



# 中低压配电 实用技术

隋振有 编著



机械工业出版社  
China Machine Press



# 中低压配电 实用技术

陈耀奇 编著

中国电力出版社

# 中低压配电实用技术

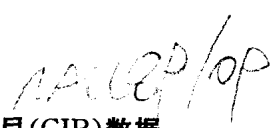
隋振有 编著



机械工业出版社

本书对中低压配电系统的设计、设备器材的选用、安装及运行管理做了全面系统的介绍。内容包括电力工程技术原则、中低压配电线路元件、10kV 配电设备、接地与无功补偿、低压配电电器、配电网自动化、电气测量与电气试验、线损、电力安全工作、供电企业现代化管理。

本书可供广大电力职工、工厂电工以及从事配电工作的工程技术人员使用,还可供电力专业院校师生对中低压配电的实习和毕业设计时参考。



### 图书在版编目(CIP)数据

中低压配电实用技术/隋振有编著. —北京:机械工业出版社,2000.12

ISBN 7-111-01997-0

I. 中… I. 隋… II. 低电压-配电装置-基本知识  
IV. TM642

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 66707 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:周娟 版式设计:张世琴 责任校对:张莉娟  
封面设计:李雨桥 责任印制:郭景龙

北京京丰印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2001 年 3 月第 1 版·第 2 次印刷

850mm×1168mm<sup>1/32</sup>·21.375 印张·572 千字

4 001—7 000 册

定价:38.00 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

我国电力事业经过 50 年的建设和发展,取得了辉煌的成就,50 年的历程谱写了一代人的努力、艰辛和成果。

为了下个世纪在经济上的可持续发展,满足经济增长和人民生活水平提高的需要,目前我国正在进行大规模的城乡电网的建设与改造,需要每一位电力职工、工厂电工再次付出心血和汗水,一个新型电网将布满大江南北、神州大地。

本书编者是电力系统一名工程技术人员,多年来从事电力系统基础技术工作,深知广大电力职工、工厂电工迫切希望有一套系统的配电技术资料,以便在电网的建设、改造及管理中的应用。此书便是为此而编写的。

本书的编写、出版得到了国家机械工业局领导的关怀和支持,得到北京的汪俊荣、黄荣华、刘相武、闫帮海、李月云等同志的大力帮助,得到北京供电系统对外窗口——永乐店电管站同志们的大力支持,在此表示诚挚的感谢。

在本书出版之际,编者向本书借鉴文献的编著者致以衷心的感谢。

由于编者水平有限,难免有误,望读者多加批评指正。

编 者

2000 年 3 月

# 目 录

## 前言

<b>第 1 章 电力工程技术原则</b> .....	1
1.1 电网结构优化 .....	1
1.1.1 供电半径的优化 .....	1
1.1.2 网络负荷的经济分配 .....	5
1.1.3 供电质量 .....	6
1.2 配电工程设计规则 .....	16
1.2.1 设计的技术规定 .....	16
1.2.2 设计的基础技术资料 .....	21
1.3 中低压电网设备安装规则 .....	23
1.3.1 正常工作条件 .....	23
1.3.2 安装要求 .....	24
1.3.3 电器设备安装的一般规定 .....	25
1.4 配电线路结构参数 .....	26
1.4.1 配电线路的档距 .....	26
1.4.2 配电线路导线的弛度 .....	28
1.5 中低压配电网的勘查设计 .....	33
1.5.1 城市配电网的勘查设计 .....	33
1.5.2 农村配电网的勘查和设计 .....	35
<b>第 2 章 中低压配电线路元件</b> .....	44
2.1 杆塔 .....	44
2.1.1 电杆 .....	44
2.1.2 铁塔 .....	45
2.2 导线 .....	45
2.2.1 裸导线 .....	45
2.2.2 电缆和电缆线路 .....	50

2.2.3	架空绝缘线路 .....	86
2.2.4	导线的选择 .....	101
2.3	金具 .....	110
2.3.1	金具型号中的字母、数字的涵义 .....	110
2.3.2	金具分类 .....	112
2.4	绝缘子 .....	131
2.5	线路三盘 .....	142
2.6	架空线路的安装 .....	143
2.6.1	器材检验 .....	143
2.6.2	线路元件组装 .....	145
<b>第3章</b>	<b>10kV 配电设备</b> .....	<b>162</b>
3.1	高压熔断器 .....	163
3.1.1	高压熔断器简介 .....	163
3.1.2	新型熔断件 .....	165
3.1.3	新型高压熔断器 .....	169
3.2	高压隔离开关 .....	170
3.2.1	高压隔离开关简介 .....	170
3.2.2	新型高压隔离开关 .....	172
3.3	高压负荷开关 .....	173
3.3.1	高压负荷开关简介 .....	173
3.3.2	新型高压隔离负荷开关 .....	174
3.4	高压断路器 .....	177
3.4.1	高压断路器简介 .....	177
3.4.2	几种高压断路器 .....	180
3.4.3	新型真空断路器 .....	184
3.5	避雷器 .....	185
3.5.1	避雷器的作用 .....	185
3.5.2	避雷器的种类及型号 .....	185
3.5.3	避雷器的技术参数 .....	186
3.6	配电变压器 .....	187
3.6.1	配电变压器的技术参数 .....	187
3.6.2	配电变压器容量的选择 .....	188

3.6.3	低耗变压器 .....	193
3.7	高压成套配电装置 .....	194
3.7.1	高压成套配电屏(柜) .....	194
3.7.2	新型成套组合电器 .....	197
3.8	高压成套配电装置的安装 .....	203
3.9	10kV 线路上电气设备的安装 .....	205
3.9.1	电杆上电气设备的安装 .....	205
3.9.2	跌落式熔断器的安装 .....	206
3.9.3	杆上断路器和负荷开关的安装 .....	206
3.9.4	杆上隔离开关的安装 .....	207
3.9.5	杆上避雷器的安装 .....	207
3.9.6	线路上配电自动化开关的安装 .....	207
3.10	配电线路及设备的运行、维护与检修 .....	207
3.10.1	配电线路及设备的运行、维护周期 .....	208
3.10.2	配电线路设备的倒闸操作 .....	210
3.10.3	高压开关设备的运行维护 .....	211
3.10.4	配电变压器的运行 .....	216
3.10.5	高压配电装置的检修 .....	217
<b>第4章</b>	<b>接地与无功补偿 .....</b>	<b>220</b>
4.1	接地 .....	220
4.1.1	接地的概念 .....	220
4.1.2	接地装置与接地电阻 .....	221
4.1.3	接地装置的技术要求 .....	225
4.2	接地装置的安全技术 .....	232
4.2.1	接地装置的接触电压和跨步电压 .....	232
4.2.2	配电系统接地的技术规定 .....	232
4.2.3	接地装置的热稳定校验 .....	236
4.3	低压系统接地 .....	238
4.3.1	低压系统接地型式 .....	238
4.3.2	接地安装及验收 .....	240
4.4	无功补偿 .....	240
4.4.1	无功补偿的意义和原则 .....	240



4.4.2	无功补偿的最优容量和最优分布 .....	244
4.5	无功补偿设备元件 .....	250
4.5.1	无功补偿装置的组合元件 .....	250
4.5.2	晶闸管 .....	254
4.5.3	控制器 .....	258
4.6	无功补偿设备的安装与运行 .....	263
4.6.1	无功补偿设备的安装 .....	263
4.6.2	控制设备原理接线图 .....	266
<b>第5章</b>	<b>低压配电电器 .....</b>	<b>267</b>
5.1	低压隔离器 .....	267
5.1.1	刀开关式隔离器 .....	267
5.1.2	刀开关、隔离器和隔离开关 .....	271
5.1.3	熔断器组合电器 .....	285
5.1.4	隔离器的选用与安装 .....	300
5.2	低压熔断器 .....	302
5.2.1	熔断器分类 .....	302
5.2.2	熔断器的特性和主要参数 .....	303
5.2.3	熔断器简介 .....	307
5.2.4	熔断器的选用 .....	318
5.2.5	熔断器的安装 .....	323
5.3	低压断路器 .....	323
5.3.1	概述 .....	323
5.3.2	断路器分类 .....	324
5.3.3	断路器的技术参数 .....	326
5.3.4	断路器的脱扣器 .....	329
5.4	低压断路器简介 .....	333
5.4.1	万能式断路器 .....	333
5.4.2	塑料外壳式断路器 .....	362
5.5	低压断路器的选用 .....	371
5.5.1	低压断路器的选用原则 .....	371
5.5.2	低压断路器的选用要点 .....	372
5.5.3	低压断路器对配电网保护功能的确定 .....	373

5.6	低压断路器的安装 .....	377
5.7	漏电保护器 .....	377
5.7.1	漏电保护器的工作原理 .....	377
5.7.2	漏电保护器的分类 .....	378
5.7.3	漏电保护器的技术参数 .....	378
5.7.4	漏电保护器的选用 .....	379
5.7.5	漏电保护方式 .....	379
5.7.6	漏电保护装置 .....	380
5.7.7	额定漏电动作电流 .....	381
5.7.8	漏电断路器分断时间 .....	382
5.7.9	漏电保护器安装前的测试 .....	383
5.7.10	漏电保护器的安装 .....	383
5.7.11	漏电保护器的正确接线 .....	384
5.7.12	漏电保护器安装后的检测 .....	385
5.8	低压成套配电装置 .....	386
5.9	低压电器的安装 .....	390
5.9.1	低压电器安装的要求 .....	390
5.9.2	端子排安装的要求 .....	391
5.9.3	二次回路及其连接件 .....	391
5.9.4	计量装置安装的要求 .....	392
5.10	低压配电装置的运行 .....	392
5.10.1	低压配电线路及设备的运行 .....	392
5.10.2	低压配电室的运行 .....	393
5.10.3	低压配电设备的检修 .....	394
<b>第6章</b>	<b>配电网自动化 .....</b>	<b>400</b>
6.1	配电网自动化装置 .....	400
6.1.1	自动重合器和自动分段器 .....	400
6.1.2	新型自动重合器、自动分段器、自动配电开关 .....	405
6.1.3	配电网自动化成套设备 .....	409
6.2	配电自动化基本原理 .....	412
6.2.1	配电自动化开关的工作原理及其相互间配合 .....	412
6.2.2	配电网自动化网络运行型式及其原理 .....	419

6.2.3	配电自动化开关的技术参数 .....	423
6.3	配电网自动化的设计及设备的选用 .....	424
6.3.1	配电网自动化的设计 .....	424
6.4	配电网管理自动化 .....	428
6.5	配电网自动化的通信线路 .....	432
6.6	配电网自动化设备的运行管理 .....	438
<b>第7章</b>	<b>电气测量与电气试验 .....</b>	<b>441</b>
7.1	电气测量知识 .....	441
7.1.1	基础知识 .....	441
7.1.2	电工测量仪器仪表准确度的规定 .....	442
7.1.3	电工仪表的分类 .....	444
7.1.4	电工仪表的选用 .....	445
7.2	电工仪表 .....	447
7.2.1	电工仪表功能简介 .....	447
7.2.2	几种常用的电工仪表 .....	449
7.2.3	常用电工仪表的安装 .....	454
7.3	常用携带式仪表 .....	455
7.4	电能表接线 .....	460
7.5	新型电能表简介 .....	462
7.6	电气试验 .....	466
7.7	10kV 以下电气设备的检查试验项目 .....	469
7.7.1	配电变压器试验项目 .....	469
7.7.2	有机物绝缘拉杆试验项目 .....	471
7.7.3	断路器试验项目 .....	471
7.7.4	隔离开关、负荷开关及高压熔断器的试验项目 .....	473
7.7.5	互感器试验项目 .....	473
7.7.6	套管试验项目 .....	474
7.7.7	悬式绝缘子和支柱绝缘子的试验项目 .....	475
7.7.8	电力电缆的试验项目 .....	476
7.7.9	电容器的试验项目 .....	478
7.7.10	绝缘油的试验项目 .....	478
7.7.11	避雷器的试验项目 .....	481

7.7.12	接地装置的试验项目 .....	482
7.7.13	二次回路的试验项目 .....	482
7.7.14	1kV 以下配电线路和装置试验项目 .....	483
7.7.15	1kV 以上架空电力线路的试验项目 .....	484
7.7.16	低压电器试验项目 .....	484
7.8	电气绝缘试验 .....	485
7.8.1	绝缘电阻与吸收比试验 .....	485
7.8.2	直流耐压与直流泄漏电流试验 .....	487
7.8.3	介质损耗与介质损耗角正切值的测定 .....	489
7.8.4	交流耐压试验 .....	493
7.9	几种常用的电气试验 .....	497
7.9.1	直流电阻试验 .....	497
7.9.2	接地电阻试验 .....	498
7.9.3	绝缘子试验 .....	500
<b>第 8 章</b>	<b>线损 .....</b>	<b>503</b>
8.1	线损基础知识 .....	503
8.2	理论线损计算 .....	509
8.3	低耗配电变压器及其有关的技术数据 .....	524
8.4	线损分析 .....	530
8.4.1	设计因素 .....	530
8.4.2	安装运行因素 .....	531
8.4.3	设备参数影响 .....	532
8.4.4	线损最小的条件及降损措施 .....	532
<b>第 9 章</b>	<b>电力安全工作 .....</b>	<b>534</b>
9.1	安全工作 .....	534
9.1.1	安全的管理组织 .....	534
9.1.2	以法管电,认真执行落实安全工作的 法制标准 .....	537
9.1.3	电力安全工作制度 .....	540
9.1.4	加强对《电力安全工作规程》的学习 .....	542
9.2	提高技术业务能力,确保电力安全生产 .....	547
9.3	触电急救 .....	555

9.4 加大安全用电宣传力度， 提高群众安全用电意识 .....	559
<b>第 10 章 供电企业现代化管理 .....</b>	<b>560</b>
10.1 供电企业现代化管理概论 .....	560
10.1.1 企业管理及其管理现代化 .....	560
10.1.2 我国企业管理的基本原则 .....	562
10.1.3 企业管理的作用、职能和属性 .....	562
10.1.4 供电企业的管理目标 .....	563
10.2 供电企业现代化管理方法简介 .....	564
10.3 供电所现代化管理的“三化” .....	569
10.4 供电所用电管理及其现代化 .....	574
10.4.1 供电所用电管理的基础工作 .....	574
10.4.2 供电所用电管理中的重点工作 .....	578
10.4.3 供电所用电管理现代化 .....	587
10.5 供电所生产管理及其现代化 .....	588
10.5.1 供电所生产管理 .....	588
10.5.2 供电所生产管理现代化 .....	594
<b>附录 .....</b>	<b>597</b>
附录 A 城市中低压配电网改造技术导则 .....	597
附录 B 架空配电线路及设备运行规程 .....	604
附录 C 电力电缆运行规程 .....	625
附录 D 配电系统自动化规划设计导则(试行) .....	649
<b>参考文献 .....</b>	<b>672</b>

# 第 1 章 电力工程技术原则

电能是一种特殊的商品,为了远距离输送,则需要提高电压,实施高压输电;为了分配、销售和使用,则需要降低电压,实施低电压配电、供电和用电。

发电—输电—配电构成了一个有机的不可分的网络,简称电网。电厂发出的电能经过升压向远方输送之后,从 110kV 开始,直至 10kV(含 6kV、3kV),通过枢纽变电所、区域变电所、地方变电所和企业的变配电所(站),把电能逐级降压,逐级分配,这一部分称为高压配电。而 0.4kV 以下网络则称为低压配电。

改革开放 20 年,我国的电力工业取得了可喜的成就,得到了迅猛发展。尤其,黄河小浪底、长江三峡、葛洲坝到上海 500kV 高压直流输电等电力工程,展示了我国电力工业的美好前景。高压、特高压输电线路纵横大江南北,10kV/0.4kV 配电网遍布广大城市和农村。到 1997 年底,广大农户通电率已达 95.89%。电能为我国经济的发展和人民群众生活的提高,起到了无可比拟的作用。

根据电网的发展、电力体制的改革和电力市场的需要,并根据外国的经验电力权威人士分析指出:将把 10kV(含 6kV、3kV)高压配电从高压配电网中划分出来,称为中压配电;中压配电的电压将提高到 20kV;在条件具备的前提下,实施高压直流输、配电。

## 1.1 电网结构优化

### 1.1.1 供电半径的优化

供电半径系指线路按某种规格架设,在所供负荷及电压等级下,保证电压降在某一限度内的合理输送距离。合理的供电半径不仅能提高电网的输送功率,而且还能降低线路损耗,保证供电质量。

### 1. 电压偏差计算

确定供电半径,首先应考虑线路允许的电压偏差(或称电压偏移),即最大负荷与最小负荷时,各点电压的变动范围称为电压偏差。电压偏差是由电压损耗造成的,根据国标 GB12325-90《电能质量供电电压允许偏差》中规定:

$$\text{电压偏差}(\%) = \frac{\text{实测电压} - \text{额定电压}}{\text{额定电压}} \times 100\%$$

在《电力供应与使用法规汇编》中“供电营业规则(中华人民共和国电力工业部令第8号)第54条中规定”在电力系统正常状况下,供电企业供给用户受电端的供电电压允许偏差为:

(1) 35kV及以上电压供电的,电压正、负偏差的绝对值不超过额定值的 $\pm 5\%$ 。

(2) 10kV及以下三相供电的,为额定值的 $\pm 7\%$ 。

(3) 220V单相供电的,为额定值的 $+5\%$ 、 $-10\%$ 。

在电力系统非正常状况下,用户受电端的电压最大允许偏差应不超过额定值的 $\pm 10\%$ 。

### 2. 供电半径计算

为了确保电压损耗,或者说电压偏差在允许值内,一是选用适合的导线截面积,二是确定合理的供电半径。当导线截面积确定后,按下述两个条件来确定某一电压等级下的供电半径。

(1) 用经济电流密度,计算极限供电半径

$$L_j = \frac{10U\Delta U\%}{\sqrt{3} J_j S \cos\varphi (r_0 + x_0 \tan\varphi)}$$

(2) 用导线发热条件计算极限供电半径

$$L_r = \frac{10U\Delta U\%}{\sqrt{3} I \cos\varphi (r_0 + x_0 \tan\varphi)}$$

式中  $L_j$ ——经济电流密度时的极限供电半径(km);

$L_r$ ——导线发热条件下的极限供电半径(km);

$J_j$ ——经济电流密度( $A_j/mm^2$ );

$I$ ——发热条件下的电流密度( $A/mm^2$ );

$r_0$ ——每千米导线电阻( $\Omega/\text{km}$ );

$x_0$ ——每千米导线电抗( $\Omega/\text{km}$ );

$U$ ——线路电压(kV);

$S$ ——导线截面积( $\text{mm}^2$ );

$\varphi$ ——功率因数角,以线路导线的电阻、电抗及阻抗值求之。

(3) 国电农[1999]191#关于印发《农村电网建设与改造技术》中第2章2.2农网线路供电半径一般应满足下列要求:400V线路不大于0.5km;10kV线路不大于15km;35kV线路不大于40km;110kV线路不大于150km。

(4) 按允许电压偏差来确定低压网络供电半径。在相同的供电半径的线路中,由于负荷分布情况不同,产生的电压偏差也不同。所以,只能按允许电压偏差来确定低压网络的供电半径。

1) 当负荷均匀分布,按允许电压偏差求低压网络供电半径。设总负荷 $P=\sigma L$ ,三相~380V允许电压偏差为 $\Delta U\%=7\%$ ,这其中包括线路三相负荷可能有20%的不平衡度会引起1.8%,电压偏差一般取2%。

$$\text{三相交流}\sim 380\text{V}\text{线路允许电压偏差 } \Delta U = \sqrt{3} \times \frac{1}{2} \frac{P}{\sqrt{3}U}$$

$$(\mathit{r}_0 \cos \varphi + \mathit{x}_0 \sin \varphi) = \frac{PL}{2000U} Z$$

$$\Delta U = 380\text{V} \times 7\% = 26.6\text{V}$$

$$\text{所以, } 26.6 = \frac{PLZ}{2000U} = \frac{L^2 \sigma Z}{2000U}$$

所以,电压为交流380V时,负荷均匀分布在不同规格导线上的供电半径

$$L = \frac{\sqrt{26.6 \times 2000 \times 380}}{\sigma Z} = \frac{4496}{\sqrt{\sigma Z}}$$

2) 当负荷集中在线路末端,按末端最大允许电压偏差,求供电半径



$$\Delta U = \sqrt{3} \frac{P}{\sqrt{3}U} LZ = \frac{P}{U} LZ$$

$$\Delta U = 380\text{V} \times 7\% = 26.6\text{V}$$

$$\text{所以, } 26.6 = \frac{P}{U} LZ$$

$$\text{所以, } L = \frac{26.6U}{PZ}$$

3) 电压为交流 380V 时, 负荷集中在线路末端, 不同规格导线的供电半径为

$$L = \frac{26.6 \times 380}{PZ} = \frac{10108}{PZ}$$

式中  $P$ ——线路总负荷(kW);

$\sigma$ ——负荷密度(W/m);

$L$ ——供电半径(m);

$Z$ ——线路阻抗( $\Omega$ );

$\varphi$ ——功率因数角, 以线路电阻、电抗、阻抗值求之。

常用钢芯铝绞线每千米的电阻、电抗和阻抗值见表 1-1。

表 1-1 常用钢芯铝绞线每千米的电阻、电抗、阻抗值

导线规格	LGJ-25	LGJ-35	LGJ-50	LGJ-70	LGJ-95	LGJ-120	LGJ-150
电阻 $r_0/(\Omega/\text{km})$	1.38	0.85	0.65	0.46	0.33	0.27	0.21
电抗 $x_0/(\Omega/\text{km})$	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
阻抗 $Z/(\Omega/\text{km})$	1.44	0.94	0.76	0.61	0.52	0.48	0.45
$\sqrt{Z}$	1.20	0.97	0.87	0.78	0.72	0.69	0.67

计算证明, 随着供电半径的增大, 线路电压偏差增大, 线路及供用电设备损耗增大, 这对实现经济运行十分不利。所以, 要将 10kV 线路伸入 0.4kV 系统的负荷中心, 且以放射形式配线, 尽量缩短 0.4kV 线路供电半径, 是降低电网损耗、提高电压质量的有