

配电实用技术

Pei Dian Shi Yong Ji Shu

狄富清 狄晓渊 编著



 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

配电实用技术

狄富清 狄晓渊 编著



机械工业出版社

本书是作者根据自己多年的配电技术工作经验编写而成的。本书共分为14章,内容包括配电常用电气计算、电气主接线、配电变压器、低压电器、高压电器、低压成套配电装置、高压成套配电装置、箱式变电站、母线设备、无功功率补偿装置、电力测量仪表与电能计量装置、微机保护装置、导线和电缆的选择与敷设、防雷与接地装置。本书详细介绍了10kV及以下配电系统短路电流的计算方法,配电变压器与高低压电气设备的选择及安装、运行维护、操作技能、故障检查及事故处理等配电实用技术。同时,书中还列举了大量的实用例题。

本书内容丰富、资料翔实、图文并茂、实用性强、技术先进。本书可供城乡10kV配电所电工阅读,也可作为职业技术学校、电工培训班的教材,同时对配电设计人员具有一定参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

配电实用技术/狄富清、狄晓渊编著. —北京:机械工业出版社, 2010.6

ISBN 978-7-111-31042-6

I. ①配… II. ①狄… ②狄… III. ①配电系统—技术
IV. ①TM72

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第115106号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:付承桂 责任编辑:蔡家伦

版式设计:霍永明 责任校对:张莉娟

封面设计:陈沛 责任印制:杨曦

北京京丰印刷厂印刷

2010年9月第1版·第1次印刷

184mm×260mm·24.75印张·2插页·612千字

0 001—3 000册

标准书号:ISBN 978-7-111-31042-6

定价:58.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010)68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010)88379649

读者服务部:(010)68993821

封面无防伪标均为盗版

前 言

随着国家经济的快速发展、城乡经济技术开发区的大量建设、人民生活水平的日益提高、城乡居民住宅小区建设规模的不断扩大，配套设施功能也更加齐全。为此，大量的10kV配电所安装了单台容量为2500kV·A及以下的配电变压器，以满足地方经济发展和人民日常生活用电的需要。

由于在知识经济的年代，配电设备不断更新，技术更加先进，配电运行管理技术已经发生了深刻变化。非晶合金节能型配电变压器、干式变压器、箱式变电站、真空断路器、六氟化硫断路器、智能化低压断路器、多功能电能表等已被广泛应用。配电设备已经应用了微机控制保护、监视测量等。为此，电工必须学会使用新设备，掌握新技术，不断提高对现场电气设备的运行维护管理水平，提高现场实际操作技能，提高对现场设备发生各种异常现象和事故处理的综合能力，特编写《配电实用技术》一书，供配电运行维护电工学习，同时对配电设计人员也有一定参考价值。

本书内容丰富、资料翔实、图文并茂、实用性强、技术先进。本书共分为14章，包括配电常用电气计算、电气主接线、配电变压器、低压电器、高压电器、低压成套配电装置、高压成套配电装置、箱式变电站、母线设备、无功功率补偿装置、电力测量仪表与电能计量装置、微机保护装置、导线和电缆的选择与敷设、防雷与接地装置。书中详细介绍了10kV及以下配电系统短路电流的计算方法，配电变压器与高低压电气设备的选择及安装、运行维护、操作技能、故障检查及事故处理等配电实用技术。同时，书中还列举了大量的实用例题。

本书在编写过程中，参考了江苏省电力公司编制的《江苏省35kV及以下客户端变电所典型设计图集》（下册）等相关书籍，专家白公、机械工业出版社牛新国主任、付承桂、蔡家伦及张娟编辑提出了许多宝贵的修改意见，同时得到江苏省溧阳市电力公司的领导及工程技术人员的大力支持，在此一并表示深深的谢意！

由于作者经验和理论水平有限，书中难免出现错误和不妥之处，敬请读者批评指正。

作 者

目 录

前言	
第一章 配电常用电气计算 1	
第一节 电路计算..... 1	
一、欧姆定律..... 1	
二、串联电路..... 1	
三、并联电路..... 2	
四、星形(Y)联结..... 2	
五、三角形(Δ)联结..... 2	
六、交流电路功率计算..... 3	
七、功率因数计算..... 3	
第二节 短路回路各元件阻抗的计算..... 4	
一、10kV系统电抗的计算..... 4	
二、配电变压器阻抗的计算..... 4	
三、导线、电缆阻抗的计算..... 7	
四、母线阻抗的计算..... 9	
五、断路器阻抗的计算..... 10	
第三节 10kV配电系统短路电流的计算..... 11	
一、基准值的计算..... 11	
二、标幺值的计算..... 11	
三、10kV配电系统电抗标幺值的计算..... 12	
四、配电变压器阻抗标幺值的计算..... 12	
五、电力线路阻抗标幺值的计算..... 12	
六、短路电流的计算..... 13	
第四节 低压短路电流的计算..... 14	
一、短路电流有效值的计算..... 14	
二、短路冲击电流的计算..... 14	
三、短路电流最大有效值的计算..... 15	
四、短路容量的计算..... 15	
第五节 短路电流的计算实例..... 15	
第六节 电气设备的校验..... 22	
一、短路动稳定校验..... 22	
二、短路热稳定校验..... 22	
三、短路容量校验..... 22	
第二章 电气主接线 23	
第一节 电气环网主接线..... 23	
一、概述..... 23	
二、电气主接线方式..... 23	
第二节 10kV电气主接线..... 25	
一、单电源单母线电气主接线..... 25	
二、双电源单母线不分段电气主接线..... 28	
三、双电源单母线分段电气主接线..... 28	
第三节 低压电气主接线..... 34	
一、某农村用电配电变压器低压电气主接线..... 34	
二、某机械厂配电所低压电气主接线..... 34	
三、某锻造厂配电所低压电气主接线..... 36	
第四节 配电所电气主接线..... 36	
一、某市汽车配件厂配电所电气主接线..... 36	
二、某市铸造厂配电所电气主接线..... 36	
三、某城镇居民区配电所电气主接线之一..... 36	
四、某城镇居民区配电所电气主接线之二..... 36	
第五节 所用配电变压器电气主接线..... 38	
一、一次电气主接线..... 38	
二、二次接线..... 38	
第三章 配电变压器 40	
第一节 配电变压器的计算..... 40	
一、农村综合用电配电变压器容量的计算..... 40	
二、工厂配电变压器容量的计算..... 41	
三、居民小区配电变压器容量的计算..... 43	
四、配电变压器电能损耗的计算..... 44	
五、配电变压器日负荷率的计算..... 45	
六、配电变压器过负荷的计算..... 45	
第二节 配电变压器型号的选择..... 45	
一、SBH11—M与SBH16—M型非晶合金配电变压器..... 45	
二、SCBH10型干式配电变压器..... 47	
三、D12系列单相配电变压器..... 49	
第三节 配电变压器的电气试验..... 49	

一、配电变压器的电气试验项目	49	六、配电变压器气体继电器报警原因	
二、配电变压器的常规电气试验方法	50	及处理	95
第四节 配电变压器的室内安装	52	七、配电变压器气体继电器动作原因	
一、配电变压器安装位置的选定	52	及处理	95
二、配电变压器室的最小尺寸	52	八、压力释放阀动作后的检查及处理	96
三、变压器室的高度与基础	54	九、冷却装置的故障处理	96
四、电气设备的平面布置	54	十、配电变压器跳闸后的检查及处理	97
五、配电变压器的安装尺寸及		十一、配电变压器的应急停运	97
设备材料	62	十二、配电变压器的着火处理	98
六、配电室电气进出线的安装工艺	72	十三、判断配电变压器故障的	
第五节 配电变压器杆塔式安装	77	试验项目	98
一、杆塔式安装的基本要求	77	第四章 低压电器	100
二、S11—100/10 型配电变压		第一节 常用的低压电器	100
器的安装	78	一、刀开关	100
三、S11—160/10 型配电变压		二、交流接触器	101
器的安装	79	三、低压断路器	103
四、S11—315/10 型配电变压		四、漏电保护器	107
器的安装	81	五、低压熔断器	107
五、架空绝缘导线配电变压器的安装	82	六、热继电器	109
六、单相配电变压器的安装	84	第二节 低压电器的选择	110
第六节 配电变压器台墩式安装	86	一、低压电器选择的一般原则	110
第七节 配电变压器落地式安装	88	二、低压断路器的选择	110
第八节 配电变压器并联运行	88	三、低压熔断器的选择	112
一、概述	88	第三节 低压电器的安装	113
二、并联运行的条件	88	一、刀开关的安装	113
三、并联运行前的试验	89	二、交流接触器的安装	113
四、并联运行负荷分担计算	89	三、低压断路器的安装	114
第九节 配电变压器的运行维护	90	四、熔断器的安装	121
一、新安装或大修后的配电变压器		五、漏电保护器的安装	121
投运前的检查验收	90	第四节 低压电器的运行维护	123
二、配电变压器的正常巡视检查	91	一、刀开关的运行维护	123
三、配电变压器的特殊巡视检查		二、交流接触器的运行维护	124
项目	91	三、低压断路器的运行维护	124
四、干式配电变压器的运行检查	92	四、熔断器的运行维护	131
第十节 配电变压器的故障处理	92	五、漏电保护器的运行维护	131
一、配电变压器出现强烈而不均匀的		六、热继电器的运行维护	131
噪声且振动很大时的处理	92	第五节 低压电器的常见故障及处理	132
二、配电变压器过热时的处理	92	一、刀开关的常见故障及处理	132
三、配电变压器油位异常的原因及		二、交流接触器的常见故障及处理	132
处理	93	三、低压断路器的常见故障及处理	134
四、配电变压器油温升高的检查及		四、熔断器的常见故障及处理	137
处理	94	五、热继电器的常见故障及处理	137
五、配电变压器过负荷处理	94	第六节 电路故障的检查方法	137

一、断线故障的检查	138	第一节 配电柜型号的选择	166
二、短路故障的检查	140	一、GGD 型固定式配电柜	166
三、接地故障的检查	141	二、MNS 型抽出式配电柜	167
第五章 高压电器	142	三、GC ^L / _K 型抽出式配电柜	167
第一节 高压断路器型号的选择	142	四、GCS 型低压抽出式配电柜	168
一、ZN28A—10 系列真空断路器	142	第二节 低压配电柜的安装	169
二、VS1—12 型真空断路器	142	一、安装尺寸	169
三、VD4 型真空断路器	146	二、安装前的准备工作	174
第二节 负荷开关	146	三、安装工艺要求	176
一、FN16—12 系列负荷开关	146	四、安装后的检查与验收	177
二、SF ₆ 型 SF ₆ 负荷开关	148	第三节 低压配电装置的运行维护	178
第三节 GN□—12F 型隔离开关	150	一、低压配电装置的送电及试运行	178
第四节 高压熔断器	151	二、低压配电装置运行的一般要求	179
一、高压熔断器的选择	151	三、低压配电装置的巡视检查	179
二、高压熔断器的运行维护	152	四、低压配电系统异常运行和故障缺陷的处理方法	180
三、高压熔断器的常见故障与检修	152	第四节 配电装置的运行操作	181
第五节 隔离开关的运行维护	152	一、倒闸操作的具体要求及操作票的内容与注意事项	181
一、隔离开关的操作	152	二、倒闸操作的步骤	183
二、隔离开关的巡视检查	153	三、停电工作票的内容及注意事项	183
三、隔离开关的常见故障及处理	153	第七章 高压成套配电装置	185
第六节 真空断路器的运行维护与检修	154	第一节 高压开关柜型号的选择	185
一、真空断路器的运行维护	154	一、XGN15—12 型开关柜	185
二、触头磨损的监测	154	二、Safe 系列开关柜	186
三、真空灭弧室的真空度的检查	155	三、KYN28—12 型开关柜	188
四、测量及调整真空断路器的行程及超行程	156	四、HXGN1—12Z 型环网柜	189
五、测量真空断路器的分、合闸速度	158	第二节 10kV 开关柜的安装	190
第七节 SF ₆ 断路器的运行及故障处理	159	一、室内、外配电装置的最小电气安全净距	190
一、SF ₆ 断路器运行中的检查和维护	159	二、10kV 开关柜的平面布置	190
二、SF ₆ 断路器的故障处理	159	三、10kV 开关柜的安装尺寸及设备材料	192
三、断路器自动分合闸故障的检查与处理	160	四、开关柜的安装基础	197
四、断路器拒绝分合闸故障的检查与处理	161	五、10kV 开关柜的安装注意事项	199
第八节 操动机构的运行维护与检修	162	六、验收试验项目	200
一、操动机构的检查	162	第三节 开关柜的运行操作	200
二、操动机构的维护	163	一、开关柜的操作原则	200
三、操动机构常见异常、故障的处理	163	二、开关柜的机械联锁操作	200
第九节 互感器的运行维护	164	三、开关柜的具体操作程序	201
一、电压互感器的运行维护	164	第四节 开关柜的运行维护	202
二、电流互感器的运行维护	164	一、开关柜投运前的检查	202
第六章 低压成套配电装置	166		

二、开关柜运行巡视项目	203	一、电容值计算	241
三、维护与检修	204	二、电容器额定电流计算	241
四、开关柜的常见故障及其排除方法	204	三、电容器额定容量计算	242
第八章 箱式变电站	206	四、按配电变压器的额定容量计算无功功率补偿容量	244
第一节 ZGSBH11 系列箱式变电站	206	五、按提高功率因数计算无功功率补偿容量	244
一、概述	206	六、按每千瓦有功负荷计算无功功率补偿容量	245
二、技术参数	206	七、补偿电容器台数计算	246
三、电气主接线	207	八、补偿后增加的有功功率计算	246
第二节 YB 型预装式变电站	208	九、电动机补偿容量的计算	247
一、概述	208	第二节 电容器安装	248
二、技术参数	208	一、电容器安装的基本要求	248
三、电气主接线	208	二、安装接线	249
第三节 箱式变电站的安装	209	第三节 电容器的运行维护	251
一、美式箱式变电站的安装	209	一、新装电容器组投入运行前的检查	251
二、ZGS 型组合箱式变电站的安装	212	二、电容器组的运行操作	252
三、ZGSBH11—BM 型组合箱式变电站的安装	213	三、电容器的巡视检查	252
第四节 箱式变电站的运行维护	215	四、电容量的故障处理	253
一、投运前的检查	215	第十一章 电力测量仪表与电能计量装置	255
二、投运操作步骤	216	第一节 电力测量仪表	255
三、箱式变电站的维护与检修	216	一、电力测量仪表的选择	255
第九章 母线装置	217	二、安装接线	255
第一节 母线的选择	217	第二节 电能计量装置的选择	257
一、母线材料的选择	217	一、电能表的选择	257
二、母线截面积的选择	217	二、电流互感器的选择	262
三、CPJ□系列母线槽	221	三、电压互感器的选择	263
第二节 矩形母线的安装	222	四、电能计量装置的配置	264
一、室内配电装置的安全净距	222	五、电力负荷管理终端	266
二、母线颜色及相序排列	223	第三节 电能计量装置的安装	267
三、母线的加工	224	一、电能计量与控制二次回路	267
四、矩形母线的安装	228	二、电能表的安装工艺	271
五、低压成套开关柜母线的安装	230	三、电流互感器的安装	276
六、母线槽的安装	233	四、电压互感器的安装	278
七、母线的验收和电气测试	238	五、FKWB82—C103 型电力负荷管理终端的安装	279
第三节 母线的运行维护	238	第四节 电能计量装置的接线检查	280
一、母线的正常运行	238	一、单相电能表的接线检查	280
二、母线的巡视检查	239	二、三相电能表的接线检查	281
三、母线的故障处理	239	三、电能计量装置的断线检查	282
四、母线的检修项目	240		
第十章 无功功率补偿装置	241		
第一节 无功功率补偿计算	241		

四、互感器极性接反检查	284	三、运行后的注意事项	337
五、电能表准确度的现场测试	287	四、运行维护的注意事项	337
第五节 电能计量装置的运行维护	287	第十三章 导线和电缆的选择	
一、电能表的电量抄录与使用	287	与敷设	338
二、电能表的常见故障与处理	292	第一节 导线和电缆的选择	338
三、电流互感器的运行维护	294	一、按发热条件选择导线和电缆	
四、电压互感器的运行维护	294	的截面积	338
五、电能电费的计算	296	二、按经济电流密度选择导线的	
六、追补电能的计算	299	截面积	339
第十二章 微机保护装置	301	三、按允许电压损失选择导线和电缆	
第一节 微机保护在配电网中的应用	301	的截面积	340
一、微机保护监控装置的优点	301	四、按机械强度选择导线的最小	
二、微机保护监控系统的原理	301	允许截面积	343
三、微机监控系统的功能	301	五、电缆额定电压的选择	344
四、利用微处理器改进配电所的		第二节 架空绝缘电缆	344
测量和信号系统	304	一、概述	344
第二节 微机保护装置的配置	305	二、使用特性	344
一、配电变压器的保护	305	三、电缆型号规格	345
二、10kV 配电线路的保护	307	四、技术参数	345
三、微机保护监控装置的配置及		第三节 交联聚乙烯绝缘电缆	348
布置方式	308	一、概述	348
四、DMR201P/301P 型微机保护		二、电缆的型号及使用范围	348
装置	308	三、技术参数	349
五、SNP—2316 型配电变压器		第四节 电缆的敷设	354
微机保护装置	314	一、电缆的敷设方式	354
第三节 二次回路的安装接线	325	二、电缆敷设的一般要求	354
一、安装接线的基本要求	325	三、电缆沟的施工	356
二、屏背面的展开图	326	四、塑料电缆中间接头的制作	357
三、二次设备在安装接线图上的		五、热缩型电缆中间接头的制作	359
表示方法	326	六、热缩型电缆终端头的制作	359
四、安装接线图中的标号	327	七、冷缩型交联电缆头的制作	360
五、接线端子	327	第五节 电缆的运行维护与试验	364
六、“相对编号法”在安装接线图		一、电缆的运行	364
上的应用	330	二、电缆的维护	364
第四节 二次回路的故障处理	332	三、电缆的故障处理	364
一、二次设备的常见故障	332	四、电缆试验	365
二、二次回路的一般故障处理	332	第十四章 防雷与接地装置	367
三、二次回路查找故障的一般步骤	333	第一节 防雷装置	367
四、二次交流电压回路断线	333	一、防直击雷装置	367
五、直流系统接地处理	334	二、防感应雷装置	369
第五节 微机保护的运行维护	336	第二节 接地装置	370
一、投运前的注意事项	336	一、接地种类	370
二、装置操作	336		

二、接地电阻·····	371	第三节 防雷、接地装置的运行维护·····	382
三、接地体和保护接地线·····	372	一、防雷装置的运行维护·····	382
四、接地电阻的计算·····	373	二、接地装置的安全要求·····	382
五、接地装置的安装·····	374	三、接地装置的运行维护·····	384
六、土壤电阻率的测量·····	376	参考文献 ·····	385
七、测定接地电阻值·····	377		

第一章 配电常用电气计算

第一节 电路计算

一、欧姆定律

在恒定电流的电路中，用欧姆定律表示电流、电压、电阻三者的关系，电路中的电流与电压成正比，与电阻成反比。在图 1-1 中所示的电流、电压、电阻之间关系可用式 (1-1) 表示。

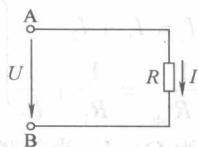


图 1-1 欧姆定律

$$\left. \begin{aligned} I &= \frac{U}{R} \\ U &= IR \\ R &= \frac{U}{I} \end{aligned} \right\} \quad (1-1)$$

式中， I 为电流，单位为 A； U 为电压，单位为 V； R 为电阻，单位为 Ω 。

二、串联电路

电阻串联电路如图 1-2 所示。串联电路中电压、电流、电阻之间关系见式 (1-2)。

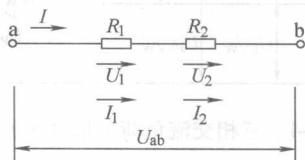


图 1-2 串联电路

$$\left. \begin{aligned} U_1 &= I_1 R_1 \\ U_2 &= I_2 R_2 \\ U_{ab} &= U_1 + U_2 \\ I &= I_1 = I_2 \\ R_{ab} &= R_1 + R_2 \end{aligned} \right\} \quad (1-2)$$

式中， R_1 、 R_2 为电阻，单位为 Ω ； R_{ab} 为串联电路的总电阻，单位为 Ω ； I_1 、 I_2 为通过电阻 R_1 、 R_2 的电流，单位为 A； I 为通过串联电路的电流，单位为 A； U_1 、 U_2 为电阻 R_1 、 R_2 上的电压，单位为 V； U_{ab} 为串联电路电源总电压，单位为 V。

三、并联电路

电阻并联电路如图 1-3 所示。并联电路中，电压、电流、电阻之间关系见式 (1-3)。

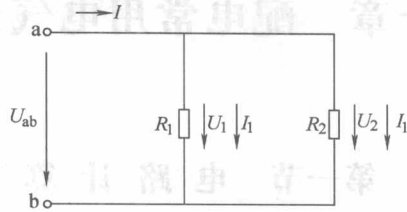


图 1-3 并联电路

$$\left. \begin{aligned} U_1 &= I_1 R_1 \\ U_2 &= I_2 R_2 \\ U_{ab} &= U_1 = U_2 \\ I &= I_1 + I_2 \\ \frac{1}{R_{ab}} &= \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \end{aligned} \right\} \quad (1-3)$$

式中， R_{ab} 为并联电路的总电阻，单位为 Ω ； U_{ab} 为并联电路电源总电压，单位为 V。

其余符号含义同式 (1-2)。

四、星形 (Y) 联结

三相交流负荷星形 (Y) 联结，如图 1-4 所示。

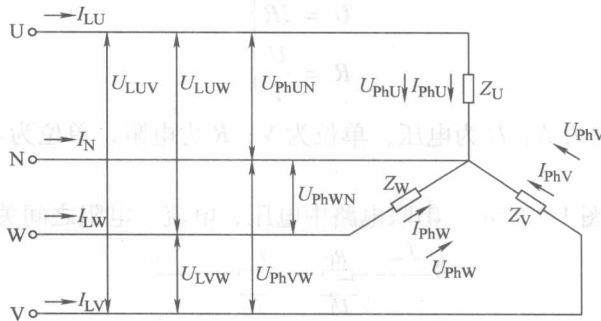


图 1-4 三相交流负荷星形 (Y) 联结

三相交流负荷星形 (Y) 联结时，线电压、相电压、线电流、相电流之间关系如式 (1-4)。

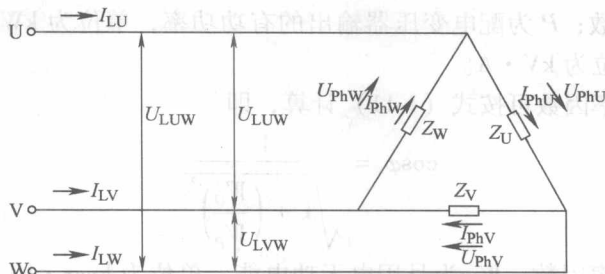
$$\left. \begin{aligned} U_L &= \sqrt{3} U_{Ph} \\ I_L &= I_{Ph} \end{aligned} \right\} \quad (1-4)$$

式中， U_L 、 U_{Ph} 为线电压和相电压，单位为 kV； I_L 、 I_{Ph} 为线电流和相电流，单位为 A。

五、三角形 (Δ) 联结

三相交流负荷三角形 (Δ) 联结，如图 1-5 所示。

三相交流负荷三角形 (Δ) 联结时，线电压、相电压、线电流、相电流之间关系如式 (1-5)。

图 1-5 三相交流负荷三角形 (Δ) 联结

$$\left. \begin{aligned} U_L &= U_{Ph} \\ I_L &= \sqrt{3}I_{Ph} \end{aligned} \right\} \quad (1-5)$$

符号含义同式 (1-4)。

六、交流电路功率计算

1. 单相交流电路功率计算

单相交流用电负荷功率可按式 (1-6) 计算, 即

$$P_{Ph} = U_{Ph} I_{Ph} \cos\varphi \quad (1-6)$$

式中, P_{Ph} 为单相交流用电负荷功率, 单位为 kW; U_{Ph} 为单相交流用电电源电压, 单位为 kV; I_{Ph} 为单相交流用电负荷电流, 单位为 A; $\cos\varphi$ 为功率因数。

2. 三相交流电路功率计算

三相交流电路用电负荷功率可按式 (1-7) 计算, 即

$$\left. \begin{aligned} P_L &= 3U_{Ph} I_{Ph} \cos\varphi \\ P_L &= \sqrt{3}U_L I_L \cos\varphi \end{aligned} \right\} \quad (1-7)$$

式中, P_L 为三相交流用电负荷功率, 单位为 kW; $\cos\varphi$ 为功率因数。

其余符号含义同式 (1-4)。

3. 电动机额定功率计算

电动机的额定功率可按式 (1-8) 计算, 即

$$P_N = \sqrt{3}U_N I_N \cos\varphi \quad (1-8)$$

式中, P_N 为电动机的额定功率, 单位为 kW; U_N 为电动机的额定电压, 单位为 kV; I_N 为电动机的额定电流, 单位为 A; $\cos\varphi$ 为电动机的功率因数。

4. 配电变压器额定容量计算

配电变压器的额定容量可按式 (1-9) 计算, 即

$$\left. \begin{aligned} S_N &= \sqrt{3}U_{N1} I_{N1} \\ S_N &= \sqrt{3}U_{N2} I_{N2} \end{aligned} \right\} \quad (1-9)$$

式中, S_N 为配电变压器额定容量, 单位为 kV·A; U_{N1} 、 U_{N2} 为配电变压器高压侧、低压侧的额定电压, 单位为 kV; I_{N1} 、 I_{N2} 为配电变压器高压侧, 低压侧的额定电流, 单位为 A。

七、功率因数计算

配电变压器的用电负荷功率因数可按式 (1-10) 计算, 即

$$\cos\varphi = \frac{P}{S} \quad (1-10)$$

式中, $\cos\varphi$ 为功率因数; P 为配电变压器输出的有功功率, 单位为 kW; S 为配电变压器用电负荷视在功率, 单位为 $\text{kV} \cdot \text{A}$ 。

用电负荷平均功率因数可按式 (1-11) 计算, 即

$$\cos\varphi = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{W_Q}{W_P}\right)^2}} \quad (1-11)$$

式中, $\cos\varphi$ 为平均功率因数; W_Q 为月用电无功电能, 单位为 $\text{kvar} \cdot \text{h}$; W_P 为月用电有功电能, 单位为 $\text{kW} \cdot \text{h}$ 。

【例 1-1】 某农村单相照明线路, 电源电压为 220V, 村民有 20 户, 每户平均用电负荷为 4kW, 功率因数 $\cos\varphi = 1$, 试计算单相照明负荷电流。

解: 该线路单相照明负荷电流按式 (1-6) 计算, 得

$$I_{\text{Ph}} = \frac{P_{\text{Ph}}}{U_{\text{Ph}} \cos\varphi} = \frac{4 \times 20}{0.22 \times 1} \text{A} = 363 \text{A}$$

【例 1-2】 某用户三相电源电压为 0.4kV, 用电负荷为 150kW, 平均功率因数 $\cos\varphi = 0.85$, 试计算三相用电负荷电流。

解: 三相用电负荷电流按式 (1-7) 计算, 得

$$I_L = \frac{P_N}{\sqrt{3} U_N \cos\varphi} = \frac{150}{\sqrt{3} \times 0.4 \times 0.85} \text{A} = 255 \text{A}$$

【例 1-3】 某用户配电变压器的额定电压为 10/0.4kV, 额定容量为 1000 $\text{kV} \cdot \text{A}$, 试计算该配电变压器高、低压侧的额定电流。

解: 配电变压器高、低压侧的额定电流按式 (1-9) 计算, 得

$$\text{高压侧额定电流 } I_{N1} = \frac{S_N}{\sqrt{3} U_{N1}} = \frac{1000}{\sqrt{3} \times 10} \text{A} = 57.8 \text{A}$$

$$\text{低压侧额定电流 } I_{N2} = \frac{S_N}{\sqrt{3} U_{N2}} = \frac{1000}{\sqrt{3} \times 0.4} \text{A} = 1445 \text{A}$$

第二节 短路回路各元件阻抗的计算

一、10kV 系统电抗的计算

10kV 电力系统电抗可按式 (1-12) 计算, 即

$$X_S = \frac{U_N^2}{S_K} \times 10^3 \quad (1-12)$$

式中, X_S 为系统电抗, 单位为 $\text{m}\Omega$; U_N 为额定电压, 单位为 kV, 10kV 时取 $U_N = U_{\text{av}} = 10.5 \text{kV}$, 0.38kV 时取 $U_N = U_{\text{av}} = 0.4 \text{kV}$; S_K 为短路容量, 单位为 $\text{MV} \cdot \text{A}$ 。

电源变电所 10kV 母线侧短路电流一般都控制在 16 ~ 20kA 之间, 则短路容量为 277 ~ 346 $\text{MV} \cdot \text{A}$ 之间, 或根据各地电网的实际状况, 到有关供电单位查取。

二、配电变压器阻抗的计算

配电变压器的阻抗可按式 (1-13) 计算, 即

$$Z_T = \frac{u_k \% U_N^2}{100S_N} \times 10^6 \quad (1-13)$$

式中, Z_T 为配电变压器的阻抗, 单位为 $m\Omega$; $u_k\%$ 为配电变压器的阻抗电压百分比, 取 u_k 值; U_N 为配电变压器的额定电压, 单位为 kV ; S_N 为配电变压器的额定容量, 单位为 $kV \cdot A$ 。

配电变压器的电阻可按式 (1-14) 计算, 即

$$R_T = \frac{\Delta P_K U_N^2}{S_N^2} \times 10^6 \quad (1-14)$$

式中, R_T 为配电变压器的电阻, 单位为 $m\Omega$; ΔP_K 为配电变压器的负荷损耗, 单位为 kW 。

配电变压器的电抗 ($m\Omega$) 可按式 (1-15) 计算, 即

$$X_T = \sqrt{Z_T^2 - R_T^2} \quad (1-15)$$

【例 1-4】一台 S11—2500/10 型配电变压器, 额定电压 $U_{N1} = 10kV$, $U_{N2} = 0.4kV$, 额定容量 $S_N = 2500kV \cdot A$, 阻抗电压 $u_k\% = 5.0\%$, 负荷损耗 $\Delta P_K = 19.70kW$, 试计算该配电变压器的阻抗、电阻、电抗。

解: 配电变压器的阻抗按式 (1-13) 计算, 得

$$Z_T = \frac{u_k \% U_{N2}^2}{100S_N} \times 10^6 = \frac{5.0 \times 0.4^2}{100 \times 2500} \times 10^6 m\Omega = 3.20m\Omega$$

配电变压器的电阻按式 (1-14) 计算, 得

$$R_T = \frac{\Delta P_K U_{N2}^2}{S_N^2} \times 10^6 = \frac{19.70 \times 0.4^2}{2500^2} \times 10^6 m\Omega = 0.50m\Omega$$

配电变压器的电抗按式 (1-15) 计算, 得

$$X_T = \sqrt{Z_T^2 - R_T^2} = \sqrt{3.20^2 - 0.50^2} m\Omega = 3.16m\Omega$$

按照上述 [例 1-4] 的计算方法, 将常用型号的配电变压器的电阻、电抗、阻抗经计算后, 其值见表 1-1 ~ 表 1-5, 供读者选用时参考。

表 1-1 10/0.4kV 级 S11 系列配电变压器的电阻、电抗、阻抗

额定容量 $S_N/kV \cdot A$	阻抗电压 $u_k(\%)$	负荷损耗 $\Delta P_K/kW$	电阻 $R_T/m\Omega$	电抗 $X_T/m\Omega$	阻抗 $Z_T/m\Omega$
30	4	0.57	101.33	187.73	213.33
50	4	0.83	53.12	116.46	128.00
63	4	0.99	39.91	93.42	101.59
80	4	1.19	29.75	74.26	80.00
100	4	1.42	22.72	59.83	64.00
125	4	1.71	17.51	48.11	51.20
160	4	2.09	13.06	37.81	40.00
200	4	2.47	9.88	30.44	32.00
250	4	2.90	7.42	24.50	25.60
315	4	3.47	5.60	19.53	20.32
400	4	4.09	4.09	15.47	16.00
500	4	4.90	3.14	12.41	12.80
630	4.5	5.89	2.37	11.18	11.43
800	4.5	7.10	1.78	8.82	9.00
1000	4.5	9.78	1.56	7.03	7.20

(续)

额定容量 $S_N/kV \cdot A$	阻抗电压 $u_K(\%)$	负荷损耗 $\Delta P_K/kW$	电阻 $R_T/m\Omega$	电抗 $X_T/m\Omega$	阻抗 $Z_T/m\Omega$
1250	4.5	11.40	1.17	5.64	5.76
1600	4.5	13.70	0.86	4.42	4.50
2000	5	16.80	0.67	3.94	4.00
2500	5	19.70	0.50	3.16	3.20

表 1-2 10/0.4kV 级 S11—MR 系列卷铁心配电变压器的电阻、电抗、阻抗

额定容量 $S_N/kV \cdot A$	短路阻抗电压 $u_K(\%)$	负荷损耗 $\Delta P_K/kW$	电阻 $R_T/m\Omega$	电抗 $X_T/m\Omega$	阻抗 $Z_T/m\Omega$
30	4	0.60	106.67	184.75	213.33
50	4	0.87	55.68	115.26	128.00
63	4	1.04	41.92	92.53	101.59
80	4	1.25	31.25	73.64	80.00
100	4	1.50	24.00	59.33	64.00
125	4	1.80	18.43	47.77	51.20
160	4	2.20	13.75	37.56	40.00
200	4	2.60	10.40	30.26	32.00
250	4	3.05	7.81	24.38	25.60
315	4	3.65	5.89	19.45	20.32
400	4	4.30	4.30	15.41	16.00
500	4	5.10	3.26	12.38	12.80

表 1-3 10kV 级 SBH11—M 系列配电变压器的电阻、电抗、阻抗

额定容量 $S_N/kV \cdot A$	阻抗电压 $u_K(\%)$	负荷损耗 $\Delta P_K/kW$	电阻 $R_T/m\Omega$	电抗 $X_T/m\Omega$	阻抗 $Z_T/m\Omega$
30	4	0.60	106.67	184.75	213.33
50	4	0.87	55.68	115.26	128.00
63	4	1.04	41.92	92.54	101.59
80	4	1.25	31.25	73.64	80.00
100	4	1.50	24.00	59.33	64.00
125	4	1.80	18.43	47.77	51.20
160	4	2.20	13.75	37.56	40.00
200	4	2.60	10.40	30.26	32.00
250	4	3.05	7.81	24.40	25.60
315	4	3.65	5.89	19.45	20.32
400	4	4.30	4.30	15.41	16.00
500	4	3.15	3.30	12.37	12.80
630	4.5	6.20	2.50	11.15	11.43
800	4.5	7.50	1.88	8.80	9.00
1000	4.5	10.30	1.47	7.05	7.20
1250	4.5	12.00	1.23	5.63	5.76
1600	4.5	14.50	0.91	4.41	4.50
2000	5	17.40	0.70	3.94	4.00
2500	5	20.20	0.52	3.16	3.20

表 1-4 10/0.4kV 级 SC10 系列干式配电变压器的电阻、电抗、阻抗

额定容量 $S_N/kV \cdot A$	阻抗电压 $u_k(\%)$	负荷损耗 $\Delta P_k/kW$	电阻 $R_T/m\Omega$	电抗 $X_T/m\Omega$	阻抗 $Z_T/m\Omega$
30	4	0.61	108.44	183.72	213.33
50	4	0.85	54.40	115.86	128.00
80	4	1.20	30.00	74.16	80.00
100	4	1.37	21.92	60.13	64.00
125	4	1.60	16.38	48.51	51.20
160	4	1.85	11.56	38.30	40.00
200	4	2.20	8.80	30.77	32.00
250	4	2.40	6.14	24.85	25.60
315	4	3.02	4.87	19.73	20.32
400	4	3.48	3.48	15.62	16.00
500	4	4.26	2.73	12.51	12.80
630	4	5.12	2.06	9.95	10.16
630	6	5.19	2.09	15.10	15.24
800	6	6.07	1.52	11.90	12.00
1000	6	7.09	1.13	9.53	9.60
1250	6	8.46	0.87	7.63	7.68

表 1-5 10/0.4kV 级 SCB10 系列干式配电变压器的电阻、电抗、阻抗

额定容量 $S_N/kV \cdot A$	阻抗电压 $u_k(\%)$	负荷损耗 $\Delta P_k/kW$	电阻 $R_T/m\Omega$	电抗 $X_T/m\Omega$	阻抗 $Z_T/m\Omega$
630	4	5.12	2.06	9.95	10.16
630	6	5.19	2.09	15.09	15.24
800	6	6.07	1.52	11.90	12.00
1000	6	7.09	1.13	9.53	9.60
1250	6	8.46	0.87	7.63	7.68
1600	6	10.20	0.64	5.97	6.00
2000	6	12.60	0.50	4.77	4.80
2500	6	15.00	0.38	3.82	3.84
1600	8	11.00	0.69	7.97	8.00
2000	8	13.00	0.52	6.38	6.40
2500	8	16.80	0.43	5.10	5.12

三、导线、电缆阻抗的计算

1. 电阻计算

导线、电缆的电阻按式 (1-16) 计算, 即

$$R_L = R_{0L}L \quad (1-16)$$

式中, R_L 为导线、电缆的电阻, 单位为 $m\Omega$; R_{0L} 为导线、电缆单位长度电阻, 单位为