = \frac{A_{ao}}{Q}$ b 点电位: $\varphi_b = \frac{A_{bo}}{Q}$ A_{ao}: 电场力 f 将 Q 从 a 点移到 o 点做的功 A_{bo}: 电场力 f 将 Q 从 b 点移到 o 点做的功 Q 点与 o 点之间电压: $U_{ao} = \varphi_a - \varphi_o$ φ_a: a 点的电位 φ_o: o 点的电位	φ: V U_{ao}: V	1kV = 10^3 V 1V = 10^3 mV 1mV = 10^3 μV
电源的电动势	在外力(电源力)作用下,单位正电荷从电源负极(b)经电源内部移到正极(a)所做的功,称为该电源的电动势	—	$E_{ba} = \frac{A_{ba}}{Q}$ E_{ba}: 电动势	E_{ba}: V	电动势和电压的单位都是伏特(V),但两者是有区别的。首先,电动势与电压具有不同的物理意义。电动势表示非电场力(外力)做功的本领,而电压则表示电场力做功的本领

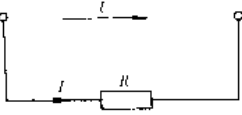
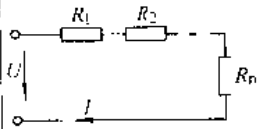
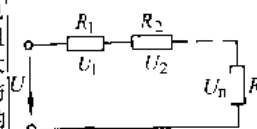
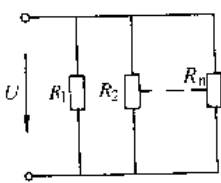
(续)

名称	定 义	图 示	计算公式	计量单位	备 注
电 阻	在电 场 的 作 用 下,电 流 在 导 体 中 流 动 时,所 受 到 的 阻 力,称 为 电 阻	—	$R = \frac{U}{I}$	Ω	$1\text{M}\Omega = 10^6\Omega$ $1\text{k}\Omega = 10^3\Omega$ $1\Omega = 10^3\text{m}\Omega$ $= 10^6\mu\Omega$
电 阻 率	表 示 长 1m,截 面 积 为 1mm^2 的 导 体 在 温 度 20°C 时 所 具 有 的 电 阻 值。它 是 表 征 物 体 导 电 性 能 的 物 理 量		$\rho = \frac{RS}{L}$	$\rho: \Omega \cdot \text{m}$ 其 中 $R: \Omega$ $S: \text{m}^2$ $L: \text{m}$	$\rho_{\text{Cu}} = 0.0175 \times 10^{-6} \Omega \cdot \text{m}$ $\rho_{\text{Al}} = 0.0283 \times 10^{-6} \Omega \cdot \text{m}$ $\rho_{\text{Fe}} = (0.09 \sim 0.15) \times 10^{-6} \Omega \cdot \text{m}$ $\rho_{\text{Ni}} = (0.13 \sim 0.25) \times 10^{-6} \Omega \cdot \text{m}$
电 阻 与 温 度 关 系	—	—	$R_t = R_{20} [1 + \alpha(t - 20)]$ R_t : 导 体 $t^\circ\text{C}$ 时 的 电 阻 R_{20} : 导 体 20°C 时 的 电 阻 α : 导 体 的 电 阻 温 度 系 数		$\alpha_{\text{Cu}} = 0.004^\circ\text{C}^{-1}$ $\alpha_{\text{Al}} = 0.004^\circ\text{C}^{-1}$ $\alpha_{\text{Fe}} = 0.006^\circ\text{C}^{-1}$ $\alpha_{\text{Ni}} = 0.006^\circ\text{C}^{-1}$
欧 姆 定 律	直 流 电 路 中,电 压 的 比 值,等 于 电 路 中 的 电 阻		$R = \frac{U}{I}$ $U = IR$ $I = \frac{U}{R}$	$R: \Omega$ $U: \text{V}$ $I: \text{A}$	—

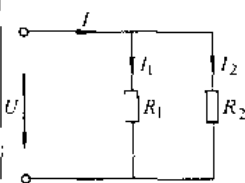
(续)

名称	定 义	图 示	计算公式	计量单位	备 注
全电路欧姆定律	含有电源的完整电路中的电流的大小与电源的电动势成正比,与电路中的总电阻成反比		$I = \frac{E}{R + r_{内}}$	$E: V$ $I: A$ R, Ω $r_{内}: \Omega$	—
基尔霍夫第一定律 (节点电流定律)	对于电路中的任一节点,在任一时刻,流入此节点的电流之和等于流出该节点的电流之和		$\sum I = 0$ $I_1 + I_2 - I_3 = 0$	—	—
基尔霍夫第二定律 (回路电压定律)	在电路的任何一个回路中,在任一时刻,沿闭合回路的各段电压降的代数和等于回路中电动势之和		$\sum U = \sum E$ $U_{ab} + U_{bc} + U_{cd} + U_{da} = 0$ $I_3 R + E_2 - I_2 R_2 + I_1 R_1 - E_1 = 0$	—	—
焦耳定律	电流通过导体要发热,发出的热量 Q 与电流 I 的二次方,导体电阻 R 和时间 t 成正比	—	$Q = I^2 R t$	$Q: J$ $I: A$ $R: \Omega$ $t: s$	—

(续)

名称	定 义	图 示	计算公式	计量单位	备注
电功与电功率	在一段时间内,电场力所做的功称为电功(电能),用 W 表示 单位时间内电场力所做的功叫电功率,用 P 表示		$W = IUt$ $I^2 R t$ $P = \frac{W}{t} = UI$ $\frac{U^2}{R} = I^2 R$	$W: J$ $I: A$ $R: \Omega$ $U: V$ $t: s$ $P: W$	$1kW$ $=$ $10^3 W$ $1kW$ $=$ $1.34 hp$ $1MW$ $=$ $10^3 kW$
电阻的串联及串联公式	在电路中,若下一个电阻元件依次相联,使电流只有一条通路,这种连接方式称为电阻串联。串联电路中,流过每个电阻的电流都相等,串联电路的总电阻等于各串联电阻之和		$R_{\Sigma} = R_1 + R_2 + \dots + R_n$	$R: \Omega$	—
串联电路的分压公式	串联电阻电路中,每个电阻上电压降的大小与该电阻与电路总电压的乘积成正比,与该电路的总电阻成反比		$U_i = \frac{R_i U}{R_1 + R_2 + \dots + R_n}$ U_i : 第 i 个电阻上的电压	$U: V$ $R: \Omega$	—
电阻的并联及并联公式	若干个电阻首端与首端,末端与末端分别相联,这种连接方式称为电阻并联。并联电阻两端都承受同一电压作用,并联电阻的总电阻的倒数等于各个分电阻的倒数之和		$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$	$R: \Omega$	—

(续)

名称	定 义	图 示	计算公式	计量单位	备注
两电阻并联时,流过各电阻的电流与另一电阻与总电流的乘积成正比,与两电阻之和成反比		$I_1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} I$ $I_2 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} I$ $R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$ $R: \text{并联电路的总电阻}$	$I: A$ $R_1: \Omega$ $R: \Omega$		

第二节 电磁与电磁感应

电磁的定义及计算见表 1-2。

表 1-2 电磁的定义及计算

名称	定 义	图 示	计算公式	计量单位	备 注
磁通	磁感应强度 (如果不是均匀磁场,则取平均值)与垂直于磁场方向的面积的乘积,称为通过该面积的磁通		$\Phi \approx BS$ $B = \frac{\Phi}{S}$ B : 磁感应强度 Φ : 磁通量	B : Wb/m^2 (T) Φ : Wb S : m^2	磁感应强度是表示磁场内某点的磁场强弱和方向的物理量。它是一个矢量,又称为磁通密度
磁场强度矢量	磁感应强度与磁导率的比,称为磁场强度矢量		$B = \mu H$ μ : 磁导率,表征物质导磁性能的物理量 H : 磁场强度	H : A/m B : Wb/m^2 μ : H/m	